ISSN 2658-5243

ПОЛИТЕХ
Институт компьютерных наук и технологий

ПОЛИТЕХ
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПОЛИТЕХ-ПРЕСС

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И УПРАВЛЕНИИ

Сборник научных трудов
XXIV Международной научной
и учебно-практической конференции

13–14 октября 2020 года

Часть 3



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Международная академия наук высшей школы
Санкт-Петербургское отделение
Центральный экономико-математический институт РАН
Центр по изучению проблем информатики
Института научной информации по общественным наукам РАН
Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН
Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова-Ленина
Санкт-Петербургский государственный экономический университет

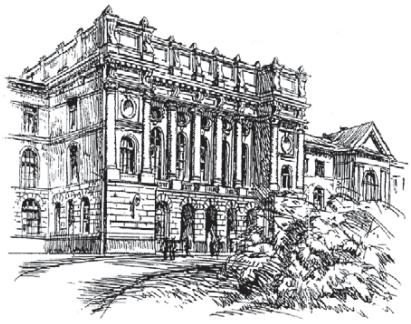
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО
ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И УПРАВЛЕНИИ

Часть 3

Сборник научных трудов
XXIV Международной научной
и учебно-практической конференции

13–14 октября 2020 года



ПОЛИТЕХ-ПРЕСС
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Санкт-Петербург
2020

УДК 303.732
ББК 32.965

Системный анализ в проектировании и управлении. В 3 ч. Ч. 3 : сборник научных трудов XXIV Международной научной и учебно-практической конференции, 13–14 октября 2020 г. / Под общ. ред. Г. В. Гореловой, А. В. Логиновой. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. – 560 с.

В сборник научных трудов XXIV Международной научной и учебно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении», проводимой Санкт-Петербургским политехническим университетом Петра Великого совместно с Южным федеральным университетом, Санкт-Петербургским отделением Международной академии наук высшей школы, Центральным экономико-математическим институтом РАН, Центром по изучению проблем информатики Института научной информации по общественным наукам РАН, Санкт-Петербургским институтом информатики и автоматизации РАН, Санкт-Петербургским государственным электротехническим университетом «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова-Ленина, Санкт-Петербургским государственным экономическим университетом, включены работы ученых, аспирантов и студентов, работающих в области теории систем и системного анализа, из ряда городов России, Украины, Великобритании, Германии, США, Финляндии, Эстонии, Конго.

Статьи публикуются в авторской редакции.

Корректор *А. В. Логинова*

ISSN 2658-5243

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2020

Программный комитет

Председатель Программного комитета конференции – научный руководитель СПбПУ, академик РАН, д-р техн. наук, профессор ***Ю.С. Васильев***.

Сопредседатели Программного комитета конференции:

Козлов В.Н. – заместитель председателя СПб отделения МАН ВШ, д-р техн. наук, проф., заслуженный работник высшей школы РФ (Санкт-Петербург, Россия);

Волкова В.Н. – член МАН ВШ, д-р экон. наук, проф., заслуженный работник высшей школы РФ (Санкт-Петербург, Россия);

Панкратова Н.Д. – чл.-корр. НАНУ, член МАН ВШ, д-р техн. наук, проф., заместитель директора Института прикладного системного анализа Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского» (Киев, Украина)

Члены программного комитета:

Клейнер Г.Б. – чл.-корр. РАН, д-р экон. наук, проф. (ЦЭМИ РАН, Москва);

Малинецкий Г.Г. – д-р физ.-мат. наук, проф. (Институт прикладной математики имени М.В. Келдыша РАН, Москва);

Брусакова И.А. – чл.-корр. МАН ВШ, д-р экон. наук, проф. (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»);

Гаврилова Т.А. – д-р техн. наук, проф. (СПбГУ);

Горелова Г.В. – член. МАН ВШ, д-р техн. наук, проф. (ЮФУ, Таганрог);

Гриненко С.В. – д-р экон. наук, проф. (Сочинский университет, Сочи);

Ефремов А.А. – канд. физ.-мат. наук, доц. (СПбПУ);

Искандеров Ю.М. – д-р техн. наук, проф., зав. лабораторией (СПИИРАН);

Кацко И.А. – д-р экон. наук, проф. (Кубанский гос. аграрный университет, Краснодар);

Кукор Б.Л. – чл.-корр. МАН ВШ, д-р экон. наук, проф. (СПбГЭУ);

Ланкин В.Е. – д-р экон. наук, проф. (ЮФУ, Таганрог);

Мазин В.Д. – д-р техн. наук, проф. (СПбПУ);

Малыхина Г.Ф. – д-р техн. наук, проф. (СПбПУ);

Зарубежные члены программного комитета:

John-Erik Andreassen – M.Sc., Ass. Prof. (Østfold University College, Østfold, Norway);

Igor B. Arefiev – Dr. of Engineering Sc., Prof. (Maritime University of Szczecin, Szczecin, Poland);

Idilia Batchkova – Dr. Sc., Prof. (University of Chemical Technology and Metallurgy, Sofia, Bulgaria);

Leon Bazil – Dr. of Economics, Prof. (Montclair State University, Montclair, NJ, USA);

Zanna Bober – M.Sc. (MTÜ “EVRIKA”, Narva, Estonia);

Bencion Fleishman – Dr. Sc., Prof. (Society for Risk Analysis, New York, NY, USA);

Andreas Gerdes – Dr. Sc., Prof. (Karlsruhe University, Karlsruhe, Germany);

Rainer Grünwald – Dr. of Engineering Sc., Prof. (Technische Universität Ilmenau, Ilmenau, Germany);

Stein Erik Johansen – Dr. Philos., Prof. (Institute for Basic Research, Palm Harbor, FL, USA);

Микони С.В. – д-р техн. наук, проф. (СПИИРАН);
Редько С.Г. – д-р техн. наук, проф. (СПбПУ);
Соколов Б.В. – д-р техн. наук, проф. (СПИИРАН);
Станкевич Л.А. – канд. техн. наук, проф. (СПИИРАН);
Фирсов А.Н. – чл.-корр. МАН ВШ, д-р техн. наук, проф. (СПбПУ);
Халин В.Г. – член МАН ВШ, д-р экон. наук, проф. (СПбГУ);
Черненькая Л.В. – член МАН ВШ, д-р техн. наук, проф. (СПбПУ);
Черный Ю.Ю. – канд. филос. наук, руководитель Центра по изучению проблем информатики ИНИОН РАН (Москва);
Чудесова Г.П. – член МАН ВШ и МАОР, д-р экон. наук, проф. (НИУ ИТМО);
Шипунова О.Д. – д-р филос. наук, проф. (СПбПУ);
Шкодырев В.П. – д-р техн. наук, проф. (СПбПУ);
Яковлева Е.А. – чл.-корр. МАН ВШ, д-р экон. наук, проф. (СПбГЭУ).

Ученые секретари конференции:

Широкова С.В. – чл.-корр. МАН ВШ, канд. техн. наук, доцент СПбПУ;
Логинова А.В – канд. экон. наук, доцент СПбПУ.

Ignat A. Kulkov – Candidate of Economic Sc. (Åbo Akademi, Turku, Finland);
Georgi Popov – Dr. Sc., DHC, Prof. (Technical University of Sofia, Sofia, Bulgaria);
Elmar Schrüfer – Dr. of Natural Sc., Prof. (Technical University of Munich, Munich, Germany);
Adolf Josef Schwab – Dr. of Engineering Sc., Prof. (Karlsruhe University, Karlsruhe, Germany);
Hans-Rolf Tränkler – Dr. of Engineering Sc., Prof. (Bundeswehr University Munich, Munich, Germany);
Valeriy V. Vyatkin – Dr. Philos., Prof. (Luleå tekniska Universite, Luleå, Sweden);
Klaus Wilderotter – Dr. of Natural Sc., Prof. (Technical University of Applied Science, Rosenheim, Germany);
Roland Werthschützky – Dr. of Engineering Sc., Prof. (Technical University of Darmstadt, Germany).

Оргкомитет конференции:

Ефремов А.А. (председатель оргкомитета), канд. физ.-мат. наук, доцент, СПбПУ;
Широкова С.В. (заместитель председателя оргкомитета), чл.-корр. МАН ВШ, канд. техн. наук, доцент, СПбПУ;
Логинова А.В., канд. экон. наук, доцент, СПбПУ;
Свистунова А.С., мл. науч. сотр. СПИИРАН, аспирант СПбПУ;
Цветков В.А., канд. техн. наук, доцент, СПбПУ;
Катермина Т.С., канд. техн. наук, доцент, Нижневартовский государственный университет.

*М*еждународная научно-практическая конференция «Системный анализ в проектировании и управлении» проводится ежегодно с 1998 года Научно-педагогической школой с таким же названием, объединяющей ученых, развивающих теорию систем и системного анализа в различных вузах и научных организациях России и других стран.

Школа считает себя преемницей:

школы Московского энергетического института, в котором д-р техн. наук, профессор ***Федор Евгеньевич Темников*** (1906–1993), создал в 1970 году первую в стране кафедру по направлению теории систем и системных исследований – кафедру Системотехники;

школы Ленинградского политехнического института (ЛПИ), в котором с 1973 года на факультете технической кибернетики д-р техн. наук, профессор ***Анатолий Алексеевич Денисов*** (1934–2010) исследовал общность процессов в системах различной физической природы и предложил теорию информационного поля и информационный подход к анализу систем.

Инициатором становления школы является кафедра «Системный анализ и управление», созданная д-ром техн. наук, профессором ***Владимиром Николаевичем Козловым*** в 1994 году на основе кафедры «Техническая кибернетика». На базе этой кафедры было открыто новое одноименное направление подготовки бакалавров и магистров многоуровневой системы высшего профессионального образования, что сыграло важнейшую роль в становлении и развитии в Политехническом университете школы системного анализа в проектировании и управлении.

В настоящее время это направление развивается как научное направление подготовки бакалавров и магистров в Высшей школе киберфизических систем и управления (ВШ КФСУ) Института компьютерных наук и технологий (ИКНТ) Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (СПбПУ). Директор ВШ КФСУ – д-р техн. наук, профессор ***Вячеслав Петрович Шкодырев***, руководитель ООП «Теория и математические методы системного анализа и управления в технических, экономических и социальных системах» по направлению подготовки бакалавров и магистров «**С**истемный анализ и управление» – канд. физ.-мат. наук, доцент ***Артем Александрович Ефремов***.

Научными руководителями Научно-педагогической школы «Системный анализ в проектировании и управлении» в настоящее время являются заместитель председателя СПб отделения Международной Академии наук Высшей школы (МАН ВШ), д-р техн. наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ ***Владимир Николаевич Козлов*** и член МАН ВШ, рук. Научного совета СПб отделения МАНВШ по проблемам подготовки и аттестации научно-педагогических кадров, д-р экон. наук, проф., заслуженный работник высшей школы РФ ***Виолетта Николаевна Волкова.***

Важной целью школы является развитие методологических основ и терминологического аппарата теории систем и системного анализа на основе широкого спектра математических методов.

Проводимые ежегодные конференции способствуют развитию идей теории систем и системного анализа и их использованию в учебных планах и программах не только нашего вуза, но и других вузов страны.

Большое влияние на реализацию и распространение идей научно-педагогической школы «Системный анализ в проектировании и управлении» оказывают подготавливаемые учебники и учебные пособия. В числе авторов учебников ученые других вузов, принимающие активное участие в ежегодно проводимых конференциях. Школа выполняет важную миссию по подготовке научных кадров высшей квалификации. На конференции традиционно обсуждаются доклады аспирантов и студентов Политехнического университета и других вузов.

Научные результаты, обсуждаемые на заседаниях конференции, представлены в ежегодно выпускаемых сборниках научных трудов, в коллективных учебниках и монографиях, подготовленных участниками этих конференций и на сайте, название которого образовано от названия конференции *S*ystem *A*nalysis in *En*gineering and *Co*ntrol – www.saenco.ru.

Председатель Программного комитета конференции
Академик РАН
Юрий Сергеевич Васильев

Секция 7

КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Председатель – ***Горелова Галина Викторовна***,
д-р техн. наук, профессор, член МАН ВШ,
Институт управления в экономических, экологических и социальных системах Южного федерального университета, Таганрог, Россия

Ученый секретарь – ***Пахомов Евгений Вячеславович***,
канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры государственного и муниципального управления Института управления в экономических, экологических и социальных системах ЮФУ, Таганрог, Россия

УДК 004.822
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-190

Горелова Галина Викторовна[1],
д-р техн. наук, профессор, научный руководитель;
Кацко Игорь Александрович[2],
д-р техн. наук, профессор;
Величко Павел Юрьевич[3],
канд. экон. наук

СОВРЕМЕННЫЕ МЕГАТРЕНДЫ — ОЦЕНКИ КОГНИТОЛОГОВ

[1] Институт управления в экономических, экологических и социальных системах Южного федерального университета, Таганрог, Россия,
gorelova-37@mail.ru
[2, 3] Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Россия,
ingward@mail.ru

Аннотация. Работа посвящена описанию современных мегатрендов развития общества – условной системе координат в которой можно объяснить события, происходящие в современном мире. Постулируя когнитивный подход как начало доформального исследования, предлагается использовать мегатренды в качестве начальной точки для дальнейших исследований.

Ключевые слова: система, когнитолог, когнитивная карта, мегатренды, поколение Z, киберфизические системы, хайп, счастье.

Galina V. Gorelova[1],
Doctor of Engineering Sciences, Professor;
Igor A. Katsko [2],
Doctor of Economic Sciences, Professor;
Pavel Yu. Velichko [3],
Candidate of Economic Sciences

MODERN MEGATRENDS — ASSESSMENTS OF COGNITIVE SCIENTISTS

[1] South Federal University,
Institute of Management in Economic, Environmental and Social and Systems,
Taganrog, Russia,
gorelova-37@mail.ru
[2, 3] Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin,
Krasnodar, Russia,
ingward@mail.ru

Abstract. The paper is devoted to the description of modern trends in the development of society – a conditional coordinate system in which events occurring in the modern world can be explained. Postulating the cognitive approach as the beginning of pre-formal research, it is proposed to use Megatrends as the starting point for further research.

Keywords: system, cognitive scientist, cognitive map, megatrends, generation Z, cyberphysical systems, hype, happiness.

Анализ печатных источников и СМИ, опросы когнитологов, позволяют говорить сегодня о следующих «мегатрендах» нашего общества, обусловленных цифровой революцией и несущих дизруптивное воздействие (форма естественного отбора в биологии), «разрывающее» однородную совокупность (обычно) на два крайних варианта и не способствующих среднему состоянию, что объясняет появление в социально-экономических системах степенных законов распределения, типа закона Парето или Ципфа (например, итогом такого воздействия можно считать расслоение общества: богатые и бедные, «золотой» миллиард и остальные и т.д.) [1, 4 – 5, 8 – 9].

Человечество сегодня живет в обществе потребления и стремительно теряет различие между реальным и виртуальным (мир движется в направлении киберфизических систем). Сегодня в мире будущее связывается с поколением *Z* (родившихся примерно 1995-2019 годы) – это хиппи 80-х, но в цифровой модели[1], они первое поколение цифровой цивилизации и не видели мир без интернета. Для поколения Z

[1] Известны также поколения X (1960-1980) и Y(1981-1994).
url: https://ru.wikipedia.org/wiki/Теория_поколений

понятия богатства и денег теряют смысл, они не видят разницы между реальным и виртуальным миром (в потреблении, жизни, работе), технологически продвинуты, практичны, в контакте (постоянно используют гаджеты), самостоятельны, верят в собственные силы, стремятся к самореализации. Современные социологи и психологи отмечают проблему поколения Z – неумение (около половины из них) определять время по часам со стрелками[2], так как традиционное *понимание времени на протяжении веков, связывалось с движением* стрелок (ранее – с движением звезд, солнца, тени), так формировалась самоорганизация и самостоятельность человека. Здесь закладывался первый уровень мышления – узнавание (рис. 1). Какая будет замена традиционному опыту, помогавшему формировать практический интеллект (?), пока не известно. Здесь можно вспомнить причину кризиса в школьном математическом образовании в 1970-е – удаление из естественной цепочки уровней мышления (*узнавание – воспроизведение типовых ситуаций – анализ нетиповых ситуаций – творчество*) первых двух звеньев (рис. 1) [1].



Рис. 1. Цепочка уровней мышления

[2] Опрос показал, что «смартфонное» поколение испытывает трудности с определением времени url: https://tass.ru/obschestvo/7329001

1) *Усилилась тенденция того, что любой Хайп приносит денег* (как следствие часто приоритет в жизни получают «физические» люди, без нравственных и моральных обязательств).

2) *Общество все больше зависит от информационных технологий* (3D-печать, разработка технологии 4D-печати, изготовление любых услуг и товаров в онлайн режиме). Сегодня, например, даже еду и коленный сустав можно сделать в 3D*,* но аппарат искусственной вентиляции легких пока (2020 г.) 3D-печати не по силам.

3) *Информационные технологии стали одним из условий быта* современного человека (внедряются беспилотные транспортные средства, робототехника, новые материалы, уже внедрены технологии *Big Data* и средства их хранения и обработки). Огромное количество информации из соцсетей, провайдеров, онлайн-служб неизбежно повлияют на психосоматику людей, не имеющих занятости, что ведет к болезням и лоббированию фармацевтики.

4) *Люди платят и получают деньги за виртуальные действия, которые не дают ощущения физического воплощения*, что отрицательно сказывается на психике человека (биполярное расстройство (раздвоение личности) – одно из стремительно увеличивающихся заболеваний).

5) *Разрабатываются новые подходы взаимодействия и сотрудничества* на всех уровнях социума. Например, «распределенные базы данных» – *цепочки блоков*, представляющие собой хранилище данных, которое доступно для проверки любому человеку. (В качестве примера можно привести *Bitcoin,* распространение которого Центробанки мира временно смогли остановить, а у Джорджа Лукаса он описывается в саге «Звездные войны» как Галактические кредиты).

6) *Происходит сдвиг системной парадигмы в направлении киберфизических систем*, объединяющих киберпространство и реальный физический мир. Особое внимание уделяется концепциям *Big Data* и «*Интернета всех вещей»* в рамках изучения социальных сетей, промышленности, бизнеса. В ряде стран созданы кибервойска с бюджетом как у небольшой страны.

7) Растущие возможности биологической инженерии требуют разработки нормативной, этической и юридической базы. (В Китае в конце 2019 г. известен прецедент создания двойняшек с измененным геномом.)

8) *Переход к информационному обществу требует трансформировать устаревшую систему образования*, которая готовила кадры для индустриального общества, выбрав цель на государственном уровне (например, гармоничное развитие человека), вместо пополнения определенного рынка труда (или «человеческого облака»). Сегодня рынок онлайн-образования по капитализации сравнялся с обычным

образованием в США и Европе. События 2020 г. (объявление ВОЗ пандемии) привели мировое сообщество к получению опыта самоизоляции, а поэтому – к полному переходу на дистанционное образование. Онлайн образование сдвинулось на 10 лет вперед, последствия этого тревожат общество и пока не вполне ясны.

9) *Приобретает актуальность реальный сектор экономики, опирающийся на «человеческое облако»*. Ярким примером такой колаборации (сотрудничества) является *WeChat* – мессенджер, позволяющий через смартфон контролировать мир (приложение в приложении, денежные операции, «*WeChat* платежи», социальная направленность). *WeChat* – создает мобильную киберфизическую систему и раскрывает возможности мобильно-ориентированного подхода к платформам, порталам, соцсетям и брендам[3].

10) *«Перевод» горячих военных действий из реальности в Twitter*. Новый мегатренд 2020 г. Трамп предупреждает о наказании Ирана в твите, а затем бомбит. Иран «отвечает» идентично. А, например, в 1914 г., из-за убийства политика такого же уровня началась первая мировая война.

11) *Глобальный кризис* 2019–2020 гг. – ожидаемый «неожиданный черный лебедь», имеющий множество причин (экономических, социально-политических, экологических и др.) по мнению многих людей может стать той точкой сингулярности, за которой будущее нашего мира весьма туманно и видимо всем нам придется учиться жить заново. В частности, появляется новый тренд – сдержанное отношение к средствам массовой информации, в том числе и как к инструменту маркетинговой стратегии.

Рассмотренные выше тренды 2019–2020 гг., согласно экспертному опросу позволяют предположить, что разрушается старая система ценностей, создается новая и формируются новые тенденции. Идет 4-я промышленная революция [12, 13].

1. Появились первые признаки воплощения *NBICS*-технологий в жизни. Кремниевая долина увлеклась биохакингом (попытками «взломать» себя) для улучшения работы мозга, а далее омоложения и улучшения работы организма в целом. Есть тенденции использования биохакинга для управления массами, формирования новой системы понятий без видимых изменений в социуме и т. д.

2. Ожидается новый формат взаимоотношений между глобальными игроками (Китаем, США, Евросоюзом, Россией и арабским миром).

---

[3] URL: https://vc.ru/flood/10962-wechat-rule-all

3. Энергоносители приобрели еще большую политическую значимость.

4. Системы государственного управления в разных странах показали несоответствие между уровнем демократии и уровнем здравоохранения.

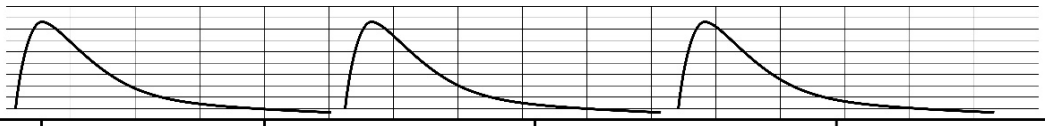
5. В системах безопасности увеличилась роль камер с возможностями распознавания лиц. На разных уровнях иерархии социума наблюдаются свои тенденции изменения мира, так на уровне государства (в большинстве стран) в первую очередь можно выделить: *кибервойны, фейки* (которые практически не распознаваемы), *флэшмобы* (социально маркетинговые приемы для привлечения людей к новой идее, например, субботники XX–го века в Советском Союзе, бессмертный полк и т. д.).

Актуальные на сегодня мегатренды, появление новых мегатрендов (счастья, «датаизма»), доступ к личной информации – все это сопровождается появлением новых проблем, связанных с этикой использования данных, возможностью механического управления каждым отдельным человеком и обществом потребления в целом, которая не видна в современном социальном пространстве, сформированном мегатрендами [15, 16].

Возможно вышесказанное является подтверждением идеи Платона об идеальном мире идей (математики), где все задачи имеют решение – нужно только формулировать вопросы и, рано или поздно, решение приходит. Согласно Платону, мы судим об истинном мире идей только по призрачным теням на стене пещеры и обозначенные мегатренды, и сопутствующие им проблемы – лишь иллюзия нашего восприятия. И обозначенные вопросы, как и другие, найдут свое решение в мире вечных идей Платона (миф о пещере [7]). Главное – ставить вопросы и находить ответы, тогда наш физические труд и умственные усилия будут вознаграждены возможностями познания и понимания сути вещей для гармоничной жизни в этом мире.

От гуманизма к религии данных. Изучение анализа данных в контексте технологических укладов, затронутое в [1], имеет продолжение, рассмотренное работах Ю. Н. Харари [15, 16], соединяющих исторический подход с естественно-научным. Рассматривается историческая эволюция человека с точки зрения веры в определенные идеалы, которые позволяют человеку структурировать свои цели, задачи, формировать целеориентированные и ценностноориентированные системы в нашем мире. Вера (религия) от многобожия к гуманизму идет через капитализм, коммунизм,

либерализм (*N*-изм) и ведет нас к техно-гуманизму и «датаизму», обещая увеличение продолжительности жизни, здоровье и счастье (рис. 2).



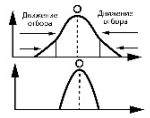
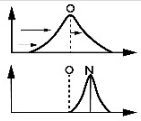
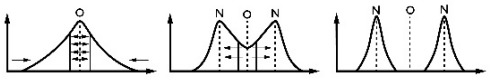
	- 10 000 лет назад	- 300 лет назад	1950 - 1960 гг	2000-е гг
Общество	Аграрное	Индустриальное (1770-1980гг.)	Постиндустриальное (общество потребления 1980-2020гг.)	Информационное (?... Цифровая экономика ...?)
ВЕРА	Идолопоклонники (язычники), Политеизм (Древняя Греция), Монотеизм (КОСМИЧЕСКИЙ ЗАМЫСЕЛ)	ГУМАНИЗМ (человек и его вера в невидимую руку рынка, социальную справедливость и т.д.) КАПИТАЛИЗМ, КОММУНИЗМ, СОЦИАЛИЗМ, ЛИБЕРАЛИЗМ	ТЕХНОГУМАНИЗМ (СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЧЕЛОВЕКА, РАЗДЕЛЕНИЕ ЛЮДЕЙ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ КАСТЫ)	ДАТАИЗМ (СМЫСЛ - ОБРАБОТКА АЛГОРИТМАМИ ИНФОРМИЦИИ; ЧЕЛОВЕК, ПОМИДОР, ЖИРАФ - РАЗНЫЕ АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ КОТОРЫЕ ЗАМЕНЯТ IT, RT) GOOGLE, FACEBOOK - ПОСРЕДНИКИ-ПРАВИТЕЛИ
ФОРМА ЕСТЕСТВЕННОГО ОТБОРА	 СТАБИЛИЗИРУЮЩИЙ	 ДВИЖУЩИЙ	 ДИЗРУПТИВНЫЙ (К. ШВАБ, Т. ПИКЕТТИ)	
ФОРМА ЦПТ	НОРМАЛЬНЫЙ ЗАКОН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ		СТЕПЕННЫЕ ЗАКОНЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ: ПАРЕТО, ЦИПФА	

Рис. 2. Историческая эволюция человека

На рубеже веков биологи выдвинули идею о том, что в основе нашего мира лежат биохимические реакции и алгоритмы обработки данных. Счастья можно достичь при совпадении желаний субъекта и состояния объективной окружающей реальности, при несовпадении человек часто (обычно) черпает счастье в алкоголе, наркотиках и сексе, которые позволяют запустить соответствующие биохимические реакции. Сегодня имеют место попытки измерения уровня счастья, в некоторых странах даже появились министерства счастья. По-видимому, «счастье» – следующий мегатренд нашего общества, рост ощущения которого обещал гуманизм, а теперь и техногуманизм, и датаизм [15, 16] (рис. 3).

Для изучения категории «счастье» строятся ментальные карты, позволяющие объяснить (в тайной надежде авторов) как его достичь. Однако, когнитивного моделирования сложных систем [17, 18] не проводилось. Когнитивное моделирование – не абсолютный ответ на вопросы, что такое «Счастье» и как его достичь, а лишь инструмент для облегчения понимания смысла, объяснения, моделирования развития ситуаций «счастья» или «несчастья» на некоторой когнитивной структуре. Может быть, путь для понимания достижимости тех или иных иллюзорных целей (лично твоих или тех, которые тебе навязывает некий «управляющий»), ведущих к счастью объекта счастья индивидуума. Опираясь на, указанные выше, работы Ю. Н. Харари [15, 16] и экспертный опрос были получены концепты, связанные с объектом изучения, которые

нашли отражение в виде вершин когнитивной карты, связанных ребрами, на которых указано направление влияния (положительное 1, отрицательное -1) (рис. 3).

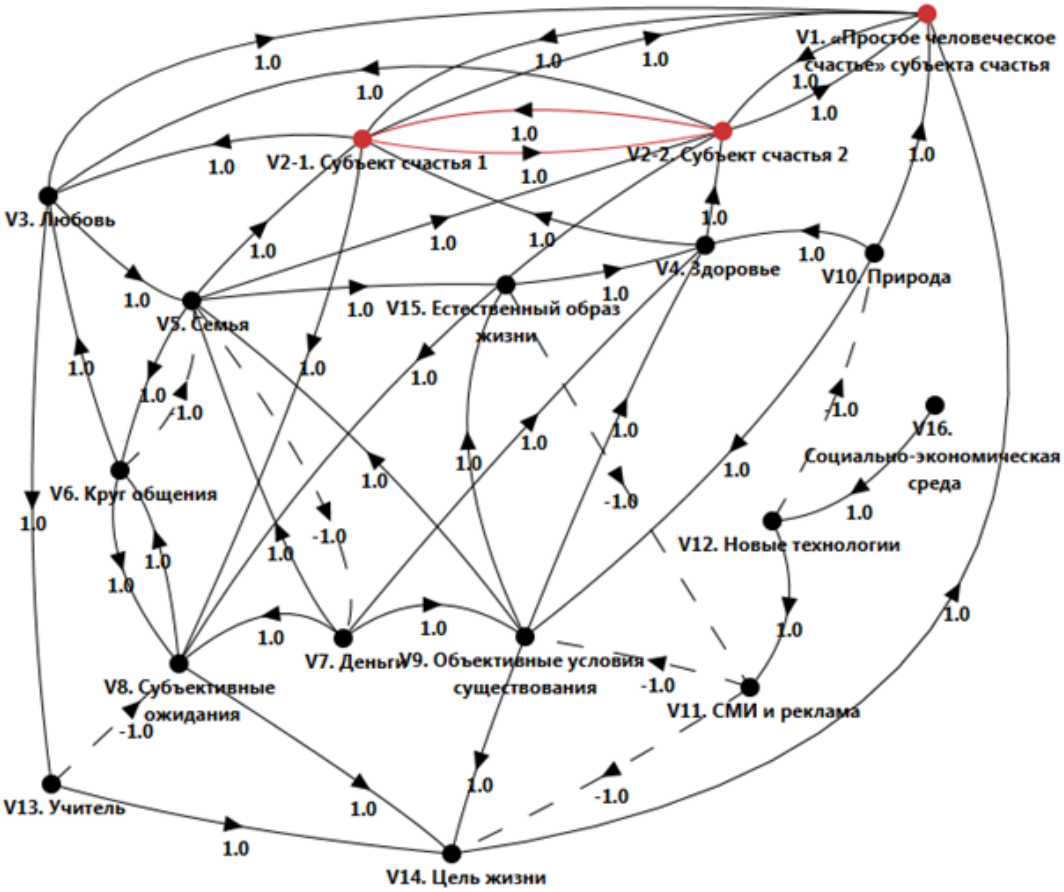


Рис. 3. Когнитивная карта «Счастье»

Когнитивная карта может (должна) быть основой доформального исследования систем, в том числе, опирающегося на имитационное моделирование и анализ данных (при их наличии). Сегодня известно несколько подходов к анализу когнитивных карт:

1) алгебро-геометрический, основанный на теории алгебраических инвариантов,

2) информационный, обобщающий в одной схеме меры количественной (формула Шенона) и качественной (формула Харкевича) информации,

3) имитационного моделирования на основе динамического моделирования Дж. Форестера и др.

Первый подход к полученной когнитивной карте, позволяет определить пути и циклы. Так в зависимости от начального концепта мы получаем несколько путей к счастью (рис. 3). Возможно изучать

связность карты, сложность, устойчивость, проводить сценарное (импульсное) моделирование и т. д.

Выявление мегатрендов в обществе (один из которых «счастье») позволяет говорить о *вероятностной модели восприятия мира событий*. Можно говорить о реализации для нас события χ в контексте события μ, обусловленного одним из «мегатрендов» (или нескольких). Реализуется вероятностная модель языка по В. В. Налимову, где ρ(μ) – функция распределения вероятности смысла слова (тенденция к осуществлению смысла слова), $\rho(\chi/\mu)$ – функция правдоподобия, возникающая при наступлении события χ в контексте события – «мегатренда» μ [3].

Формирование мегатрендов, формирующих пространство, в котором находится социум, уводит внимание людей от многих процессов, идущих в мире.

Следует отметить, что рекламируемые сегодня методы анализа данных опираются на идеологию вероятности, статистики, анализа данных и машинного обучения, среди прочих задач, позволяют на новом уровне решать проблему поиска «мегатрендов» (условной системы координат) на разных уровнях общества, позволяющих объяснить многие явления в социально-экономическом пространстве.

Анализ мегатрендов позволяет оценить степень обеспокоенности людей по отношению к тем или иным социально значимым событиям. Всё это открывает большие возможности для более глубокого понимания социальных настроений в различных слоях общества.

Так, например, происходящая сегодня 4 промышленная революция, благодаря лоббированию полупроводниковой промышленности, в ближайшее время обещает предоставить огромные возможности для решения задач управления и принятия решений, прежде всего, нашим обществом потребления [13, 14].

Причем роль государства часто значительно меньше, чем вмешательство в жизнь людей транснациональных корпораций, сетей магазинов посредством: Аналитики 1.0 – стандартной бизнес-аналитики (кубы *OLAP*, *Data Mining*); Аналитики 2.0 – прогностической аналитики (нейронные сети, глубокое обучение); Аналитики 3.0 – предписывающей аналитики (глубокое обучение) [8 – 12].

Наши интернет-запросы, даже разговоры, которые «услышал» смартфон обрабатываются в реальном режиме времени и возвращаются к нам рекламой и предложениями покупки товаров, услуг. Все это сопровождается интенсивным развитием технологий обработки данных,

формируется новое социальное течение «датаизм» – вера в то, что данные, информация, их обработка и есть общемировая цель …

Экономическое развитие во всем мире до сих пор связывалось с экономическим ростом, который должен обеспечить рост благосостояния человечества. Современное представление экономического роста связывается с инновационными (конвергентными) технологиями, связанными с развитием информационных технологий (искусственного интеллекта, робототехники) как в обычной жизни, так и применительно к нанотехнологиям, биологии (секвенирование биополимеров) и т. д. Так еще сравнительно недавно любили говорить о *NBICS* – конвергенции (нано-, био-, инфо-, когно-, социо-).

Согласно популярным сегодня теориям (В. Виндж, Д. Дойч и др.) мы приближаемся к точке «технологической сингулярности», когда ожидается, что искусственный интеллект будет реализован и предсказать, что будет дальше невозможно [2]. Считается, что подобные точки человек уже проходил и сегодня они называются «аграрная революция», «промышленная революция». Тогда боязнь человека прошла благодаря новым возможностям восприятия и в конечном счете улучшению жизни. И сегодня, человек верит, что инновации, положившие начало пути в бесконечное совершенствование лишь свидетельствуют о сближении физического мира и мира идей Платона [2, 6].

Список литературы

1. Бондаренко П.С., Горелова Г.В., Кацко И.А. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие / Под ред. И.А. Кацко, А.И. Трубилина. М.: КНОРУС, 2017. 390 с.

2. Дойч Д. Начало бесконечности. Объяснения, которые меняют мир / Пер. с англ. М.: Альпина нон-фикшн, 2016. 582 с.

3. Налимов В.В. Вероятностная модель языка. О соотношении естественных и искусственных языков. М.: Книга по Требованию, 2013. 304 с.

4. Нейсбит Дж. Мегатренды. М.: АСТ, Ермак, 2003. 380 с.

5. Нейсбит Дж. Высокая технология, глубокая гуманность: технологии и наши поиски смысла. М.: АСТ: Транзиткнига, 2005. 381 с.

6. Пенроуз Р. Новый ум короля: О компьютерах, мышлении и законах физики / Пер. с англ. 3-е изд. М.: ЛКИ, 2008. 400 с.

7. Платон. Государство. Книга седьмая // Собрание сочинений в 4 т. Т. 3. М.: Мысль, 1994.

8. Системный анализ и принятие решений: Словарь–справочник / Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. М.: Высшая школа, 2004. 616 с.

9. Форд М. Технологии, которые изменят мир / Пер. с англ. А. Кардаш. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014. 268 с.

10. Форд М. Роботы наступают: Развитие технологий и будущее без работы / Пер. с англ. С. Чернина. М.: Альпина нон-фикшн, 2016. 430 с.

11. Форман Дж. Много цифр: Анализ больших данных при помощи *Excel* / Пер. с англ. А. Соколовой. М.: Альпина Паблишер, 2016. 461 с.

12. Фрэнкс Б. Революция в аналитике: Как в эпоху *Big Data* улучшить ваш бизнес с помощью операционной аналитики / Пер. с англ. М.: Альпина Паблишер, 2016. 316 с.

13. Шваб К. Четвертая промышленная революция. М.: Эксмо, 2017. 208 с.

14. Шваб К., Дэвис Н. Технологии Четвертой промышленной революции / Пер. с англ. М.: Эксмо, 2019. 320 с.

15. Харари Ю.Н. *Homo Deus*. Краткая история будущего / Пер. с англ. А. Андреева. М.: Синдбад, 2018. 486 с.

16. Харари Ю.Н. Lessons for the 21st Century / Пер. с англ. Ю. Гольдберга. М.: Синдбад, 2019. 416 с.

17. Gorelova G.V., Pankratova N.D. Scientific Foresight and Cognitive Modeling of Socio-Economic Systems // Proc. of the 18 th IFAC Conference on Technology, Culture and International Stability, TECIS-2018, IFAC Papers OnLine. ELSEVIER, 2018. 51–30. P. 145–149. DOI:10.1016/j.ifacol.2018.11.264.

18. Программа для когнитивного моделирования и анализа социально-экономических систем регионального уровня (Горелова Г.В., Калиниченко А.И., Кузьминов А.Н.). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018661506 от 07.09.2018.

УДК 338.266
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-191

Горелова Галина Викторовна,
д-р техн. наук, профессор, научный руководитель

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РИСКОВ В ПОДЗЕМНОМ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ОСНОВЕ КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Южный федеральный университет,
Институт управления в экономических, экологических
и социальных системах, Таганрог, Россия,
gorelova-37@mail.ru

Аннотация. Развитие мегаполисов приводит к сокращению количества неосвоенных городских территорий, к необходимости освоения подземного пространства. Подземная среда обитания должна быть комфортной и безопасной для человека, поэтому необходимо анализировать и прогнозировать всевозможные

риски, стремиться минимизировать приносимый ими ущерб. Предлагается использовать инструментарий когнитивного имитационного моделирования для изучения влияния рисков при подземном градостроительстве на этапе предпроектных исследований подземных участков. Разработанная модель системы в виде иерархической когнитивной карты обобщено представляет причинно-следственные отношения между объектами природно-технической геосистемы. Приводятся результаты анализа модели и процессов развития ситуаций на модели под влиянием различных рисков.

Ключевые слова: подземное градостроительство, когнитивное моделирование, имитация, риски, предвидение.

Galina V. Gorelova,
Doctor of Technical Sciences, Professor, Supervisor

RISK INFLUENCE ANALYSIS IN UNDERGROUND URBAN PLANNING BASED ON COGNITIVE SIMULATION

South Federal University, Institute of Management in Economic, Environmental and Social and Systems, Taganrog, Russia,
gorelova-37@mail.ru

Abstract. The development of megacities leads to a reduction in the number of undeveloped urban areas, to the need for the development of underground space. The underground habitat should be comfortable and safe for humans, so it is necessary to analyze and predict all kinds of risks, strive to minimize the damage they cause. It is proposed to use the tools of cognitive simulation to study the impact of risks in underground urban planning at the stage of pre-design studies of underground sections. The developed model of the system in the form of a hierarchical cognitive map summarizes the causal relationship between the objects of the natural-technical geosystem. The results of the analysis of the model and the processes of development of situations on the model under the influence of various risks are presented.

Keywords: underground urban planning, cognitive modeling, imitation, risks, foresight.

В настоящее время в мире наблюдается все возрастающий интерес к проблеме освоения подземного пространства, с чем связано и развитие горных наук, возникновение в них новых направлений и предметов исследования, например таких, как техногенно преобразуемые недра земли. Развивается наука «Строительная геотехнология», система знаний о способах и закономерностях управляемого техногенного преобразования недр. Среди исследований российских ученых следует отметить работы Б.А. Картозия [6, 7, 10], внесшего существенный вклад в развитие этой науки и провозгласившего [10, с. 15–16] «…принцип приоритетности уровня комфортности труда и отдыха человека при строительстве и эксплуатации подземных сооружений различного

назначения, гарантирующий улучшение экологических и социальных условий проживания в крупных городах и промышленных районах».

В настоящее время, как известно, структура этой науки представлена четырьмя основными разделами: подземная урбанистика, механика подземных сооружений, геоника и управление состоянием горных пород при строительстве. Развитие строительной геотехнологии связано с междисциплинарными исследованиями и в данной работе предлагается использовать междисциплинарное когнитивное имитационное моделирование сложных систем [1 – 5, 9, 11] для исследования проблем и задач подземного строительства. Основанием этому служит то, что когнитивное моделирование предназначено для изучения сложных систем, порождению новых знаний о них в условиях неполноты и разнородности информации, что характерно также для подземного строительства. Подходы к исследованиям и многие задачи исследований в четырех разделах строительной геотехнологии могут решаться методами когнитивного моделирования, особенно на этапе предпроектных исследований пригодности подземных участков для строительства. Это задачи разработки и обоснования стратегии и методов освоения подземного пространства (первый раздел – на этапе проектирования подземных сооружений необходимо рассмотреть и обосновать социально-экономическую целесообразность и техническую возможность строительства подземных сооружений в горно-геологических условиях и в условиях влияния технологии строительных работ, функционального назначения строительных объектов). Это задачи (второй раздел) оценки устойчивости горных выработок, исследования процессов взаимодействия инженерных конструкций с породными массивами и установления качественных и количественных характеристик их напряженно-деформированного состояния и др.; второй раздел может представить данные и получить новые знания о них после когнитивного моделирования при анализе свойств когнитивной модели. Содержание исследований третьего раздела, включающее исследования «взаимосвязей элементов технологии горно-строительных работ, установление качественных и количественных параметров, определяющих выбор способов, техники и технологии строительства, эффективных методов организации труда и управления работами по строительству…» оказывается необходимым при разработке когнитивной модели, установлении отношений между ее объектами (факторами, сущностями), являющимися также концептами (понятиями), связанными с подземным строительством.

Объектом исследования в представляемой работе являлось подземное строительство в мегаполисе.

В современном мире развитие мегаполисов приводит к сокращению количества неосвоенных городских территорий, к необходимости

планомерного и комплексного освоения подземного пространства, в котором целесообразно размещать сооружения различного назначения. Появление новой – подземной среды обитания, связано с возможностью возникновения различных рисков, как природных, геологических, так и связанных с человеческой деятельностью. Подземная среда обитания должна быть комфортной и безопасной для человека, поэтому необходимо анализировать и прогнозировать всевозможные риски, стремиться минимизировать приносимый ими ущерб. Геотехнические процессы, ошибки при проектировании, несовершенство существующих технологий, возникновение непредвиденных ситуаций, геологические и экологические процессы могут приводить к катастрофам. Это на первый план выдвигает необходимость решения социально-эколого-экономической проблемы – проблемы жизнестойкости и безопасности подземного объекта в экстремальных и чрезвычайных ситуациях. Фактор риска является неотъемлемым признаком освоения подземного пространства, поскольку подземное пространство характеризуется сочетанием множеством внешних и внутренних статических и динамических нагрузок, всевозможных техногенных воздействий внутри подземного сооружения, вредных природных проявлений со стороны массива горных пород и т. п. В настоящее время проведена классификация рисков, возникающих при подземном строительстве. Выделено 8 групп [10]: строительные, экологические, управленческие и исполнительские, коммерческие, экономические, контрактные, социальные и эксплуатационные. Локализация или предотвращение негативных последствий рисков, повышение жизнестойкости сооружений в экстремальных ситуациях, научное обоснование методов управления рисками является научной проблемой, решение которой имеет важное народно-хозяйственное значение.

В процессе когнитивного исследования проблем подземного градостроительства была разработана модель системы, названная «Подземное градостроительство», имеющая вид иерархической когнитивной карты, которая обобщенно представляет причинно-следственные отношения между объектами природно-технической геосистемы подземного градостроения. Эта модель была построена на основании теоретических знаний в области строительной геотехнологии, экспертных и статистических данных с помощью авторской программной системы CMLS [11]. Иерархическая когнитивная модель *IG* в данном случае является двухуровневой.

Вершины верхнего уровня: Жизнестойкость объекта подземного градостроительства (*I-V*11), Катастрофы, экстремальные и чрезвычайные ситуации (*I-V*13), Экологические риски (*I-V*15), Экономические риски (*I-V*16), Генетический тип и литологический состав грунтов (*I-V*5).

Вершины нижнего уровня: Уровень динамической нагрузки ($V1$), Показатель статической нагрузки от поверхностной застройки ($V2$), Показатель статической нагрузки окружающей грунтового массива ($V3$), Существующие подземные объекты ($V4$), Расчетное сопротивление грунта ($V6$), Водоносные горизонты и верховодка ($V7$), Тип рельефа и морфометрия ($V8$), Инженерно-геологические процессы ($V9$), Геотехнологии строительства подземных сооружений ($V10$), Уровень комфортности труда и отдыха человека при строительстве и эксплуатации подземных сооружений ($V12$), Строительные, эксплуатационные риски ($V14$), Квалификация персонала ($V17$), Промышленная безопасность ($V18$), Качество и сроки строительства ($V19$), Управленческие риски ($V20$).

Когнитивная модель IG представлена на рисунке 1. На рисунке сплошными линиями изображены положительные связи между вершинами, когда усиление/ослабление сигнала в вершине V_i приводит к усилению/ослаблению сигнала в вершине V_j, пунктирными линиями изображены отрицательные связи, когда усиление/ослабление сигнала в вершине V_i приводит к ослаблению/усилению сигнала в вершине V_j.

Разработка когнитивной модели завершает первый этап когнитивного имитационного моделирования. На втором этапе проводится анализ свойств модели.

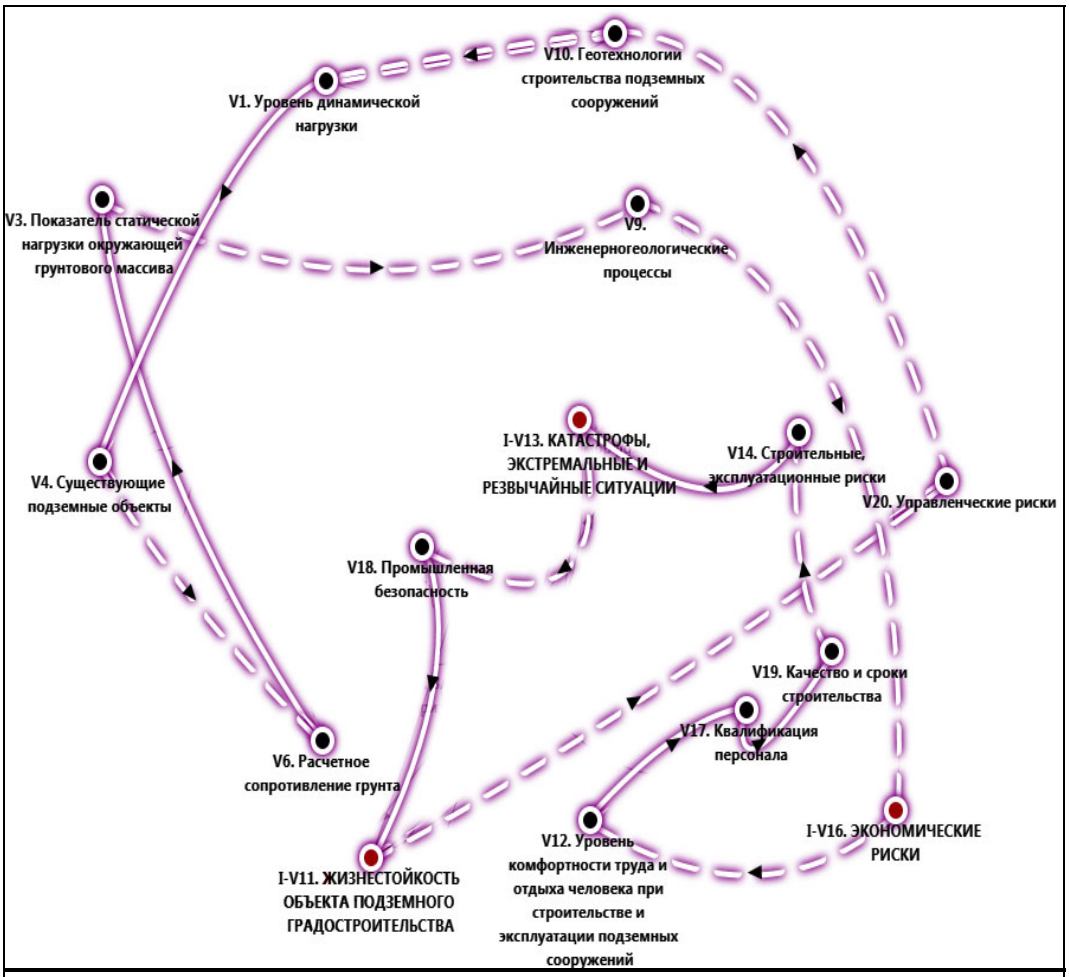
В процессе исследования были проанализированы структурные свойства модели и ее устойчивость (структурная и к возмущениям).

Для исследования структурной устойчивости было необходимо выделить и проанализировать все циклы положительной и отрицательной обратной связи в системе. На рисунке 2 изображен один из отрицательных циклов. Как показал анализ, в модели существует 946 циклов, среди которых наблюдается 161 цикл отрицательной обратной связи (нечетное число отрицательных дуг) и 785 циклов положительной обратной связи. Наличие нечетного числа циклов отрицательной обратной связи свидетельствует о структурной устойчивости системы [2, 3, 5]. Это свидетельствует о том, то небольшие изменения структуры модели не нарушат этого свойства. Огромное число возможных циклов, как в модели, так и в реальной системе существенно затрудняет задачу исследователя выделить, проверить и интерпретировать циклы без помощи специальных программных средств [11].

Анализ устойчивости модели к возмущениям по критерию $|M| < 1$, где M – максимальный по модулю корень характеристического уравнения матрицы отношений когнитивной карты [2, 5, 9], показал импульсную неустойчивость, поскольку $|M| = 1{,}88 > 1$. Это может быть вызвано тем, что отношения между всеми вершинами карты на этом этапе исследования приняты одинаковыми: +1 или -1. Введение весовых коэффициентов для структурно устойчивой системы может сделать модель устойчивой и к возмущениям.



Рис. 1. Иерархическая когнитивная модель *IG* «Подземное градостроительство»



Циклы. Всего: 946. Отрицательных: 161. Положительных: 785.

- (-2.0) V1 -> V4 -> V6 -> V3 -> V9 -> V14 -> V18 -> I-V11 -> V12 -> V17 -> V20 -> V10 -> V1
- (-4.0) V1 -> V4 -> V6 -> V3 -> V9 -> V14 -> V18 -> I-V11 -> V20 -> V10 -> V1
- (-2.0) V1 -> V4 -> V6 -> V3 -> V9 -> I-V16 -> V12 -> V17 -> V18 -> I-V11 -> V20 -> V10 -> V1
+ (-2.0) V1 -> V4 -> V6 -> V3 -> V9 -> I-V16 -> V12 -> V17 -> V19 -> V14 -> I-V13 -> I-V11 -> V20 -> V10 -
- (-3.0) V1 -> V4 -> V6 -> V3 -> V9 -> I-V16 -> V12 -> V17 -> V19 -> V14 -> I-V13 -> V18 -> I-V11 -> V20 -
- (-4.0) V1 -> V4 -> V6 -> V3 -> V9 -> I-V16 -> V12 -> V17 -> V19 -> V14 -> V18 -> I-V11 -> V20 -> V10 ->
+ (-3.0) V1 -> V4 -> V6 -> V3 -> V9 -> I-V16 -> V12 -> V17 -> V14 -> I-V13 -> I-V11 -> V20 -> V10 -> V1
- (-4.0) V1 -> V4 -> V6 -> V3 -> V9 -> I-V16 -> V12 -> V17 -> V14 -> I-V13 -> V18 -> I-V11 -> V20 -> V10 -
- (-5.0) V1 -> V4 -> V6 -> V3 -> V9 -> I-V16 -> V12 -> V17 -> V14 -> V18 -> I-V11 -> V20 -> V10 -> V1
- (-4.0) V1 -> V4 -> V6 -> V3 -> V9 -> I-V16 -> V12 -> V17 -> V20 -> V10 -> V1
+ (1.0) V1 -> V4 -> V6 -> V3 -> V9 -> I-V16 -> V14 -> I-V13 -> I-V11 -> V12 -> V17 -> V20 -> V10 -> V1
+ (-1.0) V1 -> V4 -> V6 -> V3 -> V9 -> I-V16 -> V14 -> I-V13 -> I-V11 -> V20 -> V10 -> V1
- (0.0) V1 -> V4 -> V6 -> V3 -> V9 -> I-V16 -> V14 -> I-V13 -> V18 -> I-V11 -> V12 -> V17 -> V20 -> V10 ->
- (-2.0) V1 -> V4 -> V6 -> V3 -> V9 -> I-V16 -> V14 -> I-V13 -> V18 -> I-V11 -> V20 -> V10 -> V1
- (-1.0) V1 -> V4 -> V6 -> V3 -> V9 -> I-V16 -> V14 -> V18 -> I-V11 -> V12 -> V17 -> V20 -> V10 -> V1
- (-3.0) V1 -> V4 -> V6 -> V3 -> V9 -> I-V16 -> V14 -> V18 -> I-V11 -> V20 -> V10 -> V1
+ (1.0) V1 -> V4 -> V6 -> V3 -> V10 -> V1
+ (3.0) V1 -> V4 -> V6 -> V3 -> V8 -> V7 -> V9 -> V1
+ (1.0) V1 -> V4 -> V6 -> V3 -> V8 -> V7 -> V9 -> I-V13 -> I-V11 -> V12 -> V17 -> V20 -> V10 -> V1

Рис. 2. Циклы когнитивной модели

После анализа свойств модели был проведен третий этап когнитивного моделирования – этап сценарного моделирования. Сценарное моделирование осуществляется путем внесения импульсных воздействий в вершины когнитивной модели (в одну, две и более) [2, 5, 11].

Перед проведением сценарного моделирования был разработан план вычислительного эксперимента (план сценариев), задающий вершины, в которые должны быть внесены возмущения с целью выяснить, что может произойти в системе, если начнут изменяться ее параметры, изменяться внутренняя и внешняя среда системы.

Каждый сценарий – это предвидение возможного развития ситуаций в системе, если будут происходить предполагаемые события. Например, возникнет некоторая экстремальная ситуация из-за недостаточной квалификации персонала, обеспечивающего функционирование подземного объекта.

В таблице 1 и на рисунках 3 и 4 приведены результаты импульсного моделирования по двум сценариям.

Первый сценарий. Предположим, что на некотором участке подземного строительства могут возникнуть все обозначенные в модели риски – экономические, экологические, строительные, управленческие. Т. е. желательно проанализировать один из возможных худших сценариев.

Сценарий № 1. Пусть растут все риски в системе; возмущающие воздействия $q_{14} = +1$, $q_{15} = +1$, $q_{15} = +1$, $q_{20} = +1$ вносятся в вершины $V14, V15, V16, V20$.

Результаты вычислительного эксперимента приведены в таблице 1, по данным которой построена часть графиков импульсных процессов (рис. 3).

Как видно по результатам моделирования, данный сценарий показывает возможность крайне негативных тенденций развития ситуаций в системе. При начальном возникновении рисков они и в дальнейшем могут нарастать при увеличении шагов моделирования. Эта тенденция порождает связанные с ними тенденции снижения жизнестойкости объекта подземного градостроительства и рост катастроф, экстремальных и чрезвычайных ситуаций.

Рассмотрим возможность противостоять этим негативным тенденциям.

Таблица 1

Результаты расчетов импульсных процессов, Сценарий№1

Код	Вершины	Шаги моделирования						
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
V_1	Уровень динамической нагрузки	0	0	1	1	-2	6	13
V_2	Показатель статической нагрузки от поверхностной застройки	0	0	0	0	0	0	0
V_3	Показатель статической нагрузки окружающей грунтового массива	0	0	0	-1	0	2	-5
V_4	Существующие подземные объекты	0	0	-1	0	0	-6	-2
I-V_5	Генетический тип и литологический состав грунтов	0	0	0	0	-1	0	2
V_6	Расчетное сопротивление грунта	0	0	-1	0	3	-5	-7
V_7	Водоносные горизонты и верховодка	0	0	0	0	0	-1	0
V_8	Тип рельефа и морфометрия	0	0	0	0	-1	0	1
V_9	Инженерно-геологические процессы	0	0	0	-2	0	2	-13
V_{10}	Геотехнологии строительства подземных сооружений	0	-1	-1	0	-4	-10	0
I-V_{11}	Жизнестойкость объекта подземного градостроительства	0	-1	-2	-4	-8	-14	-28
V_{12}	Уровень комфортности труда и отдыха человека при строительстве и эксплуатации подземных сооружений	0	-1	-3	-5	-8	-15	-27
I-V_{13}	Катастрофы, экстремальные и чрезвычайные ситуации	0	2	5	8	13	22	36
V_{14}	Строительные, эксплуатационные риски	**1**	3	6	9	17	32	57
I-V_{15}	Экологические риски	**1**	1	1	2	1	-3	5
I-V_{16}	Экономические риски	**1**	2	3	4	7	13	23
V_{17}	Квалификация персонала	0	0	-1	-3	-5	-8	-15
V_{18}	Промышленная безопасность	0	-2	-6	-14	-22	-36	-65
V_{19}	Качество и сроки строительства	0	-1	-1	-3	-7	-13	-22
V_{20}	Управленческие риски	**1**	1	2	4	8	14	23

Второй сценарий. Пусть в предвидении возможности проявления всех видов рисков будут приняты упреждающие управляющие воздействия: повышена квалификация персонала, что может привести и к снижению управленческих рисков.

Сценарий № 2. В модель вносятся возмущающие воздействия $q_{14} = +1$, $q_{15} = +1$, $q_{15} = +1$, $q_{20} = -1$ и управляющее воздействие $q_{17} = +1$ в вершины $V14$, $V15$, $V16$, $V17$, $V20$.

Результаты моделирования представлены на рисунке 4.

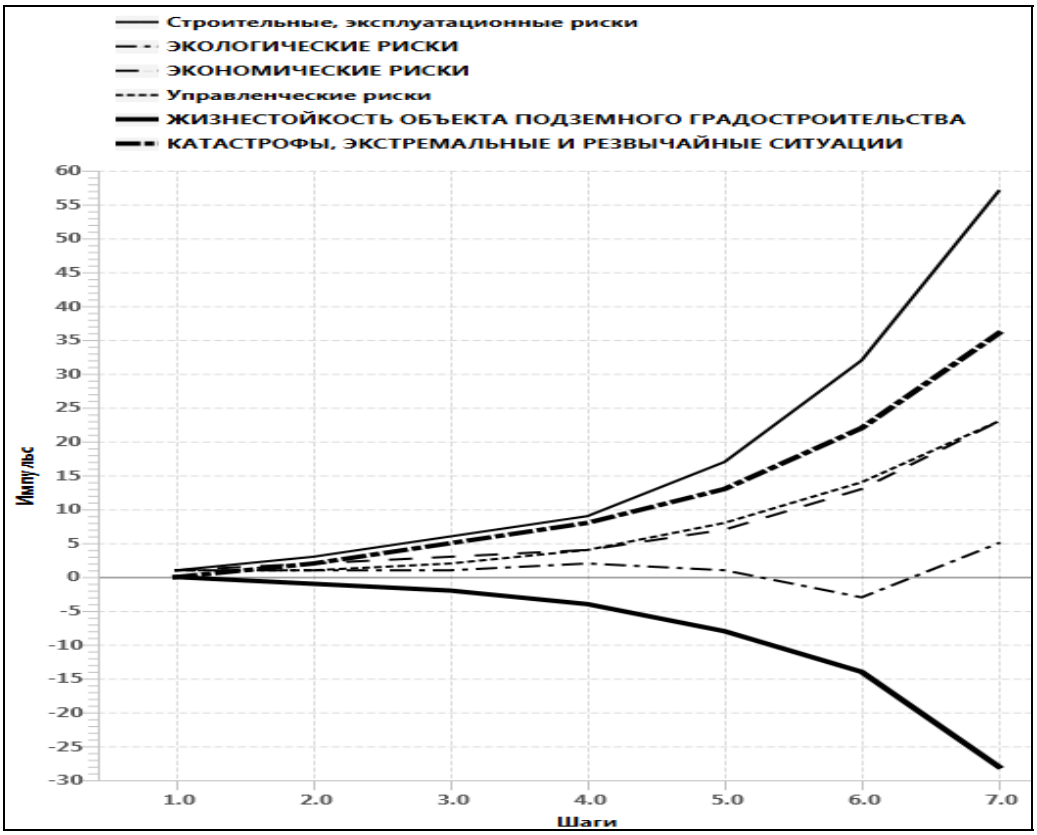


Рис. 3. Графики импульсных процессов, Сценарий №1

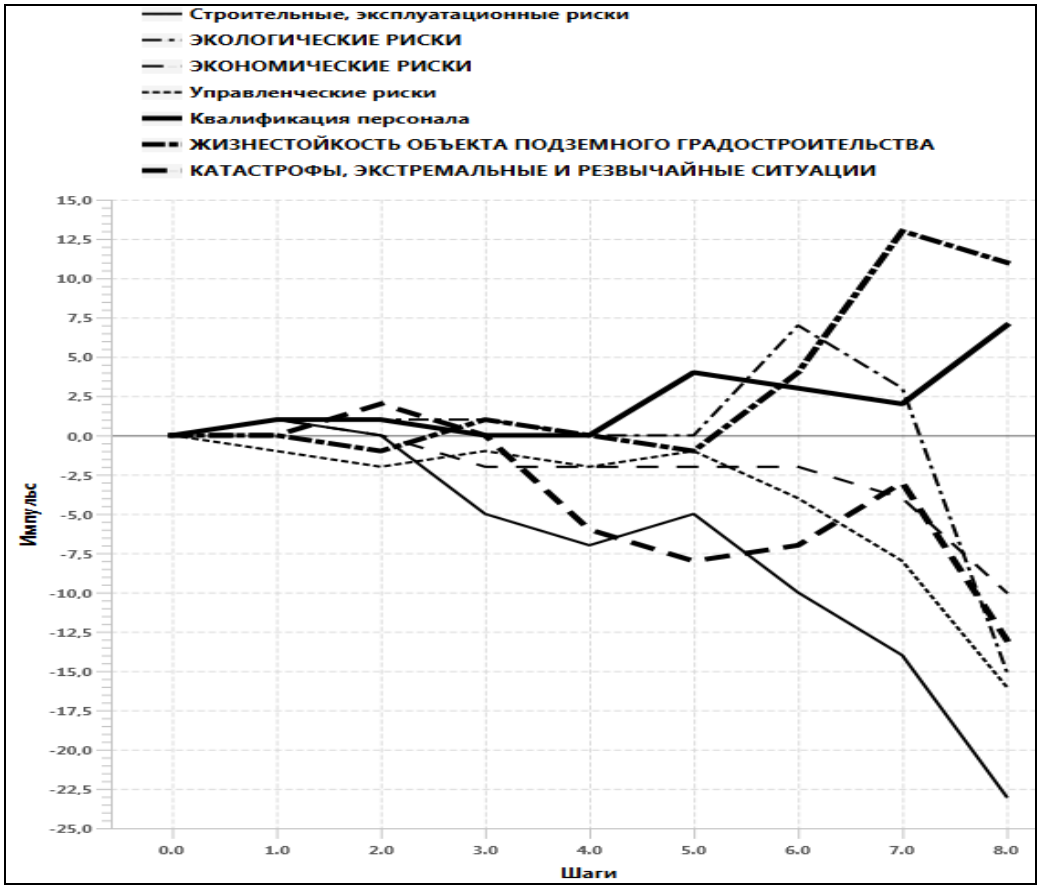


Рис. 4. Графики импульсных процессов, Сценарий №2

Как видно из рисунка 4, повышение квалификации персонала и снижение управленческих рисков позволяют изменить тенденцию возрастания строительных, эксплуатационных и экономических рисков на противоположную, эти риски падают. Но экологические риски могут иногда возрастать (5 и 6 шаги моделирования), этим можно объяснить и возможность нарастания катастроф и чрезвычайных ситуаций. Но в целом, жизнестойкость объекта подземного градостроительства в этом случае улучшается. Таким образом, сценарий развития ситуаций в условиях повышения квалификации персонала и снижения управленческих рисков можно считать одним из желательных.

Помимо этих двух сценариев в процессе исследования были разработаны и проанализированы еще 11 сценариев, в которых рассматривалось влияния изменений в вершинах когнитивной карты, характеризующих геологические свойства подземной территории.

Заключение

Когнитивное моделирование является удобным инструментом поддержки принятия решений в исследованиях сложных систем независимо от их природы, что было проиллюстрировано на примере когнитивного анализа системы подземного градостроительства. Результаты моделирования, имитирующего свойства и поведение сложной системы, позволяют выявить ее желательные и нежелательные особенности, разработать и обосновать стратегии управления системой в условиях большого количества ее объектов и взаимосвязей между ними, в условиях разного рода неопределенности и недостатка эмпирических данных.

Список литературы

1. Авдеева З.К., Коврига С.В., Макаренко Д.И. Когнитивное моделирование для решения задач управления слабоструктурированными системами (ситуациями) // Управление большими системами: сборник трудов. 2006. № 16. С. 26–39.

2. Горелова Г.В., Захарова Е.Н., Радченко С.А. Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход. Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2006. 332 с.

3. Gorelova G.V., Pankratova N.D. Scientific Foresight and Cognitive Modeling of Socio-Economic Systems // Proc. of the 18th IFAC Conference on Technology, Culture and International Stability (TECIS-2018), IFAC Papers OnLine. ELSEVIER, 2018. 51–30. P. 145–149.

4. Горелова Г.В. Киберфизические системы и когнитивное моделирование сложных систем // В матер. XXVII Междунар. конф. «Проблемы управления безопасностью сложных систем, 18.12.2019 г., Москва. 2019. С. 299–304.

5. Инновационное развитие социо-экономических систем на основе методологий предвидения и когнитивного моделирования. Коллективная монография / Под ред. Г.В. Гореловой, Н.Д. Панкратовой. Киев: Изд-во «Наукова Думка», 2015. 464 с.

6. Картозия Б.А. Освоение подземного пространства – глобальная проблема науки, производства и высшего горного образования // Материалы конф. «Перспективы освоения подземного пространства, 2010. С. 12–26.

7. Картозия Б.А. Освоение подземного пространства крупных городов. Новые тенденции // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), «Строительство и архитектура». 2015. С. 615–628

8. Куликова Е.Ю., Корчак А.В., Левченко А.Н. Стратегия управления рисками в городском подземном строительстве. М.: Изд-во МГГУ, 2005. 207 с.

9. Кульба В.В., Кононов Д.А., Ковалевский С.С., Косяченко С.А, Нижегородцев Р.М., Чернов И.В. Сценарный анализ динамики поведения социально-экономических систем. М.: ИПУ РАН, 2002. 122 с.

10. Левченко А.Н. О новом направлении научных исследований в строительной геотехнологии // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2007. №2. С. 15–21.

11. Программа для когнитивного моделирования и анализа социально-экономических систем регионального уровня (Горелова Г.В., Калиниченко А.И., Кузьминов А.Н.). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018661506 от 07.09.2018.

УДК 338.266; 332.05
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-192

Горелова Галина Викторовна[1],
д-р техн. наук, профессор, научный руководитель;
Мельник Эдуард Всеволодович[2],
д-р техн. наук, заведующий лабораторией

КОГНИТИВНЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ КАК СЛОЖНЫХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СИСТЕМ

[1] Южный федеральный университет,
Институт управления в экономических, экологических и социальных системах, Таганрог, Россия,
gorelova-37@mail.ru
[2] Южный научный центр РАН, Таганрог, Россия,
evm17@mail.ru

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы имитационного моделирования структуры и поведения водной экологической системы Понто-Каспийского региона и проведено когнитивное имитационное моделирование этой сложной системы. Когнитивное моделирование заключалось в разработке иерархической когнитивной карты, представляющей структуру этой экосистемы, исследовании свойств этой модели и проведения сценарного моделирования на ней. Исследования проводились на основании теоретических, статистических и экспертных данных об этой сложной системе. Приведены примеры когнитивной карты, исследования ее структурной устойчивости и одного из возможных сценариев развития ситуаций в системе.

Ключевые слова: сложные системы, водные экосистемы, анализ, имитация, когнитивное моделирование, сценарии развития.

Galina V. Gorelova[1],
Doctor of Technical Sciences, Professor, Supervisor;
Eduard V. Melnik[2],
Doctor in Computer Sciences, Head of Laboratory

COGNITIVE APPROACH TO STUDY WATER ECOSYSTEMS AS COMPLEX HIERARCHICAL SYSTEMS

[1] South Federal University, Institute of Management in Economic, Environmental and Social and Systems, Taganrog, Russia,
gorelova-37@mail.ru
[2] Southern Scientific Center of the Russian Academy, Taganrog, Russia,
evm17@mail.ru

Abstract. The paper considers the issues of simulation modeling of the structure and behavior of the aquatic ecological system of the Ponto-Caspian region and carries out cognitive simulation of this complex system. Cognitive modeling consisted of developing a hierarchical cognitive map representing the structure of this ecosystem, studying the properties of this model, and conducting scenario modeling on it. Studies were conducted on the basis of theoretical, statistical and expert data on this complex system. Examples of a cognitive map, studies of its structural stability and one of the possible scenarios for the development of situations in the system are given.

Keywords: complex systems, aquatic ecosystems, analysis, imitation, cognitive modeling, development scenarios.

Введение

Водные экосистемы регионов должны рассматриваться как сложные системы. Это требует учета всех их особенностей и закономерностей, которым подчиняются явления и процессы в сложных системах, таких, как [1]: 1) закономерности взаимодействия частей и целого (целостность, интегративность); 2) закономерности иерархической упорядоченности систем (коммуникативность, иерархичность); 3) закономерности функционирования и развития систем (историчность, самоорганизация); 4) закономерности осуществимости систем (эквифинальность, закон необходимого разнообразия, потенциальная эффективность); 5) закономерности целеобразования. Для сложных систем характерны слабоструктурированные проблемы, функционирование и принятие решений в условиях неопределенности разного рода, часто в условиях вероятностной неопределенности, большого количества данных, неточности и нечеткости информации. Для расширения и уточнения знаний о сложной системе, ее структуре, для прогнозирования ее поведения и развития требуется использовать имитационное моделирование [7, 10, 16, 17].

В данной работе было использовано когнитивное имитационное моделирование [2 – 9, 13, 14] в исследовании водной экосистемы Понто-Каспийского региона, для которого характерны все вышеназванные закономерности и условия.

Природные комплексы Юга России изучаются уже длительное время представителями всех областей естественных наук. Однако сегодня требуется более детальный анализ полученных данных, определение вектора дальнейшей трансформации этих экосистем с учетом климатических и антропогенных факторов. Особенно остро стоит эта проблема для Понто-Каспийского региона и экосистемы Азовского моря, которое в большей степени, по сравнению с другими морями России, зависит от материкового стока и антропогенных факторов.

Любая система оценки состояния природной среды складывается из проведения экспедиционных исследований и анализа полученных данных, на основе которого принимаются решения о перспективах функционирования и практического использования экосистемы. Этих данных очень много, они имеют разную природу, качественную и количественную, слабоструктурированы. При разработке имитационной модели экосистемы, прогнозирования опасных процессов в ней необходимо учитывать большое количество слабоструктурированных данных, поступающих из различных источников, модель должна обладать устойчивостью к недетерминированным изменениям структуры системы, с ее помощью необходимо получать ответы на вопрос, какие процессы могут возникнуть в системе, если будут происходить изменения в ее внутренней и внешней среде. Когнитивная имитационная модель сложной системы может удовлетворять этим требованиям при условии квалифицированной работы ее создателей – экспертов, исследователей, специалистов в предметной области, инженеров-когнитологов. Но в любом исследовании, как известно, всегда присутствует риск человеческого фактора [18].

Разработка когнитивной модели

Разработка когнитивной модели сложной водной экосистемы Понто-Каспийского региона с учетом ее иерархичности производилась на основании теоретических данных об экосистемах, экспертных опросов, анализа статистических данных.

Исследование проводилось в три этапа. Первоначально была разработана когнитивная карта верхнего уровня I_{G1} (рис. 1), затем на ее основе были разработаны и исследованы когнитивные карты нижнего уровня, на рисунке 2 изображена двухуровневая когнитивная карта I_{G12}.

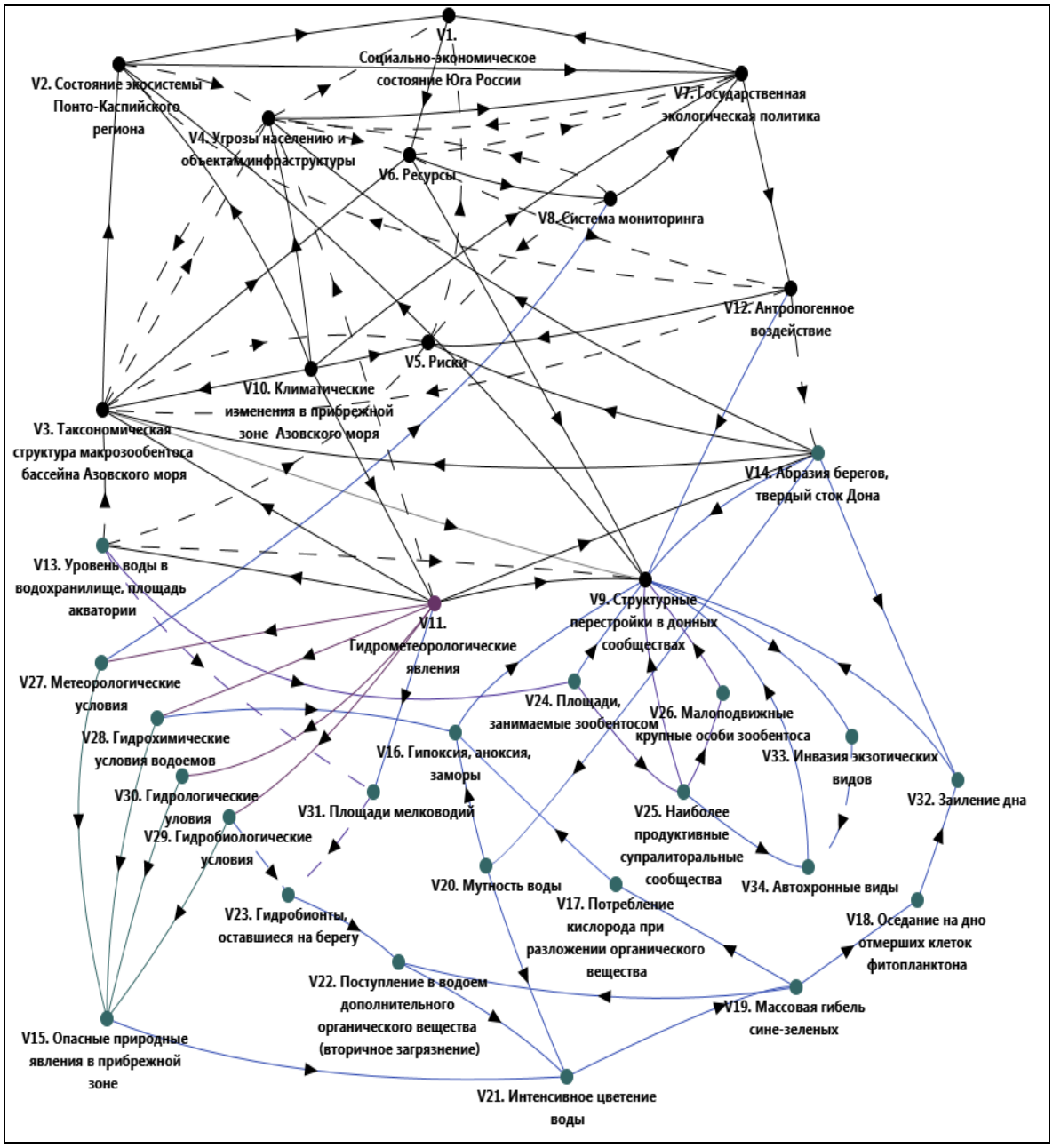


Рис.1. Иерархическая когнитивная модель I_{G12}: верхний (V1-V14) и средний (V15-V34) уровни

Как известно, когнитивные карты отражают причинно-следственные отношениями между концептами (вершинами) сложной системы и математически представляют собой знаковый ориентированный граф [2 – 9]. При разработке когнитивных карт первоначально необходимо определить базовые вершины; в данном случае вершинами являются концепты водной экосистемы (например, такие как метеорологические, гидробиологические, гидрохимические и др. условия), а также климатические и антропогенные воздействия, воздействие, угрозы населению и др. (см. рис. 1). После определения вершин

устанавливаются факты причинно-следственных отношений между ними (дуги когнитивной карты). Когнитивная карта имитирует структуру реальной сложной системы.

Когнитивные карты были разработаны с помощью программной системы когнитивного моделирования сложных систем CMLS (Cognitve Modelling Large System) [14]. На когнитивных картах сплошными линиями отображен знак влияния «+» между вершинами, имеющий смысл «увеличение/уменьшение сигнала в *Vi* приводит к увеличению/уменьшению сигнала в *Vj*; штрихпунктирными линиями отображен знак влияния «-» между вершинами, имеющий смысл «увеличение/уменьшение сигнала в *Vi* приводит к уменьшению/увеличению сигнала в *Vj*.

После разработки когнитивной карты на втором этапе когнитивного моделирования был произведен анализ свойств модели, таких, как ее устойчивость к возмущениям, структурная устойчивость, анализ путей и циклов, анализ связности и др. На рисунке 2 представлены результаты анализа циклов когнитивной карты I_{G12} и выделен один из положительных циклов.

Анализ циклов когнитивной модели I_{G12} двух уровней показал, что в этой системе содержится 363 цикла, среди них – 254 циклов положительной (усиливающей) и 109 циклов отрицательной (стабилизирующей) обратной связи. Заметим, положительные циклы имеют четное число отрицательных дуг или не имеют их совсем, отрицательные циклы содержат нечетное число отрицательных дуг. Система считается структурно устойчивой. если в ней наблюдается нечетное число отрицательных циклов. По этому критерию анализируемая система является структурно устойчивой.

Анализ других свойств модели I_{G12} показал не противоречие ее теоретическим и практическим знаниям о водных экосистемах. Поэтому далее был проведен следующий, третий, этап имитационного моделирования – моделирование импульсных процессов, которые могут развиваться в системе под воздействием изменений внутренних и внешних факторов и воздействием управленческих решений. С помощью программной системы CMLS возможно внесение возмущений разной величины (нормированной) в любую из вершин, а также в их комбинацию. При внесении возмущений в вершины, ищется ответ на вопрос: «А что будет, если …?» В процессе импульсного моделирования возможно вносить возмущающие воздействия на любом такте моделирования. Это дает возможность изменять (корректировать) сценарии в модельной динамике, определять воздействия, приближающие процессы к желаемым.

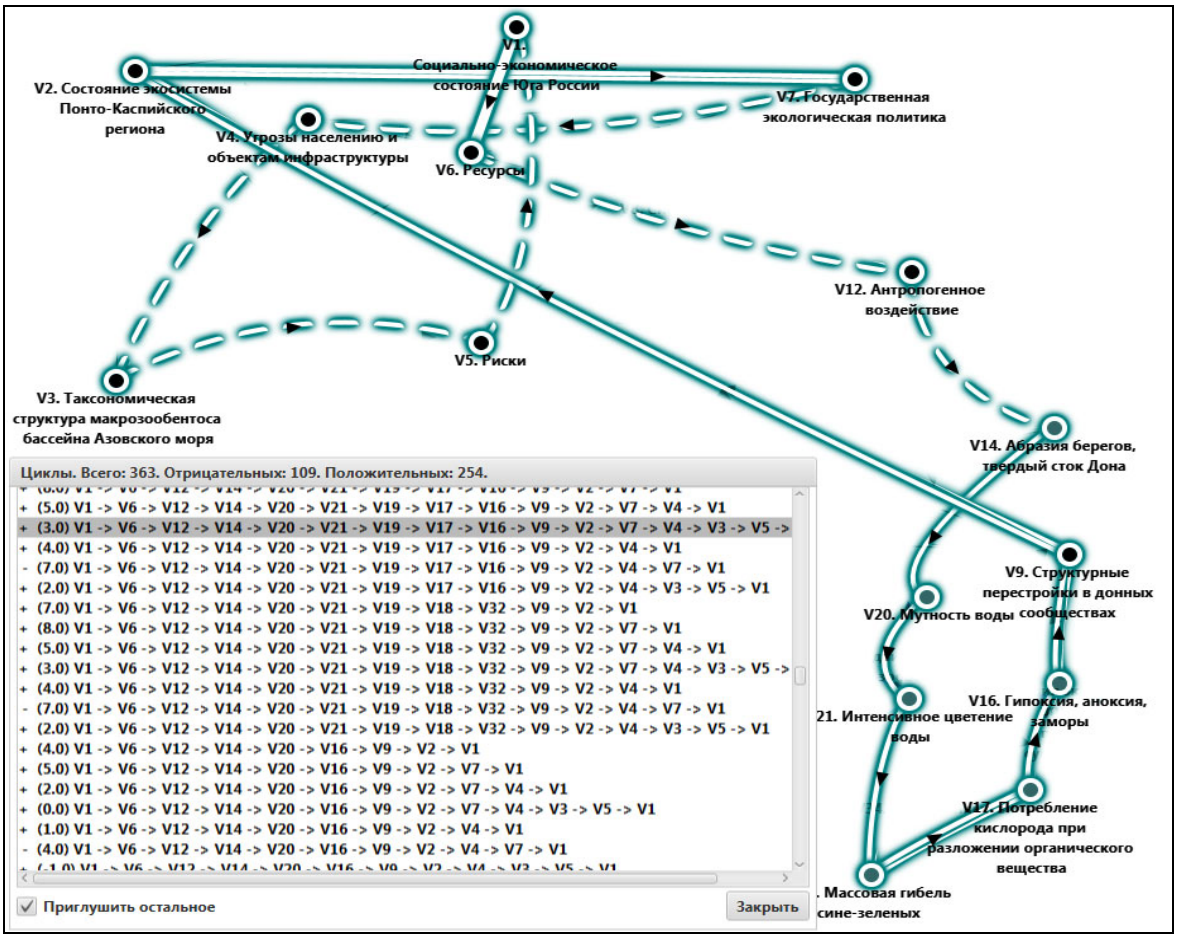


Рис. 2. Анализ циклов когнитивной модели I_{G12} двух уровней с выделением одного из положительных циклов модели

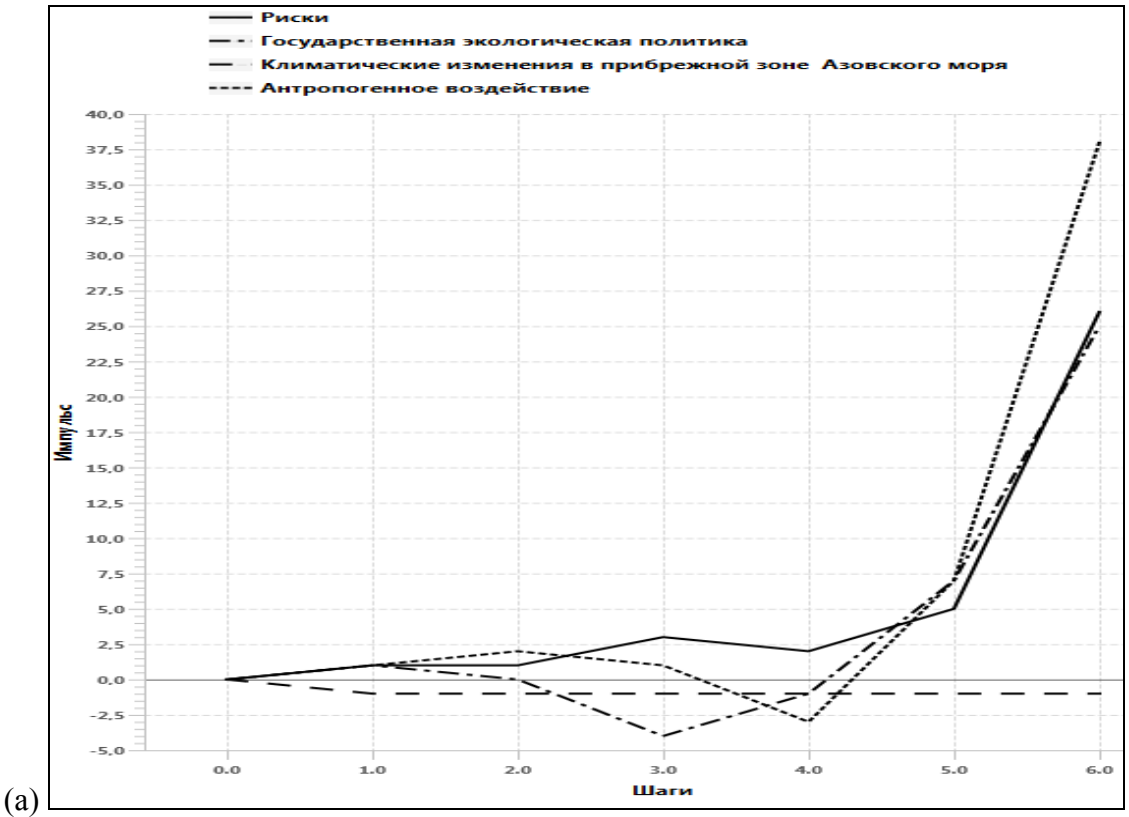
Рассмотрим один из возможных сценариев развития ситуаций на модели. Предположим, что ухудшаются климатические условия в Понто-Каспийском регионе, растут риски и антропогенная нагрузка, всему этому пытается противостоять государство, но особых изменений в его экологической политике еще не произошло; при импульсном моделировании возмущения вносятся в вершины $V5$, $V7$, $V10$ и $V12$.

Результаты вычислительного эксперимента приведены в таблице 1 и на рисунке 3. Количество шагов импульсного моделирования увеличивается до тех пор, пока явно не проявятся тенденции развития процессов в системе. В данном случае было выбрано 8 шагов моделирования. На рисунках 3 (а), (в), (с) изображены импульсные процессы в разных вершинах, графики построены по данным таблицы 1 с помощью CMLS.

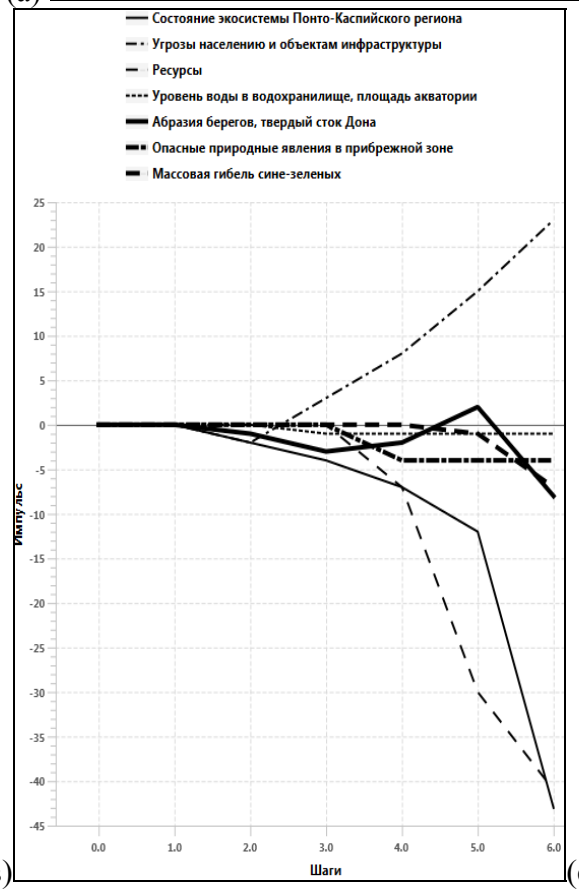
Таблица 1

Результаты импульсного моделирования на когнитивной карте I_{G12} (фрагмент)

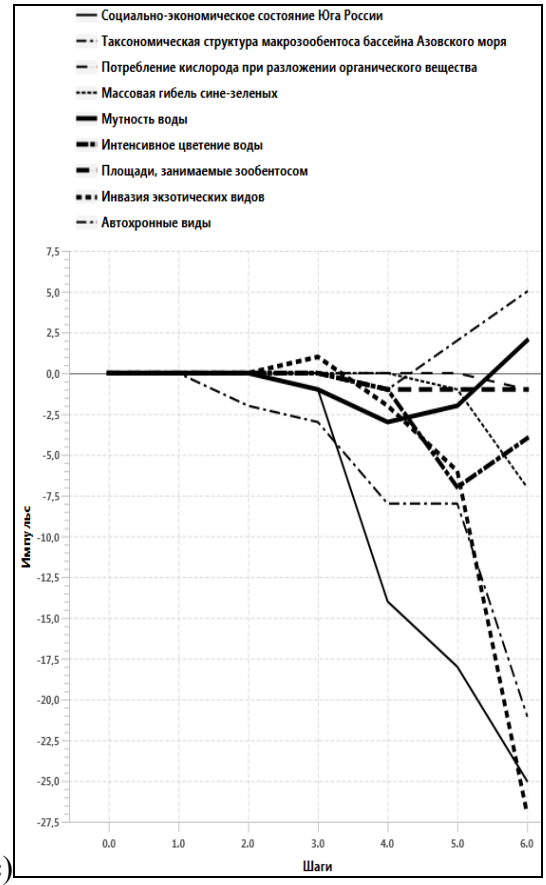
Шаг Вершина	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
V1. Социально-экономическое состояние Юга России	0.0	0.0	0.0	-1.0	-14.0	-18.0	-25.0	-67.0	-250.0
V2. Состояние экосистемы Понто-Каспийского региона	0.0	0.0	-2.0	-4.0	-7.0	-12.0	-43.0	-95.0	-169.0
V3. Таксономическая структура макрозообентоса бассейна Азовского моря	0.0	0.0	-2.0	-3.0	-8.0	-8.0	-21.0	-70.0	-169.0
V4. Угрозы населению и объектам инфраструктуры	0.0	0.0	-2.0	3.0	8.0	15.0	23.0	62.0	178.0
V5. Риски	0.0	1.0	1.0	3.0	2.0	5.0	26.0	83.0	141.0
V6. Ресурсы	0.0	0.0	0.0	0.0	-7.0	-30.0	-41.0	-69.0	-199.0
V7. Государственная экологическая политика	0.0	1.0	0.0	-4.0	-1.0	7.0	25.0	-10.0	-6.0
V8. Система мониторинга	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	-8.0	-31.0	-42.0	-70.0
V9. Структурные перестройки в донных сообществах	0.0	0.0	1.0	-2.0	-6.0	-27.0	-35.0	-31.0	-97.0
V10. Климатические изменения в прибрежной зоне Азовского моря	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
V11. Гидрометеорологические явления	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
V12. Антропогенное воздействие	0.0	1.0	2.0	1.0	-3.0	7.0	38.0	67.0	60.0
V13. Уровень воды в водохранилище, площадь акватории	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
V14. Абразия берегов, твердый сток Дона	0.0	0.0	-1.0	-3.0	-2.0	2.0	-8.0	-39.0	-68.0
V15. Опасные природные явления в прибрежной зоне	0.0	0.0	0.0	0.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0
V16. Гипоксия, аноксия, заморы	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.0	-4.0	-3.0	0.0	-16.0
V17. Потребление кислорода при разложении органического вещества	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	-7.0	-4.0
V18. Оседание на дно отмерших клеток фитопланктона	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	-7.0	-4.0
V19. Массовая гибель сине-зеленых	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	-7.0	-4.0	-2.0
V20. Мутность воды	0.0	0.0	0.0	-1.0	-3.0	-2.0	2.0	-8.0	-39.0
V21. Интенсивное цветение воды	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	-7.0	-4.0	-2.0	-18.0
V22. Поступление в водоем дополнительного органического вещества (вторичное загрязнение)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	-6.0	-3.0
V23. Гидробионты, оставшиеся на берегу	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0
V24. Площади, занимаемые зообентосом	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
V25. Наиболее продуктивные супралиторальные сообщества	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
V26. Малоподвижные крупные особи зообентоса	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0
V27. Метеорологические условия	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
V28. Гидрохимические условия водоемов	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
V29. Гидробиологические условия	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
V30. Гидрологические уловия	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
V31. Площади мелководий	0.0	0.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
V32. Заиление дна	0.0	0.0	0.0	-1.0	-3.0	-2.0	2.0	-9.0	-46.0
V33. Инвазия экзотических видов	0.0	0.0	0.0	1.0	-2.0	-6.0	-27.0	-35.0	-31.0
V34. Автохронные виды	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	2.0	5.0	26.0	34.0



(а)



(в)



(с)

Рис. 3. Графики импульсных процессов при внесении возмущений в вершины $V5$, $V7$, $V10$ и $V12$

Как видно по результатам моделирования, если в Понто-Каспийском регионе будут происходить негативные климатические изменения и возрастать антропогенная нагрузка, то потребуется усиление государственной экологической политики, существующих усилий может оказаться недостаточно. По такому сценарию может ухудшаться состояние водной экосистемы и социально-экономическое состояние Юга России.

Заключение

Таким образом, применение инструментария когнитивного моделирования сложной системы к исследованию Понто-Каспийского региона дает возможность отображать структуру и поведение водной экосистемы этого региона, предвидеть возможные тенденции развития ситуаций в ней с разным уровнем детализации. В данной работе были рассмотрены лишь верхние уровни иерархической когнитивной модели и в дальнейших исследованиях требуется детализация и переход от качественной к количественной когнитивной модели.

Благодарности

Исследование поддержано грантом РФФИ № 18-29-22093.

Список литературы

1. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем. М.: Высш. шк., 2006. 511 с.

2. Gorelova G.V., Pankratova N.D. Scientific Foresight and Cognitive Modeling of Socio-Economic Systems // Proc. of the 18th IFAC Conference on Technology, Culture and International Stability, TECIS-2018, IFAC Papers OnLine. ELSEVIER, 2018. 51–30. P. 145–149.

3. Горелова Г.В., Захарова Е.Н., Радченко С.Н. Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход. Ростов н/Дону: Изд-во РГУ, 2006. 322 с.

4. Горелова Г.В. О когнитивном моделировании сложных систем, инструментарий исследования //«Известия ТТИ ЮФУ». 2012. Вып.6. / В тр. I Всерос. научн. конф. «Современные проблемы математического моделирования, супервычислений и информационных технологий (СПМиИТ2012). Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2012. С. 236–240.

5. Ginis L.A. Gorelova G.V., Kolodenkova A.E. Cognitive and simulation modeling of development of regional economy system // International Journal of Economics and Financial Issues. 2016. Vol 6, No 5S, pp. 97–103. www.sciencedirect.com

6. Gorelova G.V. Cognitive modeling as the instrument in course of knowledge of large system // International Journal “Information Theories and Applications”. Bulgaria, 2011. Vol. 18. N 2. P. 172–182.

7. Горелова Г.В., Масленникова А.В.Имитационное моделирование на основе когнитивной методологии и системной динамики, анализ системы «Юг России» // Научно-практ. конф. «Системный анализ в экономике»: материалы. М.: ЦЭМИ РАН, 2012. С. 33–45.

8. Горелова Г.В., Мельник Э.В. Когнитивные модули интеллектуальной поддержки решений в информационных управляющих системах // Научно-практ. конф. «Системный анализ в экономике»: сб. материалов. М.: ЦЭМИ РАН, 2010. С. 45–49.

9. Инновационное развитие социо-экономических систем на основе методологий предвидения и когнитивного моделирования. Коллективная монография / Под ред. Г.В. Гореловой, Н.Д. Панкратовой. Киев: Изд-во «Наукова Думка», 2015. 464 с.

10. Каталевский Д.Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении: Учеб. пособие. М: Изд-во МГУ, 2011. 304 с.

11. Li Li, Cheng Feng, Sun Wei-Ning, Xu Yao-Qiang W.X.-Z. Study on evaluation system of meteorological hazards for power grid based on Cloud GIS // Int. Conf. Power Syst. 120 Technol. 2014. P. 1848–1852.

12. Мельник Э.В., Орда-Жигулина М.В., Родина А.А, Орда-Жигулина Д.В. Об организации сбора и обработки данных в системе прогнозирования опасных явлений для прибрежной зоны с применением технологий цифровой экономики // Известия ЮФУ. Технические науки. 2018. Т. 8. С. 94–103.

13. Pankratova N. D., Gorelova G.V., Pankratov V.A. Strategy for the Study of Interregional Economic and Social Exchange Based on Foresight and Cognitive Modeling Methodologies // Workshop Proc.of the 8th International Conference on "Mathematics. Information Technologies. Education", MoMLeT&DS-2019, Shatsk, Ukraine, June 2-4, 2019. P. 136–142.

14. Программа для когнитивного моделирования и анализа социально-экономических систем регионального уровня. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ N 2018661506 от 07.09.2018.

15. Vraneš S., Stanojevic M., Janev V., Mijovic V., Tomasevic N., Kraus L., Ilic Z. Application of complex event processing paradigm in situation awareness and management // Proc. of the 22nd InternationalWorkshop on Database and Expert Systems Applications (DEXA 2011), Toulouse, France. IEEE, 2011. P. 289–293.

16. Таха Х.А. Глава 18. Имитационное моделирование // В кн. Введение в исследование операций [Operations Research: An Introduction] / Х.А. Таха. 7-е изд. М.: «Вильямс», 2007. С. 697–737.

17. Строгалев В.П, Толкачева И.О. Имитационное моделирование. М: МГТУ им. Баумана 2008. 296 с.

18. Человеческий фактор в управлении / Под ред. Н.А.Абрамовой, К.С. Гинсерга, Д.А. Новикова. М.: КомКнига, 2006. 496 с.

УДК 004.81
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-193

Мельник Эдуард Всеволодович[1],
д-р техн. наук, заведующий лабораторией;
Орда-Жигулина Марина Владимировна[2],
канд. техн. наук, доцент, стар. науч. сотр.;
Орда-Жигулина Дина Владимировна [3],
канд. техн. наук, науч. сотр.

ПРИМЕНЕНИЕ КОГНИТИВНОГО АНАЛИЗА К МОНИТОРИНГУ И ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ГИДРОЭКОСИСТЕМАХ

[1, 2, 3] «Федеральный исследовательский центр
Южный научный центр РАН», Ростов-на-Дону, Россия,
[1] evm17@mail.ru, [2] jigulina@mail.ru

Аннотация. Авторами статьи была разработана модель когнитивного моделирования на основе анализа параметров, характеризующих состояние гидроэкосистемы Азовского моря. Данная модель может быть применена при разработке систем мониторинга и прогнозирования опасных природных процессов в

части автоматизированной помощи принятия решений. В разработанной модели с помощью аппарата когнитивного анализа реализована интеграция различных видов мониторинга между собой, выявлены неочевидные связи между ними, сформирована база знаний данных для экспертов. Когнитивные карты позволяют оценить совокупное влияние и значимость различных данных о состоянии гидроэкосистемы для того, чтобы подтвердить факт присутствия глубинных изменений в экосистеме и учесть эти изменения при имитационном моделировании опасных природных процессов.

Ключевые слова: когнитивное моделирование, опасные природные процессы, Азовское море, методы интеллектуального анализа данных.

Eduard V. Melnik,
Dr. Tech. Sciences, Head of Laboratory;
MarinaV. Orda-Zhigulina,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher;
DinaV.Orda-Zhigulina,
Candidate of Technical Sciences, Research Fellow

APPLICATION OF COGNITIVE ANALYSIS TO MONITORING AND FORECASTING DANGEROUS NATURAL PROCESSES IN HYDROECOSYSTEMS

[1, 2, 3] Federal State Budgetary Institution of Science "Federal Research Center Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences",
Rostov-on-Don, Russia,
[1] evm17@mail.ru, [2] jigulina@mail.ru

Abstract. The authors of the article developed a model of cognitive modeling based on the analysis of parameters characterizing the state of the hydroecosystem of the Sea of Azov. This model can be applied in the development of monitoring and forecasting systems for hazardous natural processes in terms of automated decision-making assistance. In the developed model, using the apparatus of cognitive analysis, integration of various types of monitoring among themselves is implemented, non-obvious connections between them are revealed, a database of knowledge for experts is formed. Cognitive maps make it possible to assess the combined effect and significance of various data on the state of the hydroecosystem in order to confirm the presence of deep-seated changes in the ecosystem and take these changes into account when simulating hazardous natural processes.

Keywords: cognitive modelling, dangerous natural phenomena, Asov Sea, data mining.

Введение

В условиях постоянно возрастающего антропогенного воздействия, увеличения масштабов и частоты опасных природных и техногенных процессов, опасности их последствий исследованию проблем безопасности придается особое значение. В связи с этим, приоритетными

научными направлениями являются идентификация и оценка природной и техногенной опасности, совершенствование систем мониторинга, прогнозирования и оценки риска возникновения чрезвычайных ситуаций, развитие теоретических и практических основ управления безопасностью, разработка комплекса мероприятий по обеспечению безопасности. Становятся актуальными мониторинговые исследования в бассейне Азовского моря, которые бы включали как классические, натурные наблюдения, так и новые технологии бесконтактного мониторинга.

В результате при мониторинге и прогнозировании опасных природных процессов возникает задача получения, накопления, хранения и сопоставления и обработки больших объемов децентрализованных данных, содержащих информацию о различных интегральных и функциональных параметрах гидроэкосистемы. Данная задача может быть решена с помощью применения современных информационных технологий, в частности, технологий интеллектуального анализа данных. Для чего требуется построение новых моделей для подсистем помощи принятия решений, в частности, на основе когнитивного моделирования сложных систем [1, 5 – 7, 9, 17], который позволяет выявлять неочевидные взаимосвязи между данными и уровень их взаимного влияния.

1. Оценка интегральных показателей состояния гидроэкосистемы в системах мониторинга и прогнозирования опасных процессов и обеспечения безопасности населения и береговой инфраструктуры

Авторами был разработан метод обработки и передачи информации в системах мониторинга и прогнозирования опасных процессов и обеспечения безопасности населения и береговой инфраструктуры для различных областей применения на основе ранее предложенного «комбинированного подхода» к мониторингу и прогнозированию опасных природных процессов береговой зоны [4, 8, 10, 11]. В данном методе учтена необходимость сбора и обработки большого объема данных от разных источников (которые содержат информацию о различных параметрах гидроэкосистемы) и исследована возможность применения этих данных при прогнозировании опасных природных явлений в Понто-Каспийском регионе. Установлено, что для прогнозирования развития ситуации в случае возникновения различных явлений и изменения характеристик объектов, а также с целью снижения

стоимости проведения экспедиций и натурных наблюдений целесообразно использовать когнитивный анализ для одновременного анализа данных гидрологического, метеорологического и биологического мониторинга (в части анализа состояния сообществ зообентоса под действием антропогенных и климатических факторов, в том числе экстремальных условий окружающей среды) и анализа социальной активности населения.

С информационной точки зрения суть данного метода заключается в интеграции неоднородных данных от различных устройств (датчиков, коммуникационных устройств, компьютеров, серверов) и систем в рамках единой системы за счет применения технологии распределенного реестра, туманных вычислений и Интернета вещей. При этом за счет применения технологий распределенного реестра достигается возможность реализации системы без административной иерархической подчиненности. Наличие синхронизированных локальных копий данных позволяет существенно уменьшить временные затраты на доступ к ним; реализация туманных вычислений позволяет эффективно распределить вычислительную и коммуникационную нагрузку между устройствами и каналами связи различных слоев (краевого – датчики; туманного – коммуникационные устройства, ноутбуки, контроллеры, гаджеты; облачного – серверы); применение технологий Интернета вещей позволяет реализовать непосредственное взаимодействие между отдельными устройствами.

На основании разработанного авторами метода можно интегрировать между собой различные виды параметров гидроэкосистем юга России. Так, измеренные и обработанные данные, характеризующие различные параметры гидроэкосистемы в «спокойном» состоянии и во время воздействия на экосистему опасных природных процессов являются входными данными для автоматизированных систем помощи принятий решений.

При этом измерение различных типов показателей состояния гидроэкосистемы формирует различные типы разнородных данных, которые необходимо согласованно обрабатывать, передавать и сохранять при всех типах мониторинга, а также отслеживать антропогенную активность населения и экспертов и ее воздействие на состояние гидроэкосистемы юга России. В таком случае, при реализации интеллектуального автоматизированного анализа данных, в своих оценках эксперты должны опираться на основные интегральные

показатели, характеризующие состояние гидроэкосистемы, в том числе, на различные метеорологические, гидрометеорологические, гидрохимические и гидробиологические параметры.

Такая интеграция различных интегральных показателей между собой, выявление неочевидных связей между ними, формирование базы знаний для экспертов может быть реализована с помощью аппарата когнитивного анализа. Когнитивные карты при этом позволяют оценить совокупное влияние и значимость различных данных о состоянии гидроэкосистемы для того, чтобы подтвердить факт присутствия глубинных изменений в экосистеме и учесть эти изменения при имитационном моделировании опасных природных процессов.

Величина и скорость изменения данных параметров являются входной информацией для модели когнитивного моделирования подсистемы поддержки принятия решений в рамках имитационного моделирования опасных природных процессов Понто-Каспийского региона.

2. Когнитивная модель для анализа глубинных состояний гидроэкосистемы Азовского моря

Авторами была разработана модель когнитивного моделирования и метод и алгоритмы создания когнитивных карт для описания параметров гидросистем юга России, результаты работы модели были проверены с помощью программы CMLS [17]. Данные моделирования включали в себя анализ 33 различных параметров и установление взаимосвязей между ними. Разработка когнитивной модели гидросистемы Азовского моря как части Понто-Каспийского региона производилась на основании теоретических данных об экосистемах и теории когнитивного моделирования [2, 13, 14], опросов экспертов, анализа статистических данных. Была разработана и исследована когнитивная модель «Глубинные структурные изменения в гидроэкосистеме Понто-Каспийского региона».

В результате исследования закономерности экосистемных процессов Таганрогского залива, дельты Дона и Азовского моря были определены в наглядной форме в виде ориентированных графов с вершинами различного веса.

Были определены определены взаимные связи и взаимное влияние различных параметров гидроэкосистемы для организации мониторинга опасных явлений юга России на основе анализа различных гидрохимических и гидрометеорологических параметров на примере

системы «Нижний Дон-Таганрогский залив-Азовское море» как части Понто-Каспийского региона, что показано на рисунке 1.

На рисунке изображена когнитивная карта, показывающей связь между метеорологическими и различными гидрологическими параметрами (среднегодовая соленость, среднегодовая температура воды, объем стока) и гидробиологическими параметрами (видовой состав и биоразнообразие бентосасообществ, среднегодовая масса и численность бентоса), а также уровня социальной активности пользователей соцсетей и экспертов.

Взаимосвязи носят эмпирический характер и служат для проверки сценариев импульсного воздействия на одну или несколько вершин и их взаимного отклика.

Когнитивная карта построена для одновременной оценки таких параметров как объем стока, среднегодовая соленость, параметры, характеризующие климатические изменения (многоводные и маловодные годы), антропогенная активность, интегральные показатели бентоса и др. Вершины когнитивной карты имеют различный вес в зависимости от оцениваемого параметра, связи между вершинами (ребра графа) отражают взаимосвязи между различными параметрами гидроэкосистемы.

Были промоделированы импульсные процессы, которые характеризуют взаимное влияния параметров гидроэкосистемы для построенной когнитивной карты. Показаны зависимости изменения гидрометеорологических, гидрохимических и гидробиологических параметров в совокупности с изменением такого параметра, как действия экспертов и влияние изменения всех этих параметров на глубинные изменения гидроэкосистемы. Как следует из проведенного анализа, при значительном изменении качественных и количественных гидрологических, гидрохимических и метеорологических параметров гидроэкосистемы можно подтвердить факт наступления глубинных долгосрочных изменений в экосистеме Понто-Каспийского региона.

При одновременном увеличении одних параметров и снижении других параметров глубинные изменения в экосистеме происходят медленно или даже снижаются за счет взаимной компенсации параметров.

С информационно-программной точки зрения, отличительной особенностью разработанной модели когнитивного моделирования является реализация структуры хранения данных блокчейн.

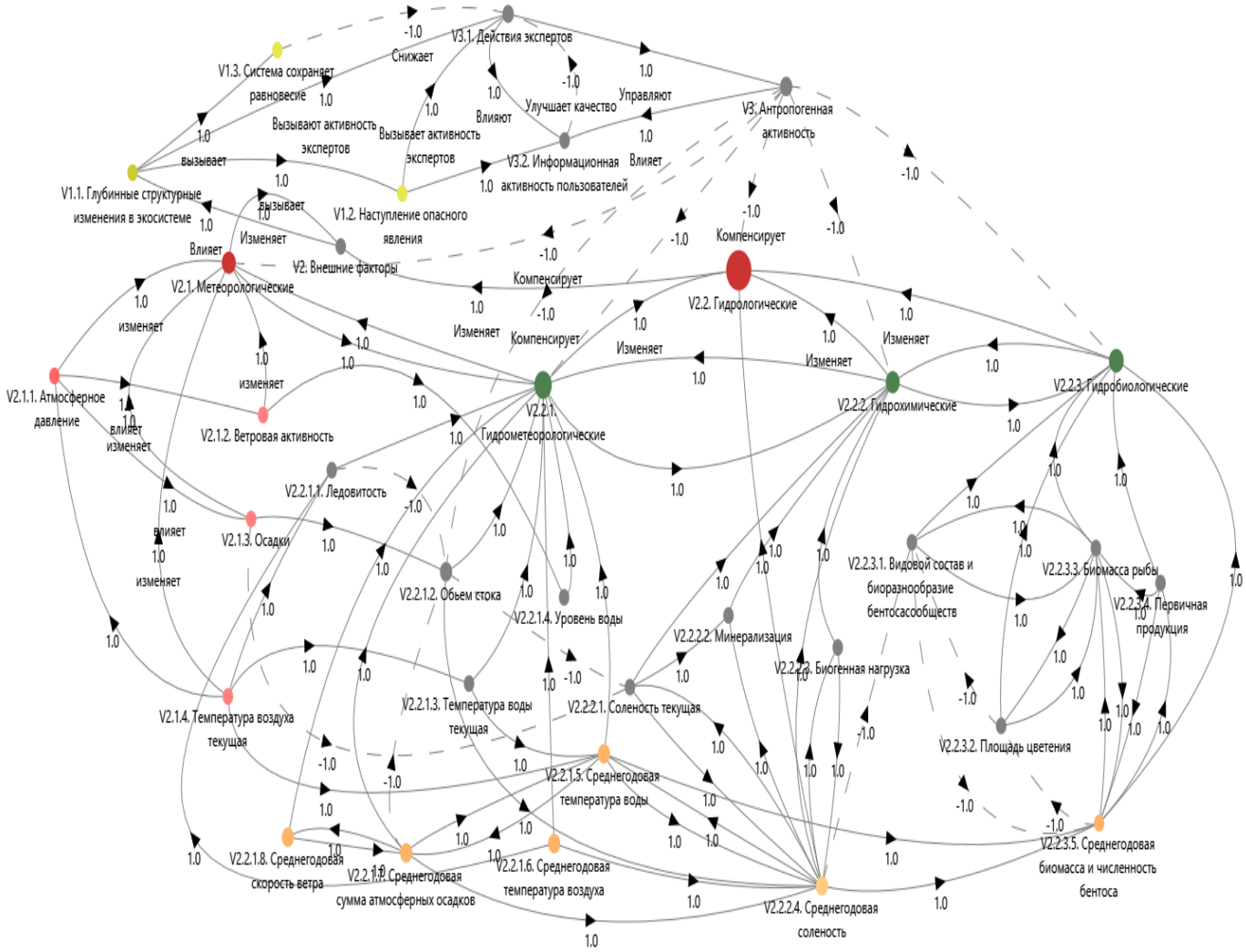


Рис. 1. Когнитивная модель, показывающая связь между различными параметрами гидроэкосистемы

Для сбора, обработки и хранения данных о различных параметрах гидроэкосистемы Азовского моря и об информационной активности пользователей социальных сетей в связи с опасными природными процессами применяются технологии «цифровой экономики»: большие данные, технологии беспроводной связи, системы распределенного реестра; промышленный интернет (интернет вещей), применение которых обеспечивает возможность интеграции разработанного модуля когнитивного моделирования в системы помощи принятия решений, его масштабируемость и устойчивость к недетерминированным изменениям структуры за счет применения технологии распределенного реестра, а также возможность обработки большого потока слабоструктурированных данных (например, ретроспективных данных о состоянии экосистемы Понто-Каспийского региона), поступающих из различных источников.

Проблема обработки таких больших объемов может быть решена с помощью реализации подсистемы помощи поддержки принятия решений как децентрализованной и с применением таких технологий как «туманные» и облачные вычисления [12, 15, 16].

Разработанная модель имеет наглядный графический интерфейс, для которого в явном виде представлены связи между различными параметрами гидроэкосистемы Понто-Каспийского региона как метеорологическими, так и гидрологическими (уровень стока, соленость, ледовитость, скорость ветра, температура воздуха, интегральные параметры бентоса и др.). Реализована возможность построения когнитивной карты и анализа циклов и импульсных процессов при изменении одного из параметров системы.

Выводы

Разработанная модель когнитивного моделирования может быть интегрирована в децентрализованные интеллектуальные системы мониторинга и прогнозирования опасных природных процессов в части автоматизированной помощи принятия решений.

С точки зрения предоставления информации, разработанный модуль когнитивного моделирования позволяет в наглядной форме в виде ориентированных графов с вершинами различного веса представлять закономерности экосистемных процессов Таганрогского залива, дельты Дона и Азовского моря и в строгой математической форме определять взаимные связи и взаимное влияние различных параметров гидроэкосистемы, которые изучаются традиционными методами мониторинга.

Показано, что построение когнитивных карт в качестве средства интеллектуального анализа данных позволяет адаптировать параметры о состоянии природной среды, определяемые с помощью традиционных видов мониторинга к подсистемам имитационного моделирования в части автоматизированных узлов поддержки принятия решений.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-05-80092.

Список литературы

1. Авдеева З.К., Коврига С.В., Макаренко Д. И.Когнитивное моделирование для решения задач управления слабоструктурированными системами (ситуациями) // Управление большими системами: сборник трудов. 2006. № 16. С. 26–39.

2. Анненкова Н.П. Пресноводные и солоноватоводные Polychaeta СССР // Определители организмов пресноводных вод СССР Пресноводная фауна. № 2. Л., 1930. С. 1–47.

3. Булышева Н.И. и др. Макрозообентос дельты Дона осенью 2014 г. // Окружающая среда и человек. Современные проблемы генетики, селекции и биотехнологии. 2016. С. 333–336.

4. Булгаков Н.Г. Индикация состояния природных экосистем и нормирование факторов окружающей среды: обзор существующих подходов // Успехи современной биологии. 2002. Вып. 122, № 2. С. 115–135.

5. Casti J. Connectivity, Complexity, and Catastrophe in Large-scale Systems. Chichester – New York – Brisbane – Toronto: JOHN WILEY and SONS; A Wiley – Interscience Publication International Institute for Applied Systems Analysis, 1979.

6. Горелова Г.В. Захарова Е.Н., Радченко С.А. Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход. Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2006. 332 с.

7. Gorelova G.V., Pankratova N.D. Scientific Foresight and Cognitive Modeling of Socio-Economic Systems // Proc. of the 18th IFAC Conference on Technology, Culture and International Stability (TECIS-2018), IFAC Papers OnLine. ELSEVIER, 2018. 51–30. P. 145–149.

8. Гудимов А.В., Комарова Е.П. Новый биомониторинг и решение экологических проблем // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения. 2019. С. 114–115.

9. Максимов В.И. Когнитивные технологии – от незнания к пониманию // Труды 1-й Международной конференции «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций» (CASC'2001) Том 1. М: ИПУ РАН, 2001. С. 4–18.

10. Мисейко Г.Н. Зооценозы в системе диагностического мониторинга экологического состояния разнотипных водных объектов юга Западной Сибири. Ульяновск: Ульян. гос. ун-т, 2004.

11. Матишов Г.Г., Григоренко К.С., Московец А.Ю. Механизмы осолонения Таганрогского залива в условиях экстремально низкого стока Дона // Наука Юга России. 2017. Вып. 13, № 1. С. 35–43.

12. Мельник Э.В. и др. Применение технологий цифровой экономики при разработке средств мониторинга и прогнозирования опасных процессов и обеспечения безопасности населения и береговой инфраструктуры // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибреж-

ную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов. 2019. С. 289–291.

13. Семин В.Л. и др. Влияние колебаний солености на структуру сообществ зообентоса таганрогского залива // Дельты рек России: закономерности формирования, биоресурсный потенциал, рациональное хозяйствование и прогнозы развития. 2018. С. 195–200.

14. Остроумов А.А., Совинский В.К. Введение в изучение фауны Понто-Каспийско-Аральского морского бассейна // Учен. зап. Казан. ун-та. Критика и библиогр. 1903. Вып. 5. № 6. С. 21–35.

15. Orda-Zhigulina M.V., Melnik E.V., Ivanov D.Ya., Rodina A.A. Combined method of monitoring and predicting of hazardous phenomena // Adv. Intell. Syst. Comput. 2019. Vol. 984. P. 55–61.

16. Orda-Zhigulina M.V., Melnik E.V., Ivanov D.Ya. Combined Method of Monitoring and Predicting of Hazardous Phenomena // Computer Science On-line Conference. 2019. P. 55–61.

17. Программа для когнитивного моделирования и анализа социально-экономических систем регионального уровня (Горелова Г.В., Калиниченко А.И., Кузьминов А.Н.). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018661506 от 07.09.2018.

УДК 004.891+303.732+005+519.81
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-194

Калиниченко Алексей Игоревич,
аспирант

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ В ФОРМАТ КОГНИТИВНОЙ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Южный федеральный университет, Таганрог, Россия,
alecsy.k@gmail.com

Аннотация. В статье представлены результаты разработки блока обмена данными с внешними источниками в формат когнитивной имитационной модели. В целях разработки интеллектуальной системы поддержки принятия решений (ИСППР) для сложных систем (социальных, экономических, экологических и др.)была поставлена задача расширить возможности программной системы когнитивного моделирования сложных систем CMLS путем добавления в нее блока, позволяющего вводить данные мониторинга параметров сложной системы непосредственно в когнитивную модель системы. CMLS создана в Южном федеральном университете, позволяет разрабатывать различные математические типы когнитивных моделей проводить анализ их свойств, моделировать сценарии развития событий.

Ключевые слова: социально-экономическая система, когнитивное моделирование, сценарный анализ, мониторинг, блок обмена данными.

Alexey I. Kalinichenko,
Graduate Student

TRANSFORMATION OF MONITORING DATA OF COMPLEX SYSTEM TO FORMAT OF COGNITIVE SIMULATION MODEL

Southern Federal University, Taganrog, Russia,
alecsy.k@gmail.com

Abstract. The article presents the results of the development of a data exchange unit with external sources in the format of a cognitive simulation model. In order to develop an intelligent decision support system (DSS) for complex systems (social, economic, environmental, etc.), the task was to expand the capabilities of the software system for cognitive modeling of complex CMLS systems by adding a block to it that allows you to enter monitoring data of the parameters of a complex system directly into a cognitive system model. CMLS was created at Southern Federal University. It allows you to develop various mathematical types of cognitive models to analyze their properties, simulate scenarios.

Keywords: socio-economic system, cognitive modeling, scenario analysis, monitoring, data exchange unit.

Сложность принятия решений во многих сферах человеческой деятельности привели к созданию интеллектуальных систем поддержки принятия решений (ИСППР), созданию различных информационных технологий, которые последние десятилетия достигли высокого уровня развития и формируют современный мир. Необходимость в создании ИСППР вызвана слабоструктурированностью управленческих проблем, с которыми не просто справляться естественному интеллекту лица, принимающего решения (ЛПР) [3, 12, 14, 17, 18]. Создание ИСППР требует проведения междисциплинарных исследований, включающих методы искусственного интеллекта, имитационного моделирования, ситуационного анализа, нейронных сетей, теории баз данных, интерактивных компьютерных систем и др. Строение ИСППР зависит от предметной области, задач их использования, доступных знаний, информации, данных. Как отмечено, например, в [3, с. 22]: «Во многих отечественных и зарубежных публикациях рассматриваются различные аспекты интеллектуальной деятельности человека, в частности, способность получать, использовать, анализировать и воспроизводить знания, целенаправленность деятельности, умение ставить задачи и находить пути их решения, возможность предвидеть исход события, обобщать накопленные знания, применять аналогичные методы решения подобных задач...» Названные аспекты человеческой деятельности составляют содержание активно развивающихся последние десятилетия когнитивных наук. При этом, принятие решений – это один из основных

когнитивных, интеллектуальных процессов поведения человека. К когнитивным функциям человека принято относить, как известно, восприятие, ассоциацию, интуицию, индукцию, дедукцию, творчество, способность прогнозировать, вычислять, сравнивать, принимать решения по выбору предпочтительного варианта или курса действий из ряда альтернатив.

В данной работе рассматривается применение когнитивного моделирования сложных систем, как одного из инструментов ИСППР, выполняющего соответствующие функции искусственного интеллекта. Методология когнитивного моделирования сложных систем разработана сотрудниками Южного федерального университета (г. Таганрог, Горелова Г.В. и др.) [5 – 9, 15] на базе работ Института Проблем Управления (г. Москва) [1, 2, 10, 13] и работ [4, 11, 16] и апробирована на исследованиях социально-экономических, экологических, геополитических систем. Программная система когнитивного моделирования сложных систем (CMLS – Cognitive Modeling Large System) [15] может быть использована как база знаний ИСППР для конкретной сложной системы.

Когнитивное моделирование сложных систем проводится поэтапно и в процессе моделирования решаются следующие задачи:

1) разработка модели исследуемой системы в виде когнитивной карты или более сложной когнитивной модели, например, параметрического векторного функционального графа [5];

2) анализ свойств модели (связности, сложности, устойчивости и др.) [5, 9];

3) сценарный анализ, предвидение возможных вариантов развития системы при различных изменениях внешней и внутренней среды и управляющих воздействиях [5, 9, 10].

В процессе принятия решений интерфейс аналитика позволяет исследователю подготавливать для ЛПР варианты решений на основе того, что рекомендует система когнитивного моделирования.

Разработка когнитивной модели с помощью CMLS происходит на основе теоретических и практических знаний о системе, экспертных и статистических данных. Дальнейшее ее использование в конкретных условиях, адаптация к этим условиям и последующая разработка возможных сценариев развития ситуаций в системе требуют обновления входных данных, использования данных мониторинга показателей сложной системы. Поэтому для имеющейся CMLS существует практически важная задача автоматизации ввода данных мониторинга показателей для конкретной сложной системы.

В данной работе иллюстрируется вариант решения этой задачи для сложной экосистемы природных явлений в прибрежных зонах. Рассмотрим работу программного модуля преобразования данных мониторинга природных явлений в прибрежных зонах в формат когнитивной имитационной модели экосистемы. В процессе исследований по гранту РФФИ № 18-05-80092 «Разработка научных основ создания средств систем мониторинга и прогнозирования опасных процессов и обеспечения безопасности населения и береговой инфраструктуры на базе технологий цифровой экономики» была разработана когнитивная карта (знаковый ориентированный граф) гидроэкосистемы Понто-Каспийского региона, фрагмент которой изображен на рисунке 1. Система мониторинга (в когнитивной карте это вершина V8) фиксирует гидрологические, гидрохимические, гидрологические условия исследуемых водоемов и метеорологические условия (атмосферное давление, ветровая активность, осадки, температура).

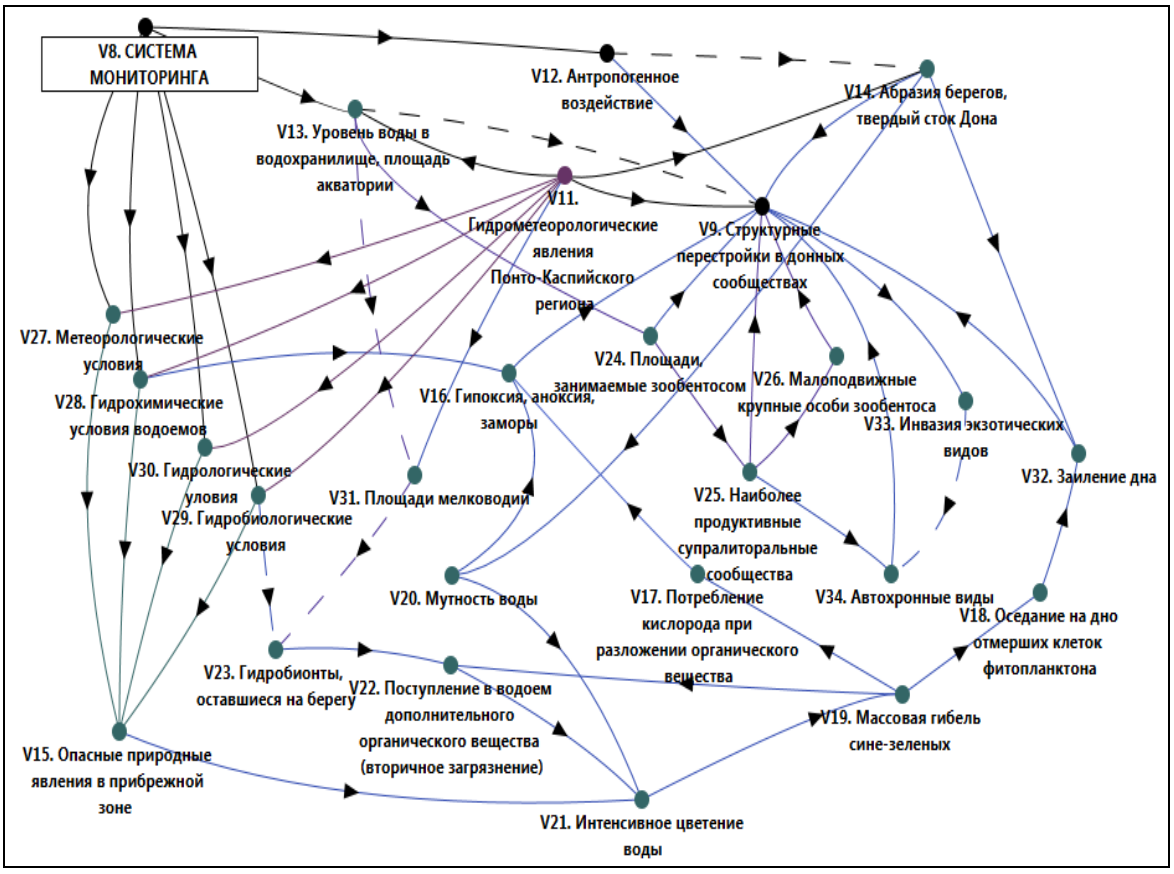


Рис. 1. Фрагмент когнитивной карты гидроэкосистемы Понто-Каспийского региона

Модуль обмена данными с внешними источниками выполнен в виде экспорта и импорта данных карты в/из текстового файла в формате CSV

определенной структуры в формат CMLS [15]. CSV (Comma-Separated Values – значения, разделённые запятыми или точка с запятой) – текстовый формат, предназначенный для представления табличных данных. Строка таблицы соответствует строке текста, которая содержит одно или несколько полей, разделенных запятыми. Для создания файла необходимо открыть/составить необходимую карту и в меню “Файл” нажать “Экспорт CSV”. При этом откроется окно, в котором нужно выбрать место для сохранения файла на диске. Для загрузки данных из внешнего источника необходимо в меню “Файл” нажать “Импорт CSV” и в появившемся окне выбора файла выбрать нужный файл с локального диска. В результате этого данные текущей карты обновятся, или, для новой карты (пустой) будет построена карта в соответствии с данными из файла. На рисунках 2 и 3 изображены виды файлов в текстовом редакторе и в редакторе таблиц.

```
Vertices data
ID,X,Y,Short,Full name,Val,Growth,Color
1584447328774,231.0,112.0,V1,"Вершина 1",0.0,0.0,0x808080ff
1584447329395,351.0,43.0,V2,"Вершина 2",0.0,0.0,0x808080ff
1584447331292,472.0,96.0,V3,"Вершина 3",0.0,0.0,0x808080ff
1584447332043,420.0,238.0,V4,"Вершина 4",0.0,0.0,0x808080ff
1584447334051,276.0,224.0,V5,"Вершина 5",0.0,0.0,0x808080ff
Edges data
In/Out,V1,V2,V3,V4,V5
V1,,1.0,,,
V2,,,1.0,,
V3,,,,1.0,
V4,,,,,1.0
V5,1.0,,,,
```

Рис. 2. Вид файла CSV в текстовом редакторе

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Vertices data							
2	ID	X	Y	Short	Full name	Val	Growth	Color
3	1584447328774	231	112	V1	Вершина 1	0	0	0x808080ff
4	1584447329395	351	43	V2	Вершина 2	0	0	0x808080ff
5	1584447331292	472	96	V3	Вершина 3	0	0	0x808080ff
6	1584447332043	420	238	V4	Вершина 4	0	0	0x808080ff
7	1584447334051	276	224	V5	Вершина 5	0	0	0x808080ff
8	Edges data							
9	In/Out	V1	V2	V3	V4	V5		
10	V1		1					
11	V2			1				
12	V3				1			
13	V4					1		
14	V5	1						

Рис. 3. Вид файла CSV в редакторе таблиц

Одним из источников данных для построения когнитивной имитационной модели гидроэкосистемы, как отмечено ранее, являются метеорологические данные. Эти данные собираются с использованием обширного набора сенсорных устройств соответствующими метеорологическими организациями. Среди отечественных организаций можно выделить такие как Интернет Гисметео, Яндекс.Погода, ООО «Расписание Погоды» (rp5.ru), freemeteo.ru, gridforecast.com, aisori.meteo.ru, hmn.ru, а среди зарубежных – OpenWeather, Weatherbit, AccuWeather, worldweatheronline. Доступ к данным эти сервисы предоставляют по сети интернет с помощью собственных программных интерфейсов (API – application programming interface). Либо через сайт напрямую, указав необходимые параметры выборки.

Таким образом, могут быть получены и обработаны данные мониторинга для каждой вершины когнитивной карты. Эта информация позволяет перейти к следующей форме когнитивной модели – параметрическому векторному орграфу и проводить не только качественный, но и количественный анализ модели. На основании этих новых знаний можно переходить к имитационному моделированию, разрабатывая на модели различные сценарии развития ситуаций и предлагая ЛПР варианты решения проблем гидроэкосистемы.

Благодарности

Проект РФФИ № 18-05-80092 «Разработка научных основ создания средств систем мониторинга и прогнозирования опасных процессов и обеспечения безопасности населения и береговой инфраструктуры на базе технологий цифровой экономики».

Список литературы

1. Абрамова Н.А. Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций: проблемы методологии, теории и практики / Н.А. Абрамова, З.К. Авдеева // Проблемы управления. 2008. № 3. С. 85–87.

2. Avdeeva Zinaida K., Kovriga Svetlana V. On Governance Decision Support in the Area of Political Stability Using Cognitive Maps // 18 th IFAC Conference on Technology, Culture and International Stability (TECIS2018) IFAC Papers OnLine 51–30. 2018. pp. 498–503.

3. Бояркина О.О., Шкаликова А.А. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 12 [Электронный ресурс]. URL: http://web.snauka.ru/issues/2016/12/75361 (дата обращения: 02.02.2020).

4. Casti, J. Connectivity, Complexity, and Catastrophe in Large-scale Systems. A Wiley – Interscience Publication International Institute for Applied Systems Analysis. Chichester – New York – Brisbane –Toronto: JOHN WILEY and SONS, 1979.

5. Горелова Г.В., Захарова Е.Н., Радченко С.А. Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход. Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2006. 332 с.

6. Горелова Г. В., Калиниченко А. И. Инструментарий когнитивного моделирования сложных систем // Системный анализ в проектировании и управлении. Том 1. СПб., 2018. С. 399–412.

7. Gorelova G.V., Pankratova N.D. Scientific Foresight and Cognitive Modeling of Socio-Economic Systems // Proc. of the 18th IFAC Conference on Technology, Culture and International Stability (TECIS-2018), IFAC Papers OnLine. ELSEVIER, 2018. 51–30. P. 145–149.

8. Gorelova G.V., Kolodenkova A.E. Cognitive and simulation modeling of socioeconomic systems // Advances in Computer Science Research (ACSR). Proceedings of IV International Research Conference “Information Technologies in Science, Management, Social Sphere and Medicine”. 2017. Vol. 72. P. 50–54.

9. Инновационное развитие социо-экономических систем на основе методологий предвидения и когнитивного моделирования. Коллективная монография / Под ред. Г.В.Гореловой, Н.Д. Панкратовой. Киев: Изд-во «Наукова Думка», 2015. 464 с.

10. Кульба В.В., Кононов Д.А., Ковалевский С.С., Косяченко С.А, Нижегородцев Р.М., Чернов И.В. Сценарный анализ динамики поведения социально-экономических систем (Научное издание). М.:ИПУ РАН, 2002. 122 с.

11. Langley P., Laird J.E., Rogers S. Cognitive architectures: Research issues and challenges // Cognitive Systems Research. 2009. Vol.10. No. 2. P. 141–160.

12. Ltifi H., Trabelsi G., Ben Ayed M., Alimi A. Dynamic decision support system based on Bayesian networks // International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence 2012. Vol. 1. No. 1. Paper 5. P. 22-29. DOI: 10.14569/IJARAI.2012.010105.

13. Максимов В.И. Когнитивные технологии – от незнания к пониманию. // Сб. трудов 1-й Межд. конф. «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций» (CASC’2001). 2001. Т.1. С. 4–18.

14. Merkert J., Mueller M., Hubl M. A survey of the application of machine learning in decision support systems // ECIS 2015. University of Hoffenhaim, 2015. DOI:10.18151/7217429.

15. Программа для когнитивного моделирования и анализа социально-экономических систем регионального уровня (Горелова Г.В., Калиниченко А.И., Кузьминов А.Н.). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018661506 от 07.09.2018.

16. Roberts F. Graph Theory and its Applications to Problems of Society. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics, 1978.

17. Sànchez-Marrè M., Gibert K. Intelligent decision support systems (Part II – Evolution of decision support systems / Intelligent decision support systems) [Presentation]. Barcelona, Spain: Universitat Politècnica de Catalunya, 2011–2012. URL: https://www.cs.upc.edu/~miquel/idss/02-IDSS-EvolutionDSS&IDSS-MAI-1213.pdf (access date: 12.04.2020).

18. Tariq A., Rafi Kh. Intelligent Decision Support Systems – A Framework // Information and Knowledge Management. 2012. Vol. 2. No. 6. P. 12–19.

УДК 338.266; 332.05
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-195

Горелова Галина Викторовна[1],
д-р техн. наук, профессор, научный руководитель;
Захарова Елена Николаевна[2],
д-р экон. наук, профессор, профессор

КОГНИТИВНЫЕ СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ РЫНКА ПОЧТОВЫХ УСЛУГ

[1] Южный федеральный университет,
Институт управления в экономических, экологических и социальных системах, Таганрог, Россия, gorelova-37@mail.ru
[2] Адыгейский государственный университет, Майкоп, Россия, zahar-e@yandex.ru

Аннотация. Цифровая революция, происходящая в современном мире, развитие интернет-технологий в разных сферах человеческой деятельности выдвигают новые требования к организации бизнес процессов, в том числе, к организации бизнес процессов российских почтовых служб. При этом планируется и осуществляется переход почтовых служб полностью на российское программное обеспечение. В данной работе предлагается использовать российскую программную систему когнитивного моделирования сложных систем для решения задач поддержки принятия решений в организации бизнес процессов почтовых служб. Приводится пример когнитивного имитационного моделирования рынка почтовых услуг с присутствием на рынке компании ФГУП «Почта России». Рассматриваются различные сценарии развития рынка при изменениях внешней и внутренней среды.

Ключевые слова: когнитивное моделирование, сложные системы, сценарии развития, рынок почтовых услуг, анализ.

Galina V. Gorelova[1],
Doctor of Technical Sciences, Professor, Supervisor;
Elena N. Zakharova[2],
Doctor of Economics, Professor

COGNITIVE SCENARIOS DEVELOPMENT OF THE POSTAL SERVICES MARKET

[1] Southern Federal University,
Institute of Management in Economic, Environmental and Social and Systems, Taganrog, Russia, gorelova-37@mail.ru
[2] Adygea State University, Maykop, Russia, zahar-e@yandex.ru

Abstract. The digital revolution taking place in the modern world, the development of Internet technologies in various fields of human activity put forward new requirements for the organization of business processes, including the organization of business processes of

Russian postal services. At the same time, it is planned and carried out the transition of postal services completely to Russian software. In this paper, it is proposed to use the Russian software system for cognitive modeling of complex systems to solve decision support tasks in organizing business processes of postal services. An example of cognitive simulation of the postal services market with the presence on the market of the FSUE Russian Post company is given. Various scenarios of market development with changes in the external and internal environment are considered.

Keywords: cognitive modeling, complex systems, development scenarios, postal services market, analysis.

Введение

В настоящее время рынок почтовых услуг во всем мире претерпевает существенные преобразования. Быстрые технологические изменения, внедрение интернет – технологий активно влияют на распространение новых цифровых продуктов и услуг. Предоставление клиентам более удобных форм обслуживания, значительное снижение их продолжительности и издержек, дают возможность организациям почтовой связи завоевывать новых клиентов, устоять и выигрывать в конкурентной борьбе на рынке. Количество и состав игроков на рынке почтовых услуг изменяется. Последнее время в России серьезным участником рынка почтовых услуг стала, как известно, «Почта России»; она является несомненным лидером на отечественном рынке торговли через Интернет. В 2017 году в рамках «Почты России» было создано новое структурное подразделение под наименованием «Почтовые технологии», в функции которого входит разработка IT-решений в контексте достижения целей корпоративного развития.

Постепенное вытеснение традиционных почтовых услуг их электронными формами формирует другой, нежели ранее, рынок почтовых услуг, который отражает потребность людей к общению в рамках цифрового формата. Развитие рынка почтовых услуг влияет на качество жизни населения, связано с показателем уровня жизни людей. В условиях цифровой экономики почтовые службы сталкиваются с проблемой модернизации своих бизнес-моделей, с необходимостью предвидеть возможные изменения рынка почтовых услуг и, в соответствии с этим, разрабатывать эффективные стратегии своего развития, которые могут способствовать повышению качества жизни населения. Все это должно учитываться в исследованиях этого рынка и в разработках программ развития почтовых организаций.

Если проанализировать работы, посвященные информационным технологиям, используемым в деятельности организации почтовой связи [6 – 8, 10], то видим, что при применении информационных технологий не ставится задача научного предвидения возможного развития рынка и не применяются для этого имитационное моделирование при

проектировании стратегий развития почтовых организаций. Тем не менее, такая возможность существует. Например, одним из перспективных направлений цифровизации, осваиваемых «Почтой России», являются операции с «большими данными», крупнейшим в стране держателем которых является эта компания. В рамках обеспечения эффективного управления этими данными в 2017 году «Почта России» внедрила систему управления взаимоотношения с клиентами (CRM), объединяющую в единое информационное пространство взаимодействие с юридическими лицами во всех регионах РФ [8].

В данной работе предлагается использовать когнитивные технологии [1 – 5] для исследования рынка почтовых услуг, научного предвидения путей его развития и когнитивного анализа возможных сценариев развития рынка в условиях изменений внутренней и внешней его среды.

Когнитивное моделирование рынка почтовых услуг

Когнитивное моделирование сложных систем, в том числе, рынок почтовых услуг, должно происходить поэтапно. На первом этапе разрабатывается когнитивная модель сложной системы, на втором этапе анализируются свойства модели и соответствующие свойства системы, на третьем этапе производится разработка и анализ возможных сценариев развития системы [1, 3].

Математически, когнитивная карта – это знаковый ориентированный граф $G = <V,E>$ с множеством вершин $V = \{Vi\}$ и множеством дуг $E = \{e_{ij}\}$, $i, j = 1, 2, \ldots, n$ [1 – 4, 9].

В процессе исследования на первом этапе были разработаны две когнитивные модели. Первая из них – $G1$ «Рынок почтовых услуг» (рис. 1) отображает неравновесный рынок почтовых услуг (вершины $V3$ – Спрос на почтовые услуги, $V4$ – Предложение почтовых услуг, $V6$ – Стоимость почтовых услуг, $V9$ – Количество почтовых услуг; блок с этими вершинами выделен на рисунке жирными линиями) с основными влияющими на него факторами. Во второй модели $G2$ «Рынок почтовых услуг и Почта России» (рис. 2) отображен фактор конкуренции (вершина $V11$) и учтено появление на рынке Почты России (вершина $V10$) в условиях равновесного рынка труда.

На рисунках 1 и 2, полученных при работе в программной системе CMLS [9] сплошными линиями изображены положительные связи между вершинами (означает, что при увеличении/уменьшении сигнала в вершине Vi в вершине Vj происходит аналогичное изменение увеличение/уменьшение), пунктирными линиями изображены отрицательные связи (при увеличении/уменьшении сигнала в вершине Vi в вершине Vj происходит изменение уменьшение/увеличение сигнала).

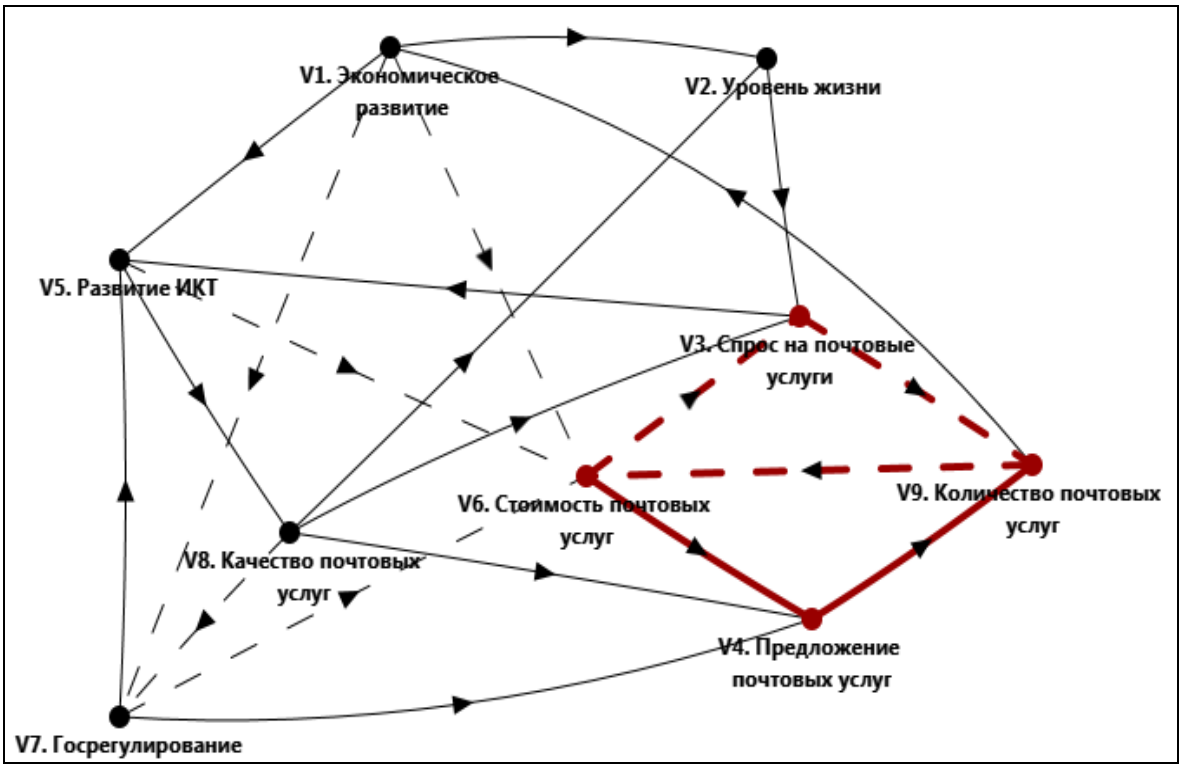


Рис. 1. Когнитивная карта *G*1 «Рынок почтовых услуг»

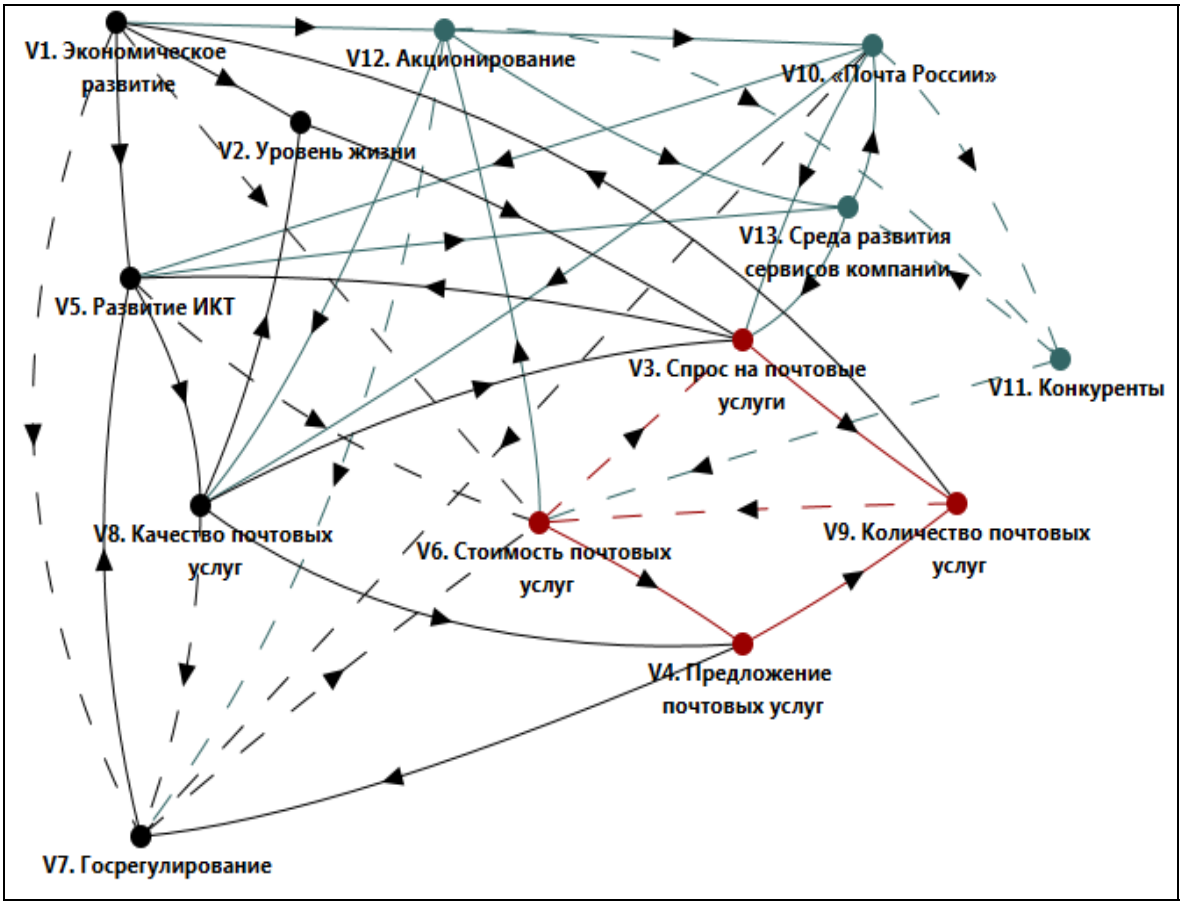


Рис. 2. Когнитивная карта *G*2 «Рынок почтовых услуг и Почта России»

На втором этапе исследования были проанализированы свойства когнитивных моделей (устойчивость, структурные свойства, пути и циклы модели).

На рисунке 3 изображены результаты определения циклов в когнитивной карте *G*2 и выделен в качестве иллюстрации один из циклов положительной обратной связи (в цикле имеется четное число отрицательных дуг); циклы положительной обратной связи являются акселераторами процессов в системе.

В модели существует 537 циклов, среди котрых 137 отрицательных и 400 положительных. Наличие в системе нечетного числа циклов отрицательной обратной связи (циклов стабилизаторов) свидетельствует о структурной устойчивости системы [1 – 3].

Анализ циклов когнитивной карты необходим не только для анализа структурной устойчивости системы, но и для того, чтобы анализируя последовательно переход от вершины к вершине в цикле, удостовериться в его не противоречии реальной системе; т. е. анализ циклов позволяет некоторым образом судить об адекватности модели. Проанализируем с этих позиций цикл, выделенный на рисунке 3.

Начнем интерпретацию цикла, например, с вершины *V*10. Имеем цикл из 12 вершин: *V*10 → *V*11 → *V*6 → *V*12 → *V*8 → *V*4 → *V*9 → *V*1→ *V*2 → *V*3 → *V*5 → *V*13 → *V*10. Усиление «Почты России» (*V*10) приводит к подавлению конкурентов (*V*11), что позволит несколько повысить стоимость почтовых услуг (*V*6), стоимость почтовых услуг положительно влияет в этом случае на акционирование (*V*12), рост акционирования положительно влияет на качество потовых услуг (*V*8), при этом растет предложение почтовых услуг (*V*4), что инициирует рост количества почтовых услуг (*V*9) на рынке, это способствует экономическому развитию (*V*1) и повышению уровня жизни (*V*2), высокий уровень жизни способствует росту спроса на почтовые услуги (*V*3), рост спроса инициирует развитие ИКТ (*V*5), что, в свою очередь приводит к улучшению среды развития сервисов компании (*V*13) и далее – к дальнейшему усилению «Почты России» (*V*10).

Если бы в системе был только один такой цикл акселератор и система обладала бы неиссякаемыми ресурсами, то процесс нарастания эффекта от «положительных» действий «Почты России» был бы «бесконечным». Но помимо того, что в любой сложной системе ресурсы ограничены, наличие в системе нечетного числа циклов отрицательной обратной связи делает систему структурно устойчивой.

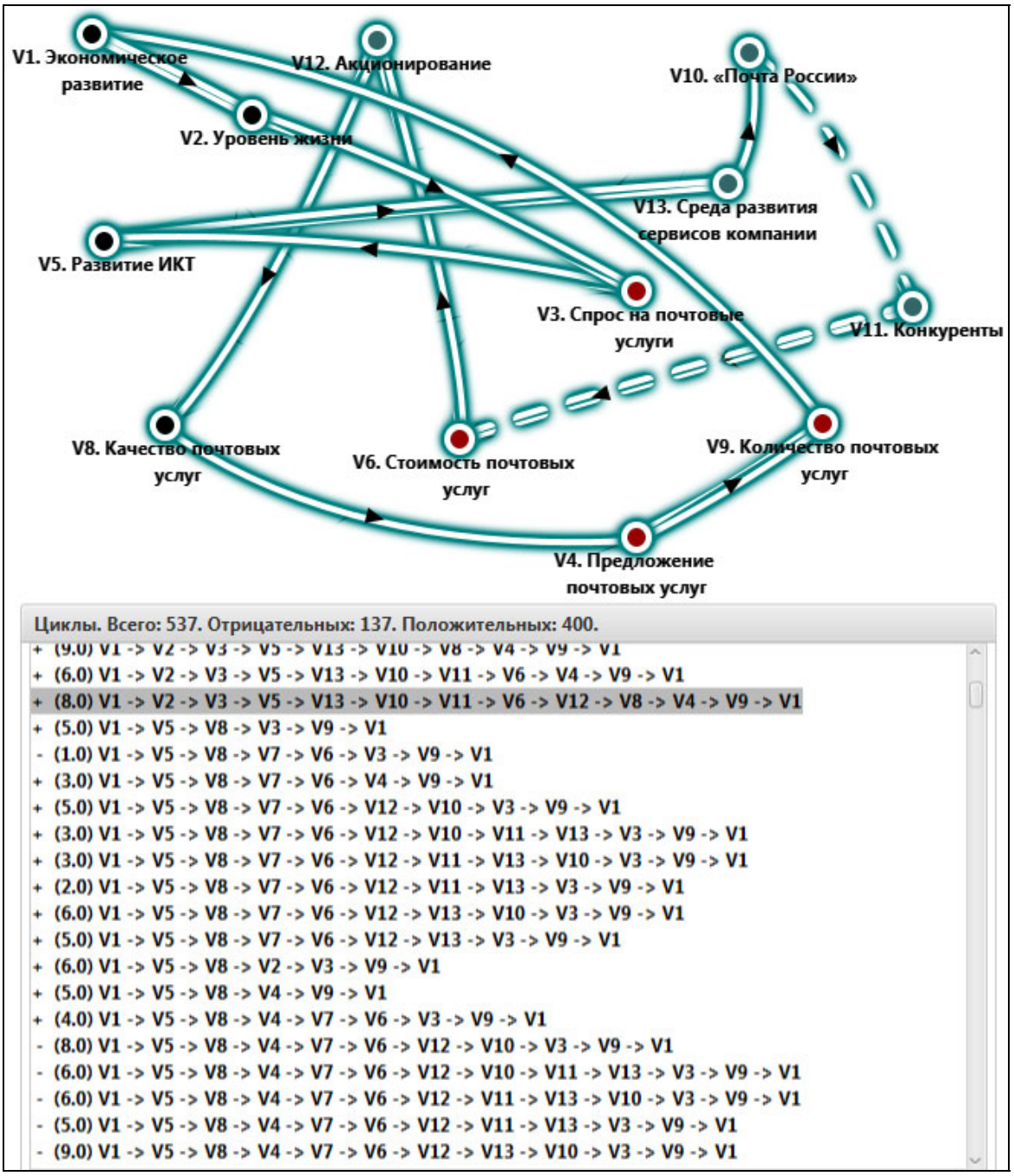


Рис. 3. Циклы когнитивной карты *G*2 «Рынок почтовых услуг и Почта России»

Помимо анализа циклов когнитивной модели программная система CMLS позволяет исследовать и другие характеристики графа, в том числе – пути из вершины в вершину. Их анализ полезен для решения задач выбора желаемой траектории развития системы из определенного количества возможных альтернатив.

На рисунке 4 изображен один из 153 возможных путей из вершины *V*10 «Почта России» в вершину *V*2 «Уровень жизни».

На третьем этапе когнитивного моделирования были разработаны и проанализированы различные сценарии развития систем *G*1 «Рынок почтовых услуг» и *G*2 «Рынок почтовых услуг и Почта России».

В качестве примера далее приведены результаты моделирования по одному из сценариев на каждой модели. Моделирование сценариев производилось с помощью внесения возмущающих импульсов в вершины когнитивной карты по формуле импульсных процессов.

***Сценарий* № 1**, модель *G*1. Предположим, что активизируется госрегулирование почтовых услуг, в вершину *V*7 «Госрегулирование» вносится единичный импульс, запускающий процесс распространения импульсов по всем вершинам когнитивной карты.

Результаты моделирования (табл. 1 и рис. 5) показывают, что будет, если такой сценарий может осуществиться.

По данным таблицы 1 изображены графики импульсных процессов во всех вершинах когнитивной карты *G*1. Поскольку наблюдаемые на 11 шагах моделирования тенденции развития ситуаций сохраняются, их изображение не приводится.

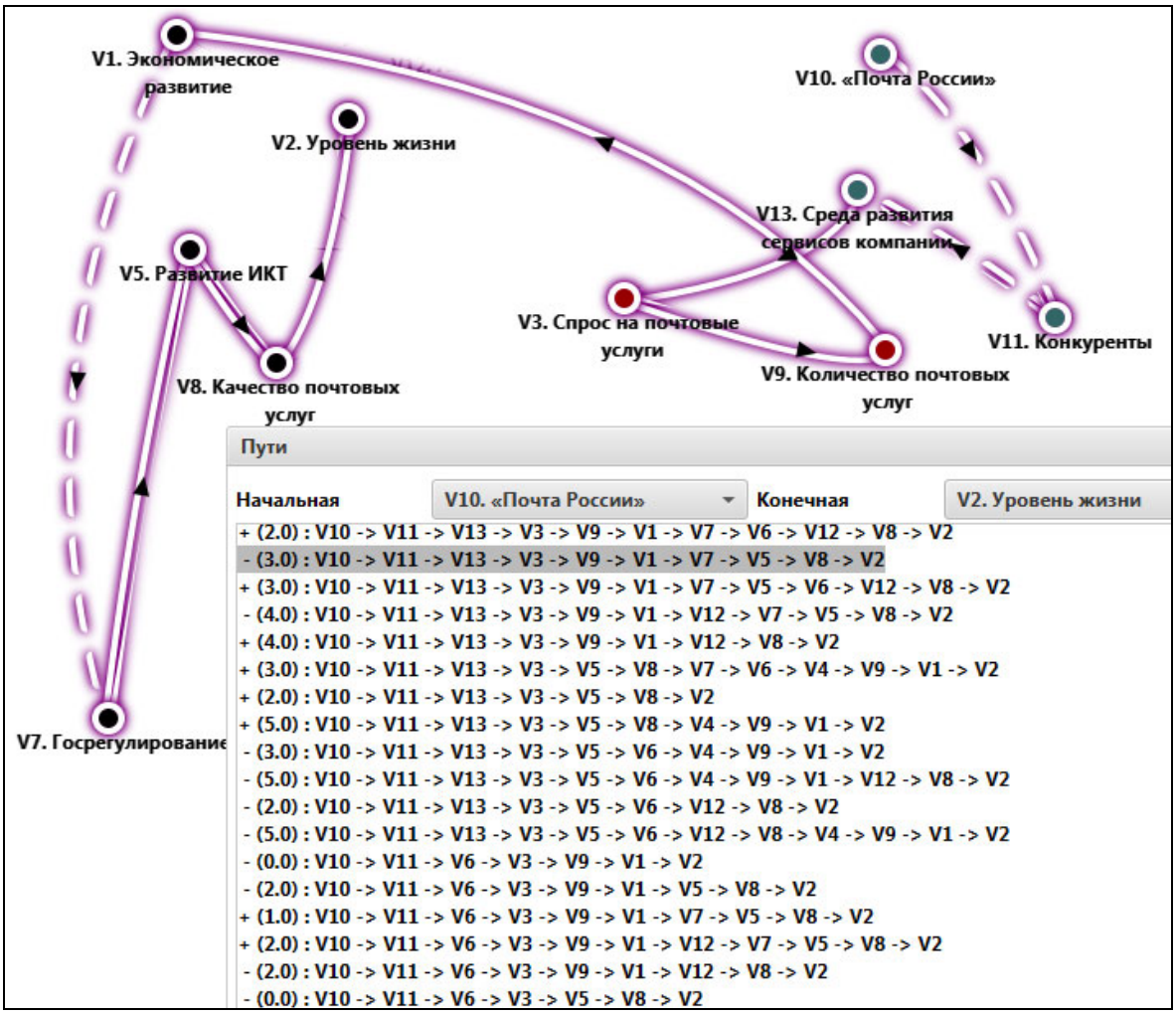


Рис. 4. Анализ путей из вершины *V*10 в вершину *V2* модели *G*2

Таблица 1

Результаты расчетов импульсных процессов на модели *G*1 , Сценарий№1

Шаг Вершина	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0
V1. Экономическое развитие	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.0	-4.0	-5.0	1.0	10.0	18.0	4.0
V2. Уровень жизни	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	-2.0	-4.0	-1.0	8.0	22.0
V3. Спрос на почтовые услуги	0.0	0.0	0.0	1.0	3.0	4.0	2.0	-3.0	-9.0	-6.0	18.0	55.0
V4. Предложение почтовых услуг	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	3.0	7.0	9.0	-2.0	-23.0	-39.0
V5. Развитие ИКТ	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	2.0	1.0	-2.0	-2.0	4.0	15.0	27.0
V6. Стоимость почтовых услуг	0.0	0.0	-1.0	-2.0	-2.0	1.0	5.0	8.0	0.0	-21.0	-43.0	-28.0
V7. Госрегулирование	0.0	1.0	1.0	1.0	-1.0	-1.0	0.0	6.0	12.0	11.0	-9.0	-44.0
V8. Качество почтовых услуг	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	2.0	1.0	-2.0	-2.0	4.0	15.0
V9. Количество почтовых услуг	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.0	-4.0	-5.0	1.0	10.0	18.0	4.0	-41.0

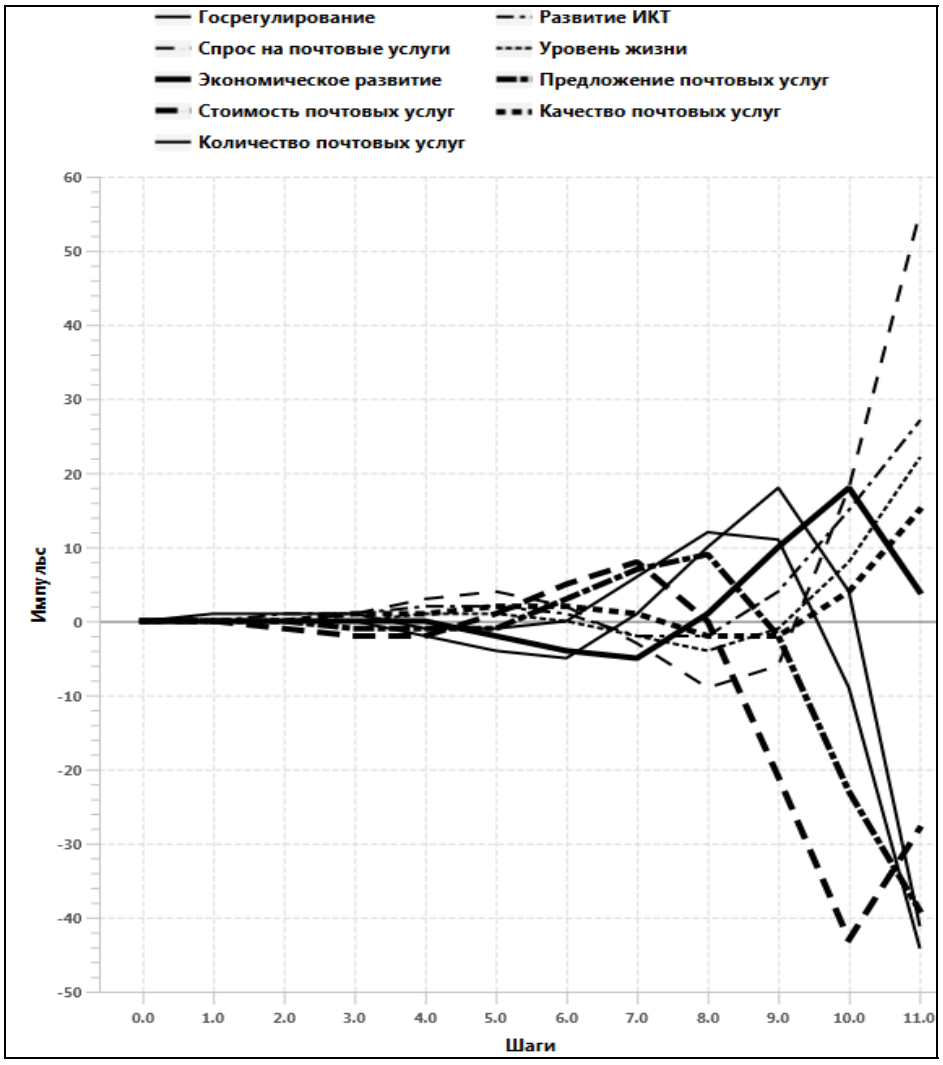


Рис. 5. Графики импульсных процессов на модели *G*1, Сценарий №1

Как видно по результатам импульсного моделирования в условиях неравновесного рынка почтовых услуг, в системе могут возникнуть колебательные режимы периодического улучшения-ухудшения ситуаций, которые не могут быть «погашены» только путем государственного регулирования рынка почтовых услуг.

Колебательные режимы на модели *G*1 не исключаются и при воздействиях на другие ее вершины и при комбинациях воздействий в несколько вершин. Поэтому стартовая модель была скорректирована с учетом существования компании «Почта России», конкурентов и возможности равновесного рынка почтовых услуг – модель *G*2.

На модели *G*2 также было проведено сценарное моделирование по нескольким вариантам сценариев.

В таблице 2 и на рисунке 6 изображены результаты одного из «хороших» сценариев (Сценарий № 2), получающегося в случае партнерства государства и компании «Почта России».

Таблица 2

Результаты расчетов импульсных процессов на модели *G*2 , Сценарий № 2

Шаг Вершина	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
V1. Экономическое развитие	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	3.0	11.0	12.0	17.0	50.0	80.0
V2. Уровень жизни	0.0	0.0	0.0	1.0	3.0	3.0	8.0	24.0	27.0	42.0	98.0
V3. Спрос на почтовые услуги	0.0	0.0	1.0	3.0	9.0	11.0	17.0	58.0	92.0	98.0	222.0
V4. Предложение почтовых услуг	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	1.0	0.0	-8.0	-12.0	-2.0	-39.0
V5. Развитие ИКТ	0.0	0.0	2.0	2.0	3.0	11.0	14.0	23.0	58.0	78.0	105.0
V6. Стоимость почтовых услуг	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	-5.0	-21.0	-27.0	-27.0	-87.0	-175.0
V7. Госрегулирование	0.0	1.0	0.0	-1.0	-2.0	-2.0	-8.0	-24.0	-36.0	-43.0	-89.0
V8. Качество почтовых услуг	0.0	0.0	1.0	3.0	2.0	5.0	13.0	15.0	25.0	48.0	68.0
V9. Количество почтовых услуг	0.0	0.0	0.0	1.0	3.0	11.0	12.0	17.0	50.0	80.0	96.0
V10. «Почта России»	0.0	1.0	1.0	1.0	3.0	2.0	3.0	12.0	5.0	0.0	36.0
V11. Конкуренты	0.0	0.0	-1.0	-1.0	0.0	-2.0	-2.0	-1.0	-2.0	10.0	10.0
V12. Акционирование	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	0.0	-2.0	-10.0	-15.0	-10.0	-37.0
V13. Среда развития сервисов компании	0.0	0.0	0.0	3.0	2.0	2.0	13.0	14.0	14.0	45.0	58.0

В этом случае исключается колебательный режим и появляются положительные тенденции развития системы. При этом через некоторый период времени возможно снижение роли государства на рынке потовых

услуг (см. второй, третий шаги моделирования), когда развитие ИКТ и спрос на почтовые услуги начнут расти.

***Сценарий* № 2**, модель *G*2. Предположим, что активизируется госрегулирование почтовых услуг и происходит развитие деятельности «Почты России»; единичные импульсы вносятся в вершину *V*7 и в вершину *V*10.

Результаты моделирования (табл. 2 и рис. 6) показывают, что будет, если такой сценарий может осуществиться.

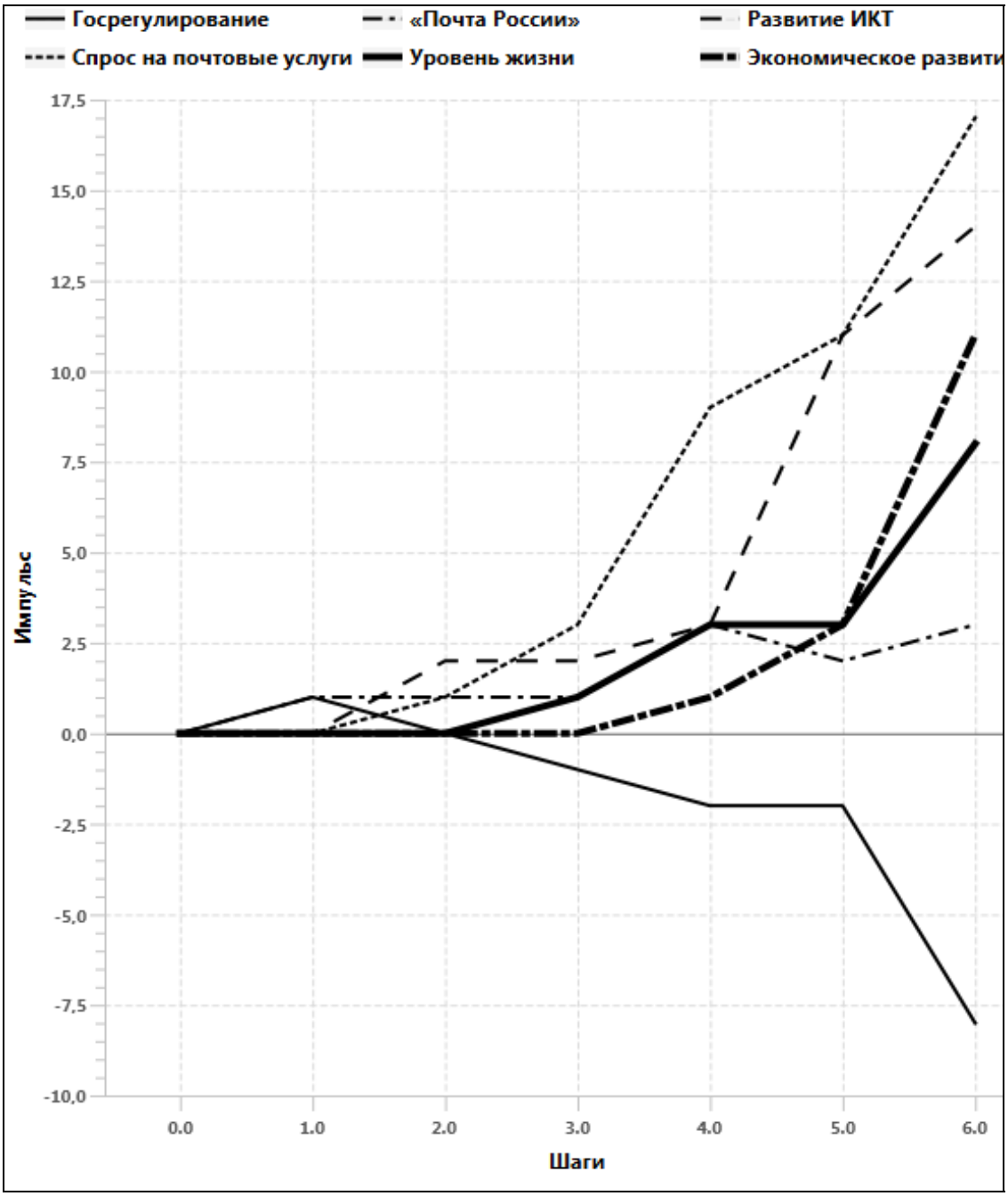


Рис. 6. Графики импульсных процессов на модели *G*2, Сценарий № 2

Сравнение результатов когнитивного моделирования показывает, что когнитивная структура рынка почтовых услуг *G*2, учитывающая появление такого крупного игрока на этом рынке, как «Почта России», приводит к его положительным изменениям, наблюдаются тенденции положительного развития ситуаций в вершинах: возрастает акционирование (*V*17), растет качество почтовых услуг (*V*8), развивается ИКТ (*V*5), наблюдается рост спроса (*V*3) и экономическое развитие (*V*1), повышается уровень жизни (*V*2), улучшается среда развития сервисов компании (*V*13).

Заключение

Таким образом, как показало исследование, применение когнитивного имитационного моделирования в изучении рынка почтовых услуг позволяет получать новые знания, предвидеть возможные пути развития рынка в изменяющихся условиях, оценивать последствия принимаемых решений. Анализ конкретного рынка почтовых услуг в определенный период времени потребует разработки и использования более сложной когнитивной модели, в которой должны быть учтены и количественные значения параметров вершин и дуг.

Список литературы

1. Горелова Г.В. Захарова Е.Н., Радченко С.А. Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход. Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2006. 332 с.

2. Gorelova G.V., Pankratova N.D. Scientific Foresight and Cognitive Modeling of Socio-Economic Systems // Proc. of the 18th IFAC Conference on Technology, Culture and International Stability (TECIS-2018). IFAC Papers OnLine. 51-30. ELSEVIER, 2018. P. 145–149.

3. Инновационное развитие социо-экономических систем на основе методологий предвидения и когнитивного моделирования. Коллективная монография / Под ред. Г.В. Гореловой, Н.Д. Панкратовой. Киев: Изд-во «Наукова Думка», 2015. 464 с.

4. Захарова Е.Н., Меленчук А.С. Интеллектуализация содержания почтовых услуг в условиях становления цифровой экономики // Проблемы экономики и юридической практики. 2019. Т. 15. № 4. С. 21–23.

5. Захарова Е.Н., Меленчук А.С. Роль информационных технологий в совершенствовании деятельности организации почтовой связи // Вестник Чеченского государственного университета. 2018. № 3 (31). С. 18–23.

6. Коломыченко М., Новый В. Высокие почтовые технологии // Коммерсант. 2017. № 90.

7. Костылева Т. Глава «Почты России» о «цифровой начинке»: модернизация ПО, электронные сервисы, большие данные, переход на «МойОфис» [Электронный ресурс] // Онлайн-издание D-russia.ru. 13.03.2018. URL: http://d-russia.ru/glava-pochty-rossii-o-tsifrovoj-nachinke-modernizatsiya-po-elektronnye-servisy-bolshie-dannye-perehod-na-mojofis.html (дата обращения 04.05.2020).

8. «Почта России» внедрила CRM-систему для работы с корпоративными клиентами [Электронный ресурс] // Информационно-коммуникационный ресурс ИТ-бизнеса “DailyComm”. 22.11.2017. URL: http://www.dailycomm.ru/m/41909 (дата обращения 04.05.2020).

9. Программа для когнитивного моделирования и анализа социально-экономических систем регионального уровня (Горелова Г.В., Калиниченко А.И., Кузьминов А.Н.). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018661506 от 07.09.2018.

10. Taking leadership in a digital economy [Электронный ресурс]. London, UK: Telstra Corporation Ltd. – Deloitte Touche Tohmatsu Ltd., 2012. 32 p. URL: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/au/Documents/technology-media-telecommunications/deloitte-au-tmt-taking-leadership-digital-economy-031014.pdf (дата обращения 04.05.2020).

УДК 004.8:519.8+9:519.25
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-196

Кацко Дмитрий Игоревич[1],
студент;
Кацко Александр Игоревич[2],
студент;
Маций Владимир Сергеевич[3],
студент

КОГНИТИВНЫЙ ПОДХОД К СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЗОНДИРОВАНИЯ ГРУНТОВ

[1, 2, 3] Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар, Россия,
[1] katsko99@mail.ru; [2] sa_katsko@bk.ru; [3] vmatsiys@gmail.com

Аннотация. Геологические изыскательские мероприятия — основа повышения экономической эффективности в строительстве. Характеристикой результата исследований является выяснение прочностных характеристик грунта, известным методом является индекс Робертсона. Важность задачи актуализируют разработку альтернативных подходов. В статье, с использованием метода главных компонент, показано, что имеющиеся данные результатов зондирования описываются двумя не коррелированными компонентами. По первой компоненте получено уравнение регрессии *k* ближайших соседей, позволившее прогнозировать индекс Робертсона.

Ключевые слова: когнитивный анализ, статическое зондирование, грунт, испытания на проникновение конуса, индекс типа поведения грунта, индекс Робертсона, метод главных компонент, регрессия *k* ближайших соседей.

Dmitry I. Katsko[1],
Student;
Alexander I. Katsko[2],
Student;
Vladimir S .Maciy[3],
Student

COGNITIVE APPROACH TO STATISTICAL ASSESSMENT RESULTS OF SOIL SOUNDING

[1, 2, 3] Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia,
[1] katsko99@mail.ru; [2] sa_katsko@bk.ru; [3] vmatsiys@gmail.com

Abstract. Geological survey activities are the basis for increasing economic efficiency in construction. An important characteristic of the research result is to find out the strength characteristics of the soil, a well-known approach is the Robertson index. The importance of the task is actualized by the development of alternative approaches. In the article, using the principal component method, it is shown that the available data of the sensing results are described by two non-correlated components. For the first component, a regression equation for *K* nearest neighbors was obtained, which made it possible to predict the Robertson index.

***Keywords**:* cognitive analysis, static sounding, soil, cone penetration test, soil behavior type index, Robertson index, principal component analysis, *K*–nearest neighbor regression.

При помощи зондирования возможно определять несущую способность грунтов, что позволяет проектировать здания и сооружения. Пенетрация зондом является быстрым и экономичным способом оценки литологического состава грунта. Однако у этого метода есть свои недостатки: из-за неоднородности грунта наблюдается значительный разброс наблюдений при графическом отображении, невозможно получить однозначно верные свойства грунта и т. д.

Для реализации системной идеологии в статье [4], *предлагалось синтезировать когнитивное моделирование и анализ данных* (дискриминантный анализ), реализовав таком образом когнитивный анализ данных (рис. 1).

Альтернативным подходом к задаче классификации, реализованный в настоящей статье, является комплексное использование метода главных компонент и регрессионного анализа [2, 6, 7, 9].

Характеристика исходных данных

Рассматривались следующие типы параметров, полученных при измерении: сжимаемости, прочностные, физические и т. д. Кроме того, прочностные характеристики:

Q_t – нормализованное сопротивление под конусом [–];

F_r – нормализованное фрикционное отношение [%];

σ_{v_0} – природное полное вертикальное давление в грунте [Па];

σ'_{v_0} – природное эффективное вертикальное давление в грунте [Па];

f_s – удельное сопротивление грунта на участке боковой поверхности (муфте трения) зонда [Па];

q_t – откорректированное сопротивление грунта под конусом зонда [Па];

I_c – индекс Робертсона (функция типа грунта) [–].

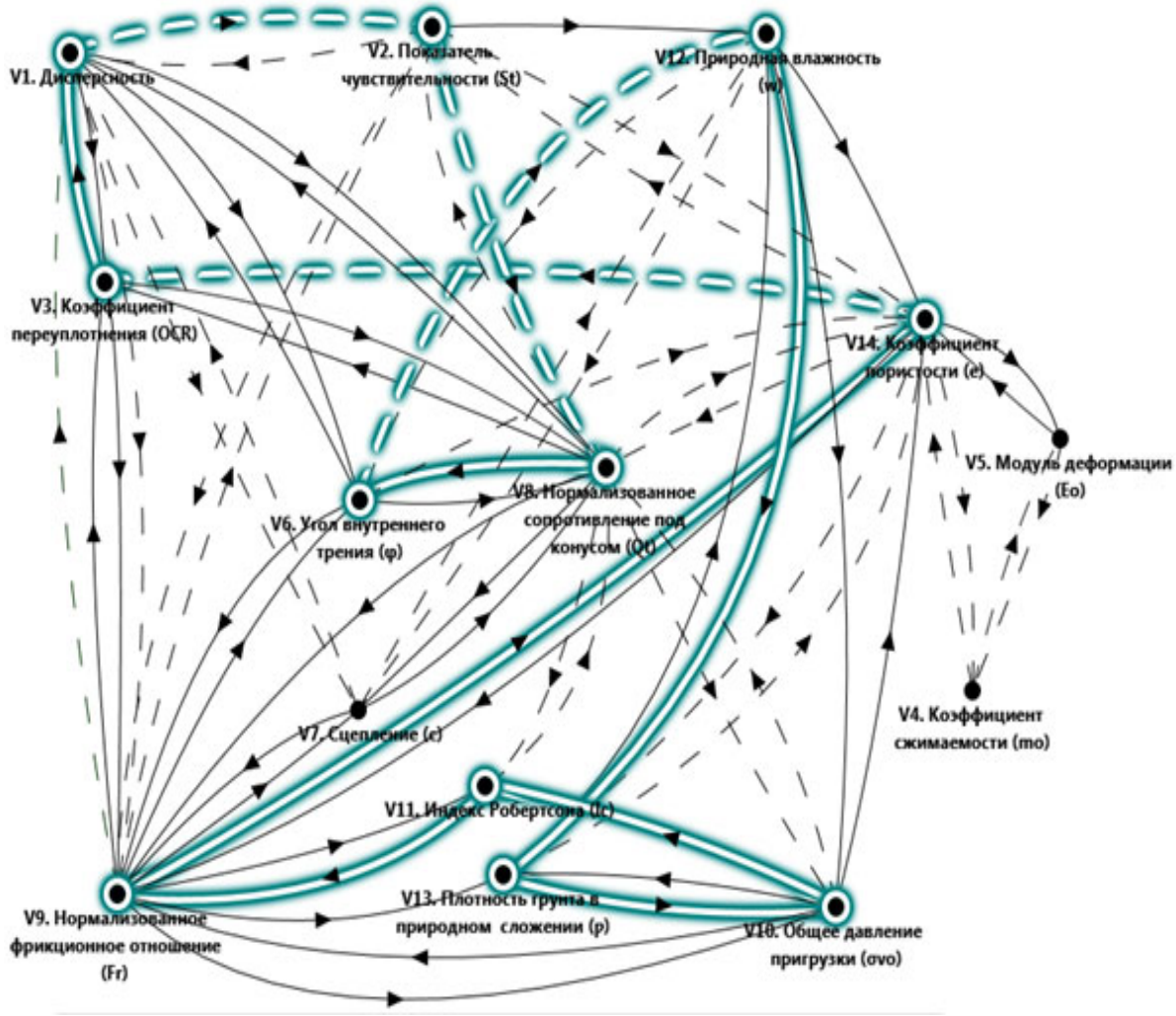


Рис. 1. Когнитивная карта «Классификация почв»

Компонентный анализ и определение литологического разреза с помощью зондирования

С помощью пенетрации определяют нормализованное сопротивление под конусом Q_t и фрикционное отношение F_r, которые зависят от показателей q_t, σ_{v_0}, σ'_{v_0}, f_s [5]. Исходные данные сформированы по результатам наблюдений указанных переменных при пенетрации до глубины 40,4 м через каждые 5 см, то есть имелось 808 наблюдений.

На рисунке 2 отображены собственные значения матрицы, превышающие единицу, график и соответствующие вклады в общую дисперсию главных компонент после вращения.

Component Characteristics

	Eigenvalue	Proportion var.	Cumulative
RC1	3.720	0.531	0.531
RC2	2.244	0.321	0.852

Component Correlations

	RC1	RC2
RC1	1.000	0.182
RC2	0.182	1.000

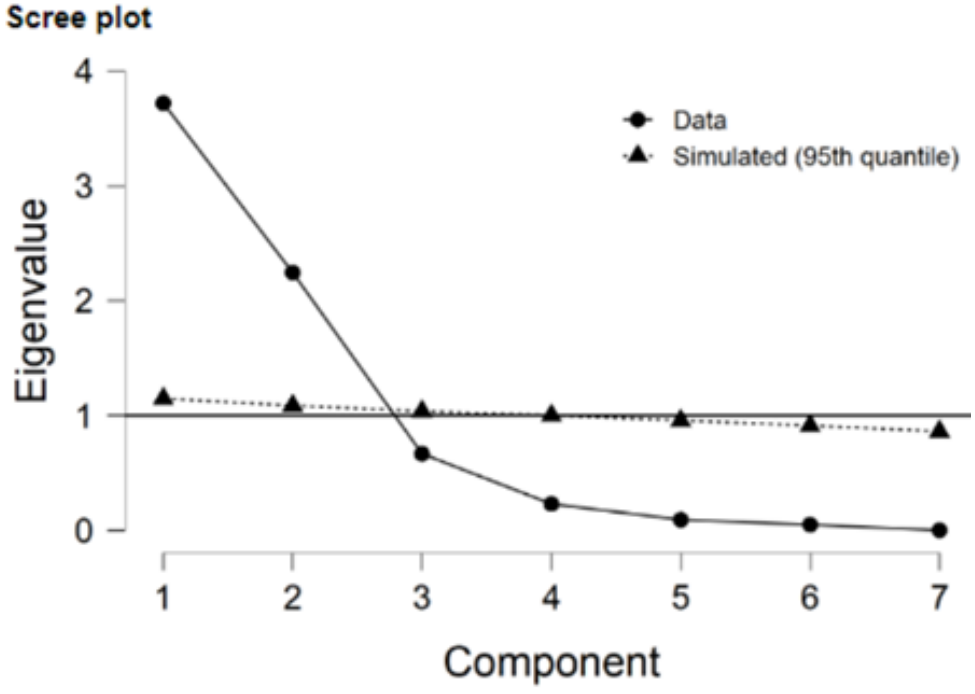


Рис. 2. Характеристики главных компонент

Откуда видно, что первая компонента отображает 53,1 %, вторая – 32,1 %. Примечательно что данная модель имеет всего две компоненты, не зависящих друг от друга (рис. 2).

Опишем влияние на компоненты факторных и результативных признаков, опираясь на рисунки 3 – 4.

Chi-squared Test

	Value	df	p
Model	3923.312	8	< .001

Component Loadings

	RC1	RC2	Uniqueness
qt (MPa)	−0.885	0.568	0.076
fs (kPa)		0.833	0.329
sigma_vo (kpa)		0.934	0.044
sigma_vo' (kpa)		0.928	0.047
Fr (%)	0.810		0.252
Qtn (initial)	−0.774		0.241
Ic (initial)	0.936		0.046

Note. Applied rotation method is promax.

Рис. 3. Матрица нагрузок

Path Diagram

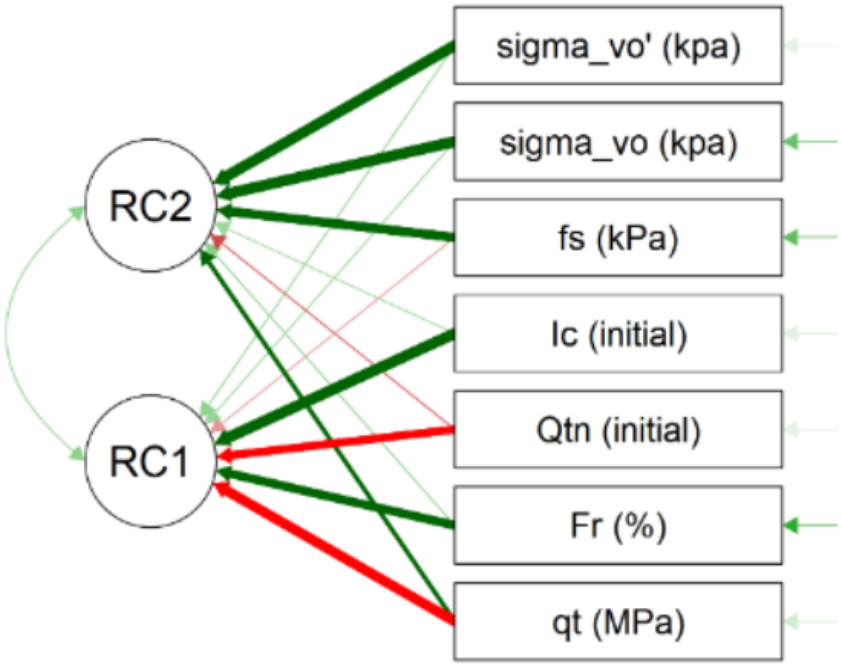


Рис. 4. Визуализация матрицы нагрузок (диаграмма путей)

Первую главную компоненту RC1 характеризует параметры, которые являются основными при составлении различных карт-схем для идентификации типа грунта. Факторные признаки:

I_c – индекс Робертсона (функция типа грунта) [–];

F_r – нормализованное фрикционное отношение [%];

Q_t – нормализованное сопротивление под конусом [–];

q_t – откорректированное сопротивление грунта под конусом зонда [Па];

Вторая главная компонента RC2 характеризует положение зонда и давление в вертикальной и горизонтальных плоскостях. Факторные признаки:

σ_{v_0} – природное полное вертикальное давление в грунте [Па];

σ'_{v_0} – природное эффективное вертикальное давление в грунте [Па];

f_s – удельное сопротивление грунта на участке боковой поверхности (муфте трения) зонда [Па].

Учитывая что первую главную компоненту формируют результативный признак I_c и факторные признаки:

F_r, Q_t, q_t, – логично рассмотреть регрессионную зависимость. Специфика искомой регрессионной зависимости будет заключаться в том, что близким значениям измерений должны соответствовать сходные качества грунта.

Такому подходу соответствует регрессия *k* ближайших соседей (*K – Nearest Neighbors Regression*), опирающаяся на идеологию машинного обучения. Целевое значение ближайшего соседа – это прогноз по алгоритму с использованием одного соседа. Если для регрессии используется большее количество ближайших соседей, то для прогноза используется среднее значение ближайших соседей.

Рисунок 5 показывает, что оптимальное число ближайших соседей на проверочном множестве равно 4.

На рисунке 6 представлены результаты регрессии *k* ближайших соседей, которые показывают, что 97 % вариации I_c объясняется полученной зависимостью, что позволяет утверждать хорошую прогнозирующую способность модели.

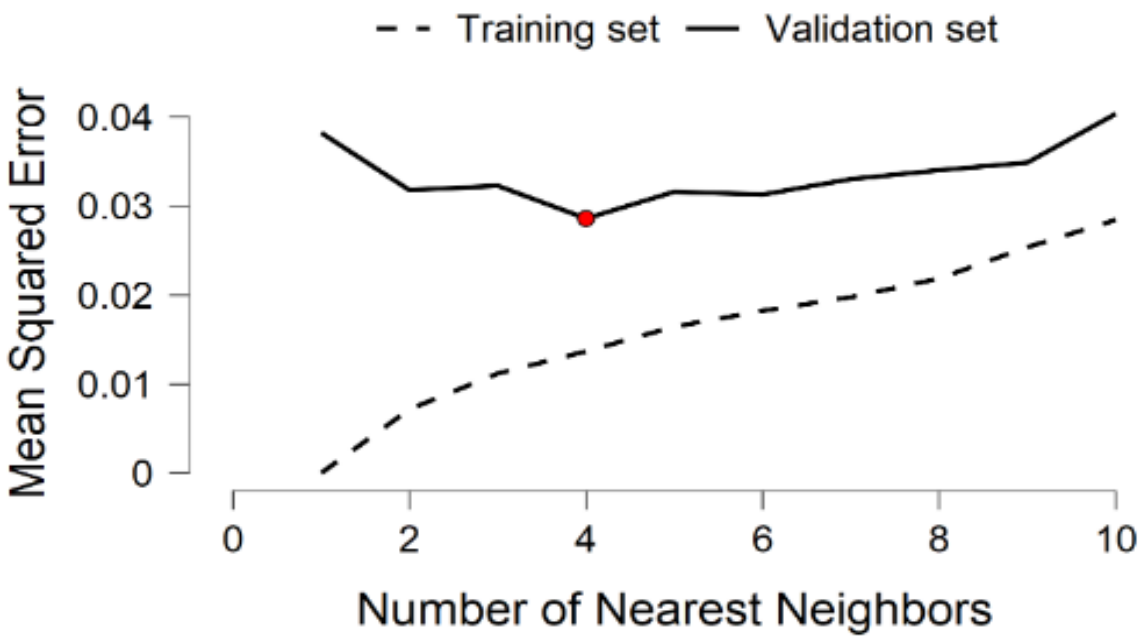


Рис. 5. Число ближайших соседей

K-Nearest Neighbors Regression

Nearest neighbors	Weights	Distance	n(Train)	n(Validation)	n(Test)	Validation MSE	Test MSE
4	rectangular	Euclidean	517	130	161	0.040	0.028

Note. The model is optimized with respect to the *validation set mean squared error*.

Data Split



Evaluation Metrics

	Value
MSE	0.028
RMSE	0.167
MAE	0.094
MAPE	19.7%
R^2	0.97

Рис. 6. Регрессия *k* ближайших соседей

Заключение

Задача изучения грунта является в большой степени неопределенной или диффузной, что предполагает изучение с использованием методов анализа данных.

Результаты статистического анализа методом главных компонент показали, что диспепсия имеющихся данных на 85,2 % описывается двумя главными компонентами. Первая главная компонента тесно связана с задачей идентификации типа грунта.

Использование регрессии k ближайших соседей (при k = 4) позволило получить модель с хорошим качеством подгонки (R^2 = 0,97) для индекса Робертсона I_c, характеризующего тип грунта.

Список литературы

1. Безуглова Е.В., Маций С.И., Подтелков В.В. Оползневой риск транспортных природно–технических систем: монография. Краснодар: КубГАУ, 2015. 239 с.

2. Боровиков В.П. Популярное введение в современный анализ данных и машинное обучение на STATISTICA. М.: Горячая линия–Телеком, 2018. 354 с.

3. Добров Э. М. Механика грунтов. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 272 с.

4. Кацко Д.И., Кацко А.И., Маций В.С. Когнитивный анализ данных статического зондирования грунтов и качество их классификации // Системный анализ в проектировании и управлении: сб. науч. трудов XXIII международ. науч.-практ. конф. 2019 года. Ч. 3. СПб.: Политех-Пресс, 2019. С. 526–533.

5. Рыжков И.Б., Исаев О.Н. Статическое зондирование грунтов. Монография. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010. 496 с.

6. Модели и методы прикладных системных исследований (практикум) / Под ред. А.И. Трубилина, И.А. Кацко. Краснодар: КубГАУ, 2014. 448 с.

7. Моделирование систем и процессов: учебник для академического бакалавриата / В.Н. Волкова, Г.В. Горелова, В.Н. Козлов и др. Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. М.: Изд–во Юрайт, 2014. 592 с.

8. Маций С.И. Противооползневая защита: монография. Краснодар: АлВи–дизайн, 2010. 288 с.

9. Системный анализ и принятие решений: Словарь–справочник / Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. М.: Высшая школа, 2004. 616 с.

УДК 332.1.
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-197

Нифонтова Ангелина Вадимовна,
студентка

АНАЛИЗ ГЕНЕЗИСА И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ПОНЯТИЙНО-ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКОГО АППАРАТА «УРОВНЯ И КАЧЕСТВА ЖИЗНИ» НАСЕЛЕНИЯ И «НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ» ТЕРРИТОРИЙ

Южный Федеральный Университет, Таганрог, Россия,
nifontova.angelina99@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрена интерпретация понятия «качество жизни» у различных авторов, а также влияние качества жизни на межмуниципальную дифференциацию; для этого проанализирована средняя заработная плата на территории Ростовской области в разрезе городских округов. Предложено использовать когнитивное моделирование сложных систем для исследования качества жизни населения. Приводится пример разработки и анализа когнитивной карты взаимосвязи заработной платы и качества жизни. Приведен один из возможных сценариев развития ситуаций в системе качества жизни населения.

Ключевые слова: качество жизни, межмуниципальная дифференциация, когнитивное моделирование, когнитивная карта.

Angelina V. Nifontova,
Student

ANALYSIS OF THE GENESIS AND SYSTEMATIZATION OF THE CONCEPTUAL AND TERMINOLOGICAL APPARATUS OF THE “LEVEL AND QUALITY OF LIFE” OF THE POPULATION AND “UNEVEN DEVELOPMENT” TERRITORIES

Southern Federal University, Taganrog, Russia,
nifontova.angelina99@mail.ru

Abstract. The article discusses the interpretation of the concept of “quality of life” among various authors, as well as the influence of quality of life on inter-municipal differentiation; For this, the average wage in the Rostov region in the context of urban districts is analyzed. It is proposed to use cognitive modeling of complex systems to study the quality of life of the population. An example of the development and analysis of a cognitive map of the relationship between wages and quality of life is given. One of the possible scenarios of the development of situations in the system of the quality of life of the population is given.

Keywords: quality of life, intermunicipal differentiation, cognitive modeling, cognitive map.

Понятие качества жизни широко распространено в современном мире, однако до сих пор не существует однозначного определения данного понятия. Обычно под качеством жизни понимают интегральную характеристику социального, эмоционального, физического и психического функционирования человека, основанного на его субъективном восприятии.

Впервые термин «качество жизни» был применен в книге американского экономиста Дж. К. Гэлбрейта «Общество изобилия» (1960). В дальнейшем он был использован в работе социолога Д. Риомена «Одинокая толпа» (1961). Однако в политический и научный лексикон этот термин ввел президент США Дж. Кеннеди, который в «Докладе о положении нации» (1963) выдвинул тезис о том, что «качество американской жизни должно идти в ногу с количеством американских товаров». Позже, в 1964 году, этот термин использовал президент Л. Джонсон, заявив, что цели американского общества «не могут быть измерены размером наших банковских депозитов. Они могут быть измерены качеством жизни наших людей» [5].

Некоторые ученые считают, что качество жизни человека – это степень удовлетворённости его потребностей. Представители Всероссийского центра изучения уровня жизни Баженов С.А. и Маликов Н.С. указывают, что «потребности человека рассматриваются как внутренняя причина его жизнедеятельности», а качество жизни определяется как «уровень и степень удовлетворения всего комплекса потребностей и интересов людей» [1]. Схожую формулировку определения качества жизни предлагает Матвеева Т.Ф., утверждая, что «неудовлетворённые по различным причинам потребности служат предпосылкой к возникновению различного рода суждений о качестве бытия». Глушаков О.В. отмечает существование не только прямой, но и обратной зависимости потребностей человека и качества его жизни, утверждая, что «система потребностей отдельно взятого индивида зависит от условий его жизнедеятельности» [2].

Рассмотрим группу подходов к качеству жизни, в центре которых оказываются ценности человека. Именно ценности выступают ключевым понятием, характеризующим удовлетворенность человека жизнью, в работах исследователей, сосредоточенных на психологическом аспекте качества жизни, приверженцев модели «ощущаемого качества жизни», сформированной в рамках субъективного подхода к его оценке.

Так, специалисты Всероссийского научно-исследовательского института технической эстетики (ВНИИ–ТЭ), такие, как Давыдова Е.Е., Давыдова А.А., Зараковский Г.М., Кузьмичев Л.А., Степанова Б.Г., под качеством жизни понимают совокупность жизненных ценностей, характеризующих созидательную деятельность, удовлетворение

потребностей и развитие человека, удовлетворенность людей жизнью, социальными отношениями и окружающей средой [3]. Представители медицинских наук (Митчелос А.С, Бэйзер М.) предлагают определение качества жизни как восприятие индивидуумом его положения в жизни в контексте культуры и системы ценностей [4]. Представители психологического направления в интерпретации качества жизни (Савченко Т.Н., Головина Г.М.), концентрируясь на его восприятии индивидом, дают определение субъективного качества жизни как «степени соответствия реальных ценностных структур различного уровня идеальным в представлении респондентов» [6].

Значительно сузив обширный перечень предлагаемых подходов к термину «качество жизни» требованием его определения через удовлетворение потребностей и указания на двойственность оценки (наличие объективного и субъективного аспектов), выделим некоторые из приемлемых авторских интерпретаций качества жизни.

Качество жизни – комплексная характеристика уровня и условий жизнедеятельности людей, отражающих степень удовлетворения ими различных потребностей и субъективное восприятие жизни и ее отдельных аспектов [7].

Безусловно, качество жизни влияет на межмуниципальную дифференциацию. Если взять такой индикатор качества жизни как «уровень жизни», содержание которого несёт в себе информацию о среднедушевом доходе, то на примере Ростовской области можно наблюдать межмуниципальную дифференциацию [9].

На основе рисунка 1, который отражает среднюю заработную плату на территории Ростовской области, наблюдается большая дифференциация городских округов. Существуют муниципальные образования как с высоким значением данного показателя (г. Ростов-на-Дону), так и сравнительно большой перечень муниципальных образований, имеющих данный показатель на низком уровне (Гуково, Донецк, Зверево) [10].

С точки зрения некоторых авторов, качество жизни можно рассматривать как открытую систему, которая состоит из совокупности всех индикаторов, в некоторой мере влияющих друг на друга и зависимых как от состояния системы, так и от внешних воздействий [8]. Именно благодаря сложным взаимосвязям между элементами системы и факторами окружающей среды, однозначно и полно оценить качество жизни с помощью математических подходов не представляется возможным, поэтому практически все способы оценки качества жизни подразумевают субъективную составляющую. В связи с этим предлагается использовать для оценки качества жизни метод когнитивного моделирования.

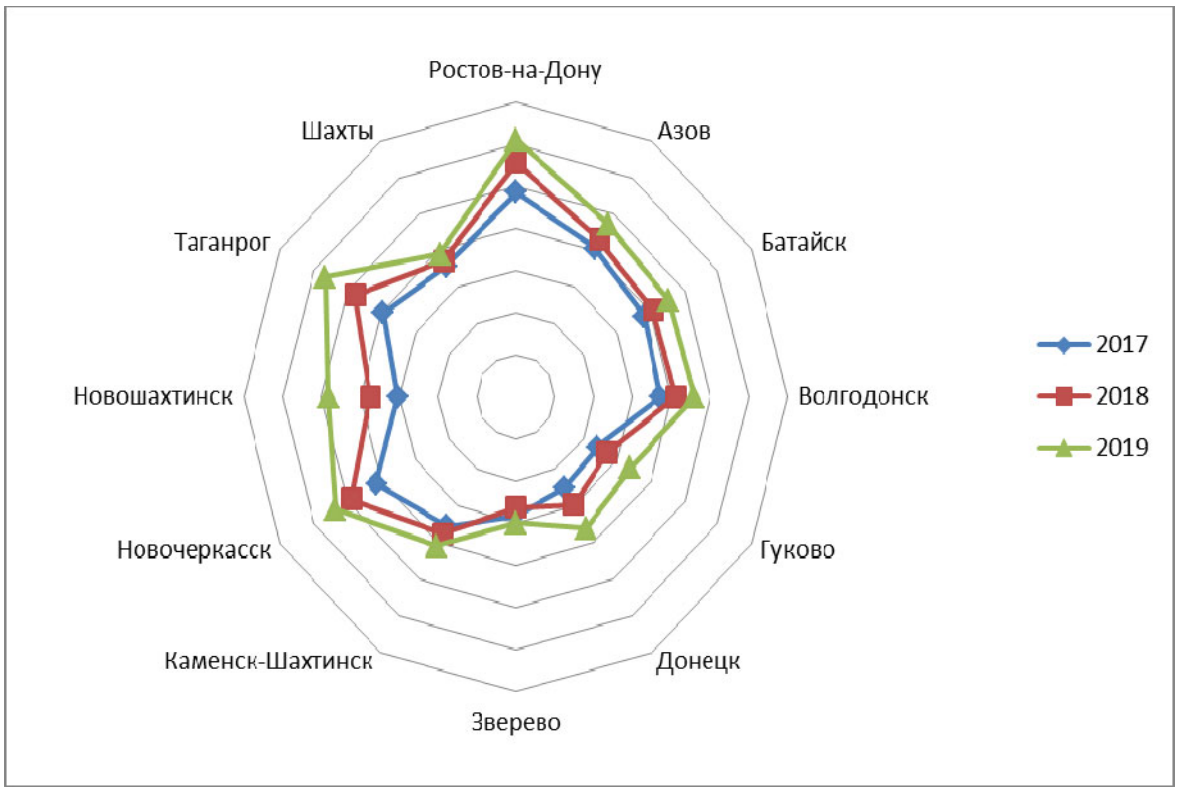


Рис. 1. Средняя заработная плата на территории Ростовской области в разрезе городских округов

Для реализации когнитивной модели можно использовать в качестве концептов индикаторы качества жизни и их составляющие, а связи определить в зависимости от алгоритма вычисления значения индикатора.

Так, в качестве примера были выбраны 10 индикаторов, отражающие качество жизни: заработная плата; уровень доходов; демографическая ситуация; социальное обеспечение; уровень развития социальной инфраструктуры; экологическая среда; здоровье населения; уровень образования; личная безопасность; качество жизни (рис. 2).

Заработная плата имеет особое значение как фактор изменения качества жизни населения. С помощью придания данному индикатору положительного импульса посмотрим, как изменится качество жизни населения.

С помощью программной системы когнитивного моделирования был проведён анализ структуры и устойчивости. Результаты моделирования отражены на рисунках 3 и 4.

На рисунке 5 приведены результаты, полученные в предположении, что увеличение заработной платы может положительно повлиять на качество жизни.

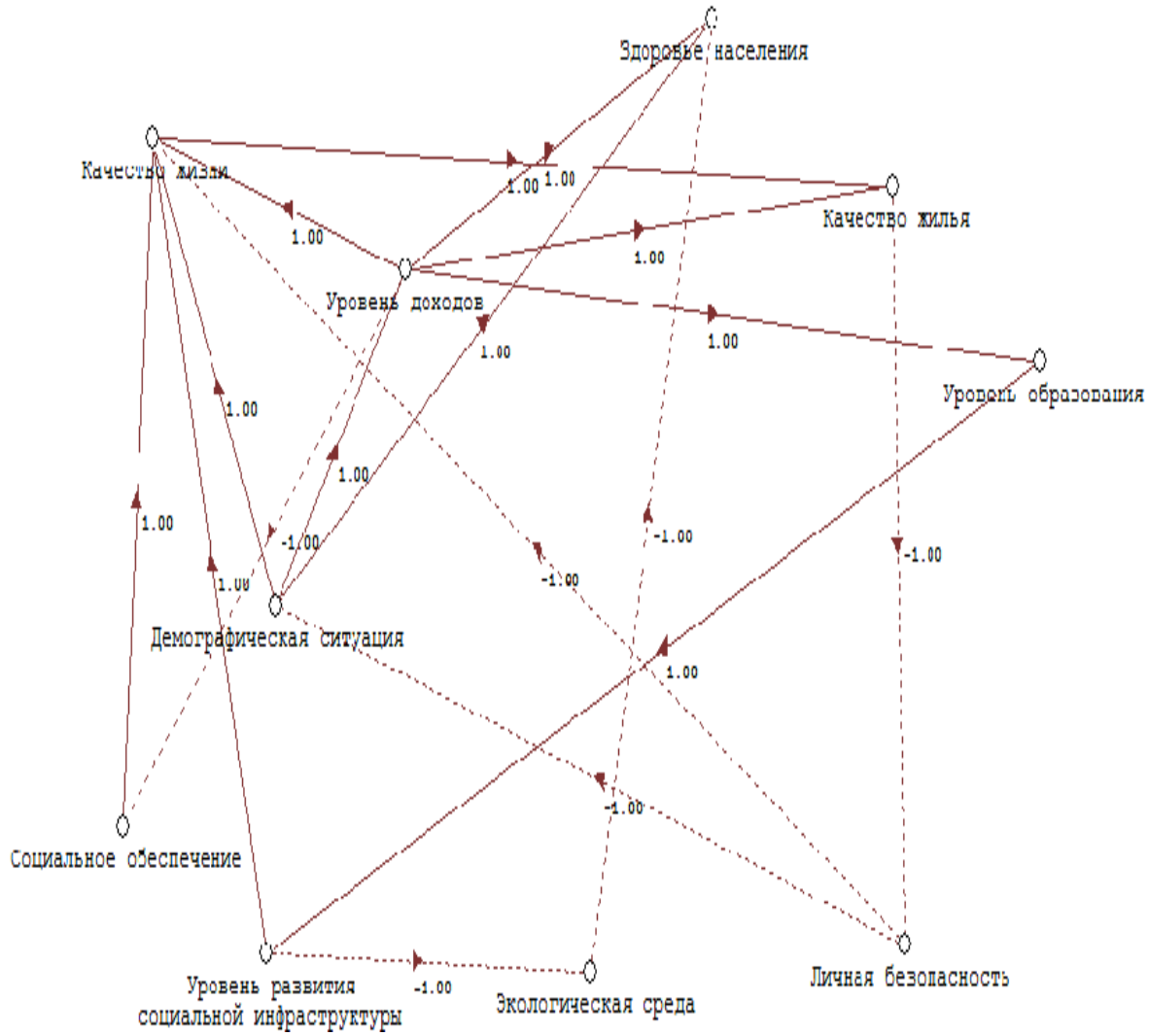
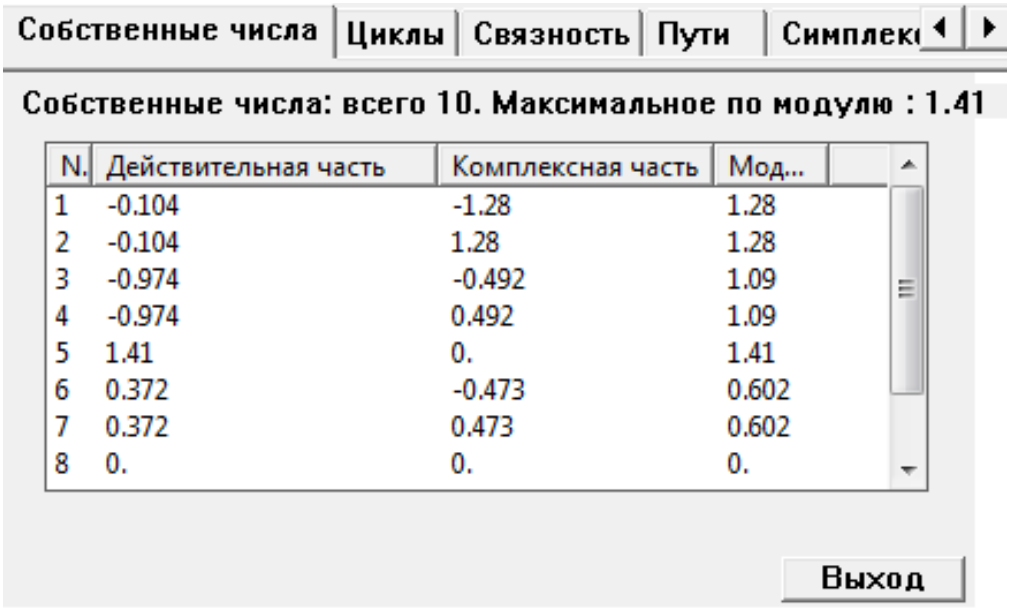


Рис. 2. Когнитивная карта взаимосвязи заработной платы и качества жизни



N.	Действительная часть	Комплексная часть	Мод...
1	-0.104	-1.28	1.28
2	-0.104	1.28	1.28
3	-0.974	-0.492	1.09
4	-0.974	0.492	1.09
5	1.41	0.	1.41
6	0.372	-0.473	0.602
7	0.372	0.473	0.602
8	0.	0.	0.

Рис. 3. Вычисление собственных чисел матрицы когнитивной карты

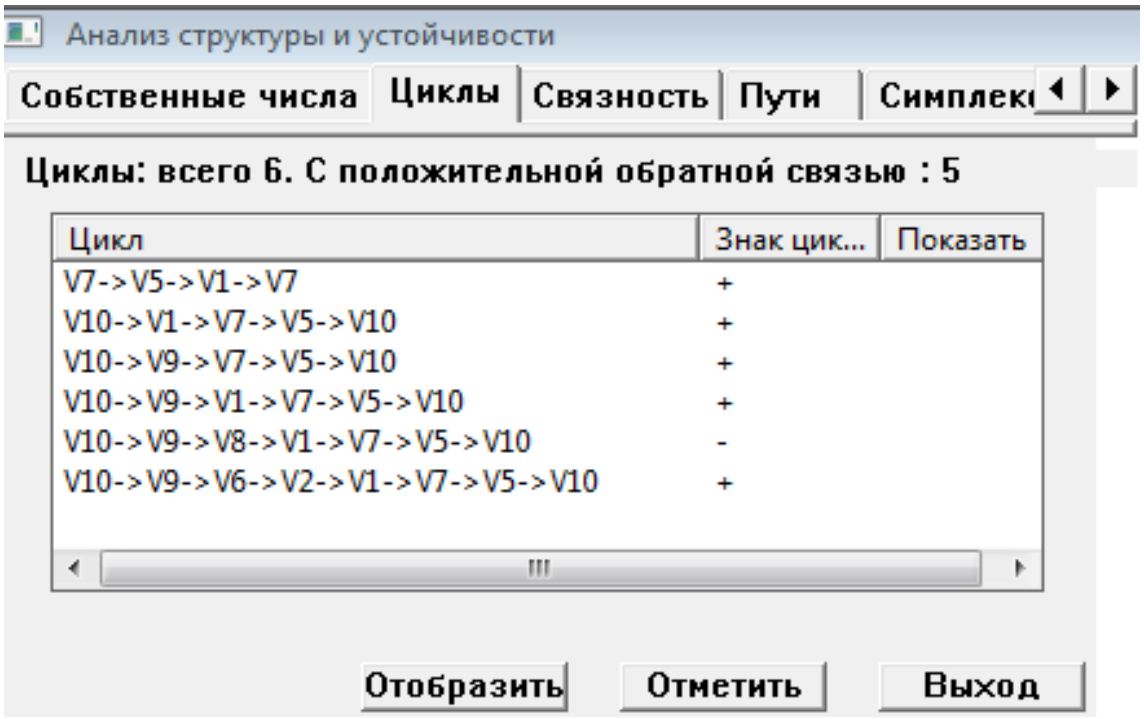


Рис. 4. Определение циклов когнитивной карты



Рис. 5. График влияния увеличения заработной платы на качество жизни

Таким образом, построив когнитивную модель качества жизни, исследователи могут использовать её для моделирования степени и характера влияния различного рода обстоятельств на изменение качества жизни человека.

Например, при принятии ряда важных решений, касающихся социальной политики города, можно будет приблизительно оценить, как это скажется в количественном и качественном характере на тех или иных группах населения, и, конкретно, на какие составляющие качества жизни это повлияет.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект «Разработка концепции повышения уровня и качества жизни населения региона в условиях межмуниципальной дифференциации с учётом трендов цифровизации экономики» № 20-010-00815 А.

Список литературы

1. Баженов С.А., Маликов Н.С. Качество жизни населения: теория и практика // Уровень жизни населения регионов России. 2002. № 10.

2. Глушакова О.В. Управление воспринимаемым качеством жизни: теоретико-прикладные аспекты: автореф. дис. … канд. экон. наук: 07.12.2006. Кемерово: КемГУ, 2006.

3. Зараковский Г.М. Социально-личностное благополучие в структуре качества жизни общества. Показатели и критерии // Сборник докладов по качеству жизни. Критерии и оценки. М.: ВНИИТЭ, 2003.

4. Мичелос А.С. Смертность, заболеваемость и медицинская помощь (качество жизни в Канаде и США в 1976-1974 гг.) // Медицинская география: XX Междунар. географ. конгресс. М., 1976.

5. Попов С.И. Проблема «качества жизни» в современной идеологической борьбе. М.: Политиздат, 1977. 280 с.

6. Савченко Т.Н., Головина Г.М. Субъективное качество жизни: подходы, методы оценки, прикладные исследования. М.: Институт психологии РАН, 2006.

7. Шабашев В.А., Морозова Е.А. К вопросу о толковании и измерении качества жизни // Вестник Кузбасского технического университета. Кемерово, 2005.

8. Панкратова Е. В. Комплексная методика оценки качества жизни региона // Вестник ИГЭУ. 2009. Вып. 1. С. 45–51.

9. Lesnichaya M.A., Kolchina O.A., Henrietta K.A. Elaboration of a conceptual scheme of municipal units classification according to the level of budgetary provision on the base of cluster analysis(2019) Proceedings of the 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus 2019, article No. 8657216. P. 1415–1420.

10. Lesnichaya M.A., Kolchina O.A., Kondzharyan H.A. Elaboration of municipal development trajectories for every type of municipal territories on the base of cognitive modeling // Proc. of the 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus 2019. 2019. P. 1421–1429.

УДК 519.816
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-198

Поняева Ирина Игоревна,
студентка

КОГНИТИВНЫЕ ГИБРИДНЫЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОДВИНУТОЙ БИЗНЕС-АНАЛИТИКИ

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия,
babocha1@mail.ru

Аннотация. В исследовании рассматриваются модели для поддержки принятия решений в современных сложных и постоянно изменяющихся условиях. Исследуются возможности решения вопроса с помощью средств когнитивных систем моделирования, открывающих новую страницу в управлении сложными системами с учетом слабой структурированности и динамичности, основанной на гибридной системе, интегрирующей нечеткую когнитивную модель ситуации и нечеткую иерархическую модель оценивания. В работе рассмотрены инструменты, основанные на идеологии когнитивного моделирования (метод нечетких когнитивных карт и анализа иерархий Саати), а также модель гибридного ситуационного когнитивного картирования. Подобные подходы на основе интеллектуальных систем применяются в системах бизнес-аналитики для экономики знаний.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, когнитивные системы, когнитивные карты, нейро-нечеткие сети, нечеткие системы, предиктивная аналитика, прогнозирование, искусственный интеллект, нейронные сети.

Irina I. Ponyaeva,
Student

GIBRID COGNITIVE MODELS OF DECISION SUPPORT SYSTEMS INCLUDING ADVANCED BUSINESS-ANALYTICS TECHNOLOGIES

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia,
babocha1@mail.ru

Abstract. The paper discusses decision support systems in nowadays complex and ever-changing environment. The possibilities of solving the problem with the help of cognitive modeling systems, which open a new page in the management of complex systems, taking into account the weak structure and dynamism based on a hybrid system that integrates a fuzzy hierarchical assessment model and a fuzzy cognitive model of the situation, are discussed. The paper presents a tool, based on the ideology of cognitive modeling (the method of fuzzy cognitive maps and analysis of Saati hierarchies) and also

presents a model of hybrid situational cognitive mapping. Similar approaches are used in business intelligence systems for the knowledge economy based on intelligent systems.

Keywords: decision support system, cognitive systems, cognitive maps, neuro-fuzzy networks, fuzzy systems, predictive analytics, forecasting, artificial intelligence, neural networks.

Введение

Сегодня ключевым фактором успеха для компаний становится время реакции на изменения на рынке: чтобы не отставать от технологичной гонки за инновациями, бизнес компаниям приходится прибегать к внедрению множества интеллектуальных систем для автоматизации процессов, технологий хранения и анализа. В текущих условиях приходят на помощь когнитивные системы (далее – КС), с помощью методов которых можно получить хорошо интерпретируемые прогнозы развития ситуации и стратегии перевода их в целевое состояние.

Анализ уровня текущего состояния исследований по данному вопросу показывает, что существует достаточное количество работ, исследующих интеллектуальные средства поддержки принятия решений (далее – ИСППР) [6 – 10]. Однако они не уделяют особого внимания учету самого процесса познания в ходе накопления знаний и формализации обратной связи между субъектом и объектом ситуации, что усложняет проблему познания сложных систем и управления ими.

Цель исследования

Целью исследования является анализ технологий когнитивной бизнес-аналитики при принятии управленческих решений. Задачами в свою очередь являются: исследование инструментов продвинутой бизнес-аналитики (искусственного интеллекта, нейронных сетей, и т. д.) в когнитивных системах, построение когнитивных карт для принятия управленческих решений. В работе внимание уделяется искусственным когнитивным системам, которые присущи машинам с признаками искусственного интеллекта и обладающим когнитивной функцией.

Методы исследования

Для решения поставленных задач применялись методы формальной логики, аналитического исследования, экспертной оценки, сравнения и моделирования, картографический метод.

Когнитивные технологии, применительно к экономике и управлению, изучают модели принятия экономических решений в сознании человека. В качестве наиболее важного прикладного направления когнитивной науки отметим когнитивную бизнес-аналитику, основные задачи которой базируются на принципах когнитивного анализа, моделирования и управления знаниями:

экспертной ИСППР, когнитивный менеджмент и когнитивная поддержка задач прогнозирования [5].

Рассматривая процесс разработки когнитивных систем, можно заметить, что относительно классических алгоритмов происходит смена парадигмы моделирования в сторону поиска когнитивных маршрутов, управления данными и обучаемых алгоритмов.

Новые направления моделирования связаны с такими областями как экспериментальная, поведенческая и когнитивная экономики [4, 6, 12] и возникают на их пересечении (рис. 1).

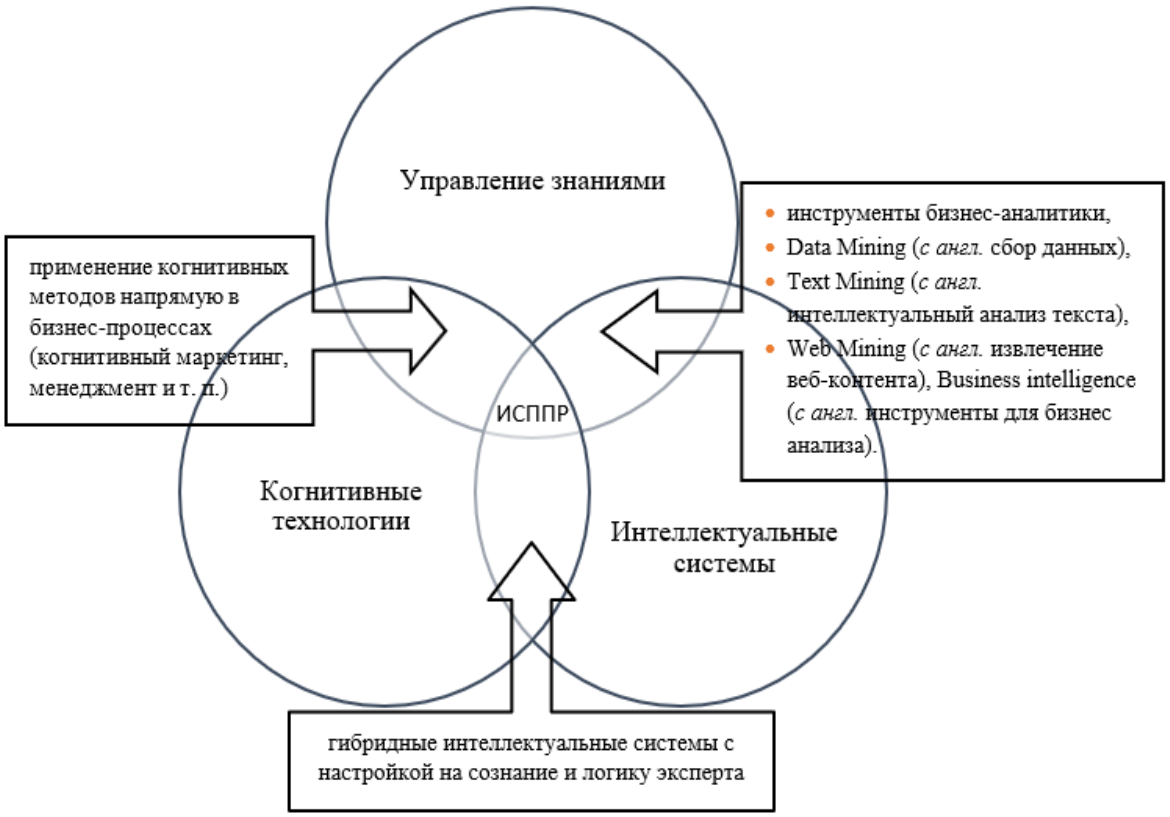


Рис.1. Роль когнитивных технологий в системе поддержки принятия решений
Источник: составлено автором

На пересечение всех трех областей в экономике лежат системы бизнес-аналитики для экономики знаний на основе ИСППР. Данная область также включает оценку неструктурированных данных сложных систем на основе когнитивного моделирования (включая этапы первичного анализа ситуации и конечного выбора наилучшей альтернативы) [9].

Среди когнитивных методов анализа, широко использующихся ИСППР, отдельно отметим когнитивные карты, аналитические сети Саати и знаковые графы. Задачи, решаемые с их помощью, детерминируют влияние факторов ситуации и прогнозов ее развития.

Для выбора оптимального бизнес-решения и выявления неявных возможностей, влияющих на стратегию развития бизнеса (с учетом влияния среды и информационных ограничений), в настоящее время часто прибегают к методам предиктивного анализа [8]. Обобщенный вариант КС на основе предиктивной аналитики не обладает автоматическим моделированием, в некоторой степени он больше похож на автоматизированную СППР, где велико значение лица, принимающего решение [13].

В настоящее время для моделирования сложных систем все чаще прибегают к таким инструментам, как когнитивные сети и гибридные модели. Данные инструменты представляют особый интерес для данного исследования, так как базируются на теории нечетких множеств, когнитивных карт (далее – КК), нейронных сетей и т. д. [3].

Нечеткие когнитивные карты (далее – НКК) совмещают в себе свойства нечетких систем и нейронных сетей, которые, с точки зрения искусственного интеллекта, способны к обучению: с увеличением числа доступных данных для моделирования, увеличивается масштабируемость НКК (для выработки подходящего решения).

В качестве примера можно привести интегрированную модель ИСППР, которая с учетом слабой структуры динамики включается в себя как нечеткую иерархическую модель (далее – НИМ) оценивания, так и когнитивную модель ситуации (далее – КМ). Несмотря на то, что обе эти модели описывают одну и ту же ситуацию, происходит это под разной призмой взглядов.

Иерархическая модель описывает ситуацию с ракурса управления ситуацией, в которой экспертом на основе личных предпочтений определяются значения множества листовых критериев (шкалы) и их весов. В динамической модели изменения значений факторов описываются отдельно от степени их важности для выполнения цели. Их интеграция в отличие от единоличных свойств поддерживает все этапы поддержки принятия управленческого решения [2].

В анализ ситуации включается этап декомпозиции экспертной цели (методология «снизу вверх» для НИМ), структурной и функциональной декомпозиции ситуации, позволяющей с системных позиций описать поведение ее динамики. Генерация решений (альтернатив) здесь осуществляется с помощью КМ. Выбор наилучшего решения осуществляется через оценку прогнозов развития ситуации, полученных интегрированной системой.

КК элементов ситуации основывают КК сложной ситуации, построение которых дает возможность расширить множество факторов КМ до уровня, позволяющего подробно описать ситуацию и

приблизиться к уровню описания ситуации в НИМ. Экспертом здесь определяются подходящие по содержанию листовым критериям НИМ факторы КМ. Определив их, эксперт находит подмножество факторов взаимосвязи (Ф) [14].

В рамках данного исследования в качестве примера была проведена декомпозиция «Часть – Целое» проблемы инновационного развития бизнеса (в разрезе внедрения нового продукта/проекта). Составными частями ситуации определены: компания (бизнес), персонал, маркетинг и НИОКР. На рисунке 2 перечислены основные признаки составных частей (в соответствующих блоках), являющихся факторами КК, которая в свою очередь, представлена на рисунке 3. Причинно-следственные отношения между факторами и веса связей были определены экспертным путем.

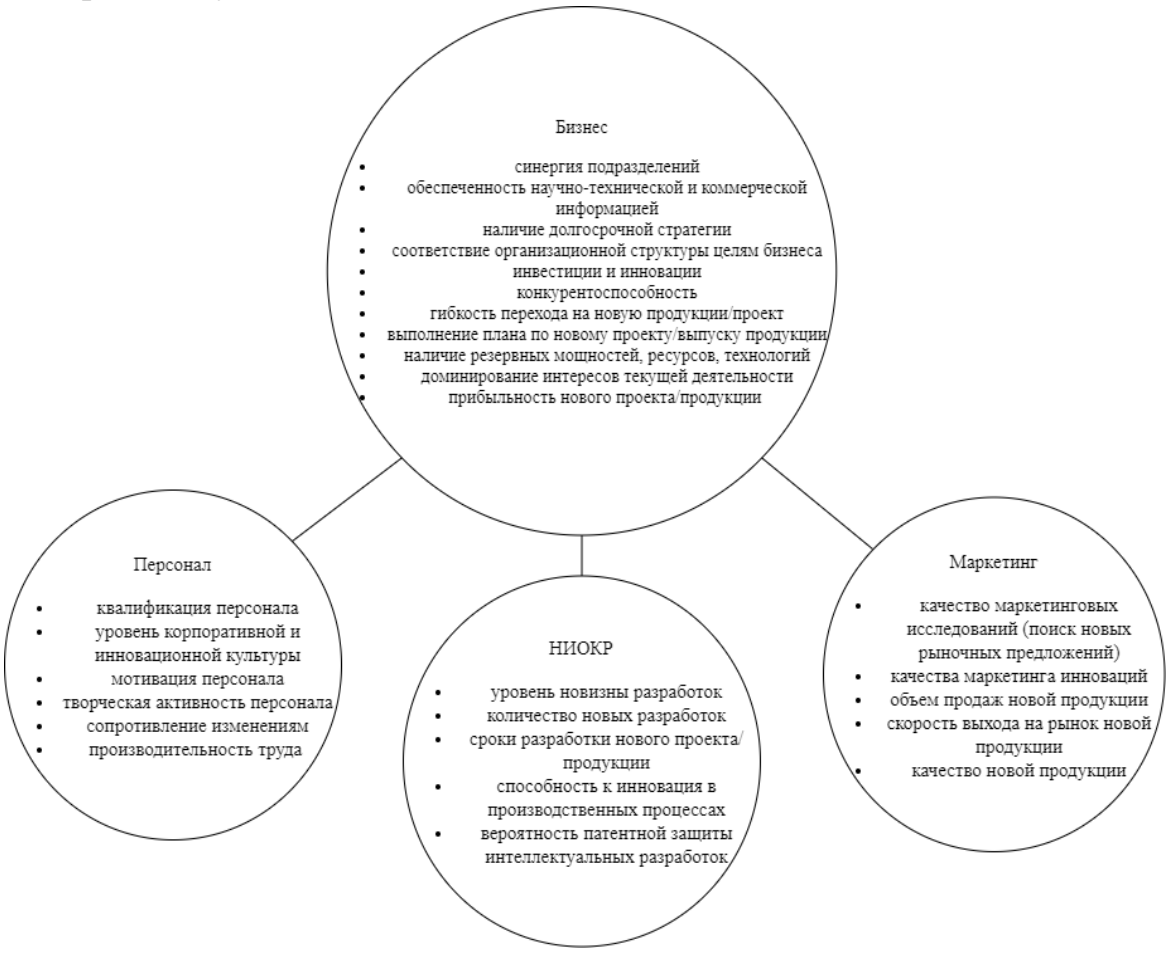


Рис. 2. Результат декомпозиции «Часть–Целое» проблемы инновационного механизма развития бизнес-организации
Источник: составлено автором на основании [7]

Альтернативные решения, присущие интегрированной системе определяются не заранее, а непосредственно при моделировании динамики ситуации. В связи с этим требуется построить значения для критериев НИМ на основе шкал–факторов КМ.

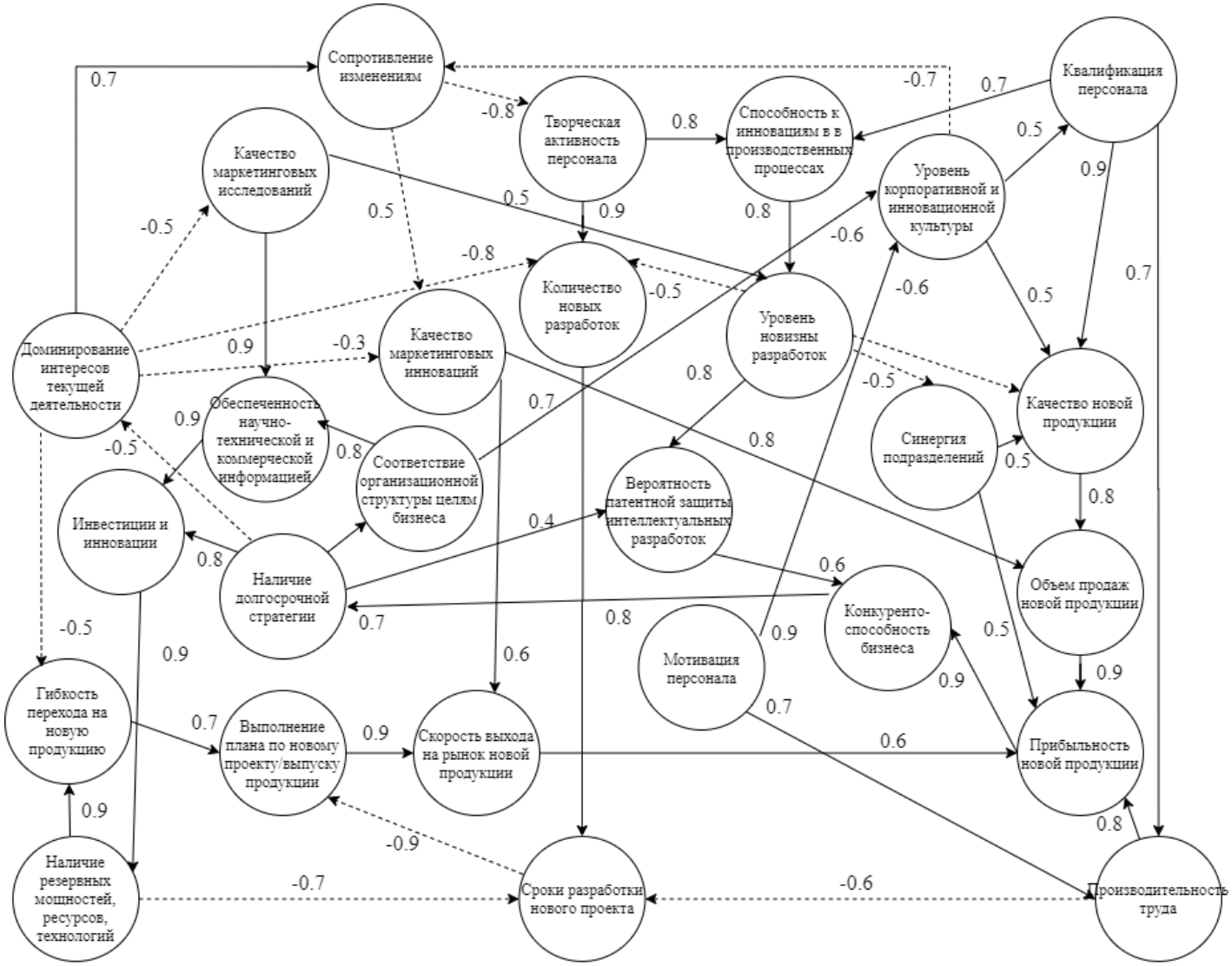


Рис. 3. Когнитивная карта ситуации инновационного механизма развития бизнеса
Источник: составлено автором

Рассматриваемая в работе [1] проблема интеграции базируется на трех экспертных правилах, устанавливающих взаимоотношение значений листовых факторов НИМ с факторами КМ.

Далее построим шкалы критериев в рассматриваемом примере.

Для критериев «уровень интеллектуального развития», «уровень технологического состояния», «уровень расходов на инновации» строится тождественное отображение шкал одноименных факторов КМ в факторы «патентная защита», «наличие технологий и резервных мощностей» и «способность к инновациям», «инвестиции и инновации» шкал критериев НИМ соответственно. Шкала критерия «степень разработанности продукта» на основании второго правила экспертных оценок строится из шкалы фактора «уровень новизны разработок».

Критерию НИМ «уровень организации управления инновационной деятельностью» экспертом был поставлен фактор «выполнение плана» и «прибыльность новой продукции» КК. Листовому критерию «уровень кадрового потенциала» поставлен фактор КМ «квалификация персонала». Шкалы для этих критериев построены по третьему правилу оценок [1].

Следующим этапом предстоит определение интегрированной модели ППР. Для этого необходимо оценить достижимость генеральной цели альтернативами интегрированной модели ППР [11]. В исследуемом примере рассмотрим вариант из 4 альтернатив:

- Альтернатива K_1 – «Улучшение прогресса инновационного развития компании» реализуется как увеличение значения «Прибыльности новой продукции» (№ 27 строки на в табл. 1) и «Выполнение плана проекта» (№ 24 строки в табл. 1) на 10 %. Тогда вектор приращений альтернативы равен P_1 = (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.049, 0, 0, 0.035).
- Альтернатива K_2 – «Уменьшение доли затрат на разработку и внедрение инноваций» реализуется как снижение значения фактора «Инвестиции и инновации» (№ 21 строки в табл. 1) и увеличение фактора «Квалификация персонала» (№ 1 строки в табл. 1) на 10 %. Тогда вектор, определяющий эту альтернативу, будет иметь вид: P_2 = (0.059, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -0.048, 0, 0, 0, 0, 0, 0).
- Альтернатива K_3 – «Увеличение уровня интеллектуальной деятельности» реализуется как увеличение фактора «Возможность патентной защиты» (№ 16 строки в табл. 1) и «Уровня новизны разработок» (№ 12 строки в табл. 1) и имеет вектор P_3 = (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.033, 0, 0, 0, 0.048, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0).

– Альтернатива K_4 – «Усиление уровня технического состояния» реализуется как увеличение значений «Наличие резервных мощностей» (№ 25 строки в табл. 1) и «Способности к внедрению инноваций в производственных процессах» (№ 15 строки в табл. 1) на 10 %. Вектор P_4 = (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.047, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.051, 0, 0).

В примере было предложено (табл. 1) случайное начальное состояние ситуации ($X(0)$), прогнозы развития ситуации для каждой альтернативы X_K, веса листовых критериев V_i и оценка прогноза развития ситуации ($\boldsymbol{X}_{\text{К}}^{\Ф}(m)V_i$, где Ф – множество факторов пересечения).

Таблица 1

Расчеты параметров когнитивной карты ситуации

№	X(0)	$X_1(m)$	4	$X_3(m)$	$X_4(m)$	Vi	$X_1^{\Ф}(m)$ Vi	$X_2^{\Ф}(m)$ Vi	$X3^{\Ф}(m)$ Vi	$X4^{\Ф}(m)$ Vi
1	0,59	0,59	0,649	0,59	0,59	0,10	0,059	0,0649	0,059	0,059
2	0,34	0,340	0,34	0,34	0,34	0	0	0	0	0
3	0,48	0,480	0,48	0,48	0,48	0	0	0	0	0
4	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0	0	0	0	0
5	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0	0	0	0	0
6	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0	0	0	0	0
7	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0	0	0	0	0
8	0,49	0,490	0,49	0,49	0,49	0	0	0	0	0
9	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0	0	0	0	0
10	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0	0	0	0	0
11	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0	0	0	0	0
12	0,33	0,33	0,33	0,363	0,33	0,09	0,0297	0,0297	0,03267	0,0297
13	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0	0	0	0	0
14	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0	0	0	0	0
15	0,47	0,47	0,47	0,47	0,52	0,18	0,0846	0,0846	0,0846	0,09306
16	0,48	0,48	0,48	0,53	0,48	0,14	0,0672	0,0672	0,07392	0,0672
17	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0	0	0	0	0
18	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0	0	0	0	0
19	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0	0	0	0	0
20	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0	0	0	0	0
21	0,48	0,48	0,432	0,48	0,48	0,20	0,096	0,0864	0,096	0,096
22	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0	0	0	0	0
23	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0	0	0	0	0
24	0,49	0,54	0,49	0,49	0,49	0,06	0,03234	0,0294	0,0294	0,0294
25	0,51	0,51	0,51	0,51	0,56	0,11	0,0561	0,0561	0,0561	0,06171
26	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0	0	0	0	0
27	0,35	0,385	0,35	0,35	0,35	0,12	0,0462	0,042	0,042	0,042
F (K_i, V_i)							0,47114	0,4603	0,47369	0,47807

Источник: составлено автором

Оценки достижимости цели для каждой альтернативы, полученные с помощью ИМ, согласно расчетам равны: K_1 = 0,47114 «Улучшение прогресса инновационного развития компании»; K_2 = 0,4603 «Уменьшение доли затрат на разработку и внедрение инноваций»; K_3 = 0,47369 «Увеличение уровня интеллектуальной деятельности»; K_4 = 0,47807 «Усиление уровня технического состояния».

Сопоставив оценки достижимости генеральной цели альтернативам по гибридной модели (рис. 4), определили, что наилучшей альтернативой в рассматриваемом случае выступает вариант K_4, вслед за которым далее идут альтернативы K_3, K_1 и K_2.

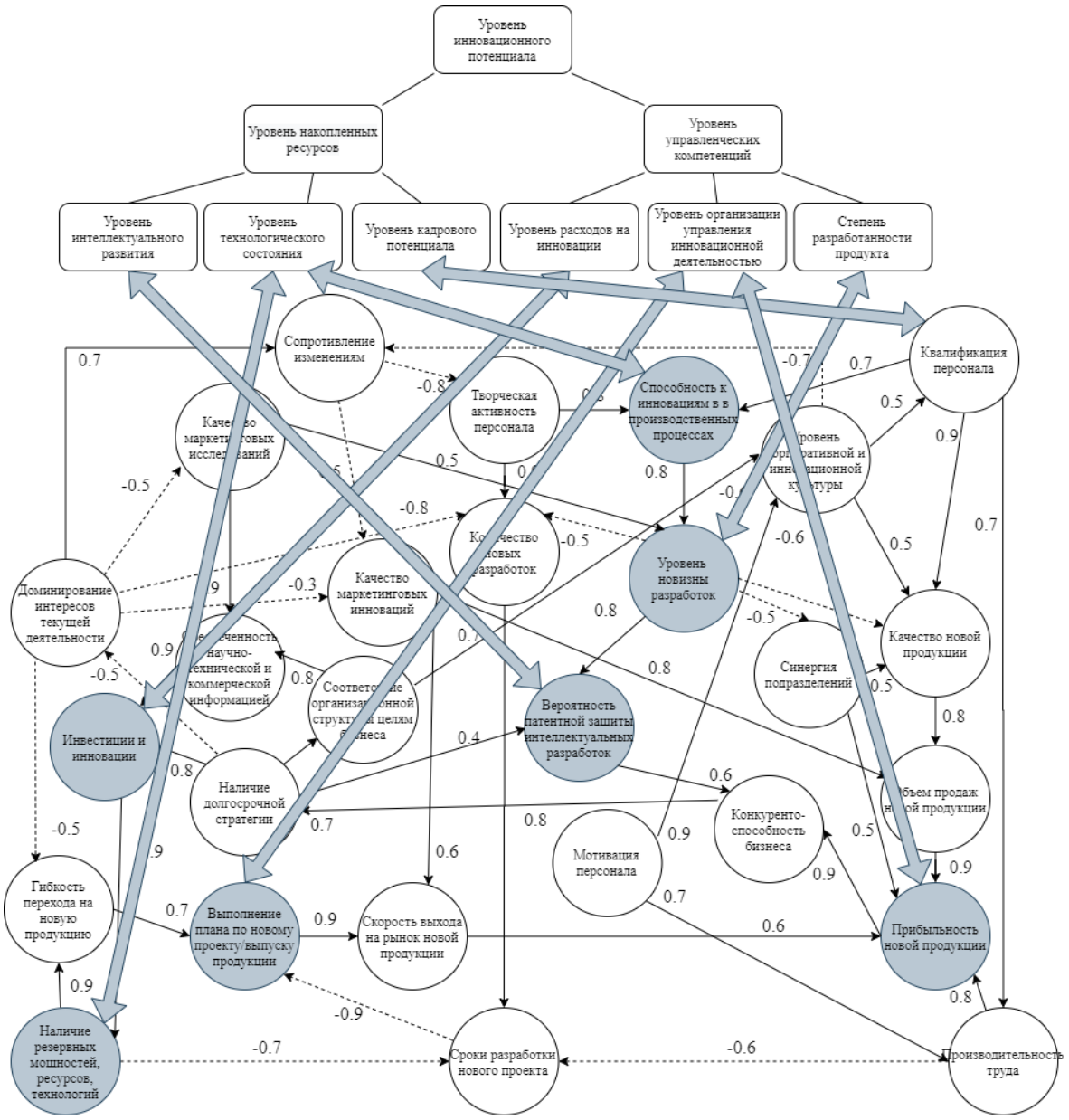


Рис. 4. Гибридная модель поддержки принятия управленческого решения
Источник: составлено автором

Стоит также отметить, что интегрированная модель обладает возможностью генерации альтернатив в зависимости от изменений текущей ситуации.

Полученные результаты

В работе определена интегрированная модель ППР и показана эффективность создания интегрированной гибридной модели ППР, включающей методы НКК и анализа иерархий Саати. Проведенное ситуационное когнитивное картирование инновационного развития бизнес-организации решает задачу выявления причинно-следственных связей между основными категориями (сфера деятельности, персонал, маркетинг и НИОКР) и позволяет оценить уровень инновационного потенциала компании.

Направления дальнейших исследований

Подводя итоги, необходимо отметить, что развитие когнитивных технологий и создание инновационной экосистемы, связанные с эпохой новой промышленной революции, послужат подспорьем для процесса удешевления производства. В этих условиях особый интерес представляет развитие систем продвинутой аналитики, которые с учетом вызовов цифровой экономики способны предоставить бизнес-технологии принципиально нового уровня.

Список литературы

1. Аверкин А.Н., Ярушкв С.А., Авылов В.Ю. Когнитивные гибридные системы поддержки принятия решений и прогнозирования // Программные продукты и системы. 2017. Т. 30. № 4. С. 632–642.

2. Брылина И.В. Когнитивные технологии и их роль в реализации идеи «нового горизонта» управленческих стратегий // Идеи и идеалы. 2018. № 4. Т. 2. С. 181–192. DOI: 10.17212/2075-0862-2018-4.2-181-192.

3. Жайлауов Е.Б., Белик Е.Б., Денисов И.В. Представление бизнес-модели как когнитивной системы // Вопросы инновационной экономики. 2019. Том 9. № 4. С. 1525–1534. DOI: 10.18334/vinec.9.4.41356.

4. Зацаринный А. А., Шабанов А. П. Модели и методы когнитивного управления ресурсами цифровой платформы // Системы управления, связи и безопасности. 2019. № 1. С. 100–122. DOI: 1024411/24109916-2019-10106.

5. Караев Р.А., Микаилова Р.Н., Сафарли И.И., Садыхова Н.Ю., Имамвердиева Х.Ф. Когнитивные инструменты для динамического анализа бизнес-стратегий предприятий // Бизнес-информатика. 2018. № 1 (43). С. 7–16. DOI: 10.17323/1998-0663.2018.1.7.16.

6. Кравченко Т.К., Исаев Д.В. Системы поддержки принятия решений: учебник и практикум для вузов. М.: Издательство Юрайт, 2020. 292 с. ISBN 978-5-9916-8563-4.

7. Петров А.Н., Сулейманкадиева А.Э., Петров М.А. Управление инновационными рисками корпорации в условиях когнитивной экономики // Вопросы инновационной экономики. 2019. Том 9. № 4. С. 1543–1556. DOI: 10.18334/vinec.9.4.41307.

8. Поняева И.И., Никоненко А.В., Ливинцова М.Г. Анализ подходов к управлению цифровой трансформацией в организациях // Неделя науки СПбПУ. Материалы научной конференции с международным участием. ИПМЭиТ. В 3-х частях. СПб.: Политех-Пресс, 2019. С. 40–43.

9. Суслова, Е. В. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений // Молодой ученый. 2017. № 3 (137). С. 171–174.

10. Шабанов Р. М., Микушин Н. А. Интеллектуальная информационная система поддержки принятия решений // Молодой исследователь Дона. 2019. №4 (19). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnaya-informatsionnaya-sistema-podderzhki-prinyatiya-reshenii (дата обращения: 25.05.2020).

11. Ярушев С.А., Аверкин А.Н. Модулярная система прогнозирования на основе нечетких когнитивных карт и нейро-нечетких сетей // Труды VII Всероссийской науч.-практич. конференции «Нечеткие системы, мягкие вычисления и интеллектуальные технологии» (НСМВИТ-2017). 03-07 июля 2017 г., Санкт-Петербург, Россия. СПб: Политехника-сервис, 2017. С. 189–197.

12. Dogru A.K., Keskin B.B. AI in operations management: applications, challenges and opportunities // Journal of Data, Information and Management. 2020. Vol. 2 (June 2020). Publisher: Springer-Verlag, 2020. P. 67–74. DOI: 10.1007/s42488-020-00023-1.

13. Lee J., Jin C., Liu Z. Predictive Big Data Analytics and Cyber Physical Systems for TES Systems // Redding L., Roy R., Shaw A. (eds.) Advances in Through-life Engineering Services. Decision Engineering. Springer, Cham, 2017. P. 97–112. DOI: 10.1007/978-3-319-49938-3_7.

14. Papageorgiou E.I., Poczta K. A two-stage model for time series prediction based on fuzzy cognitive maps and neural networks // Neurocomputing. 2017. Vol. 232. P. 113–121.

УДК 338.226
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-199

Саак Андрей Андреевич,
руководитель направления цифровая платформа образования

КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ РЫНКА ТРУДА НА ПРИМЕРЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

«Сбербанк», Москва, Россия, andrey614408@yandex.ru

Аннотация. В работе была поставлена актуальная задача исследования российского регионального рынка труда в настоящее время по данным Краснодарского края. В качестве инструмента исследования было выбрано когнитивное моделирование сложных систем, являющееся современным инструментом имитационного моделирования структуры и поведения сложных систем. Приведены данные моделирования в виде когнитивной карты рынка труда и сценариев развития ситуаций при предполагаемых изменениях внутренней и внешней среды рынка. Проанализирован сценарий учетом действия государственной молодежной политики.

Ключевые слова: рынок труда, имитация, когнитивное моделирование. сценарий, качество жизни, молодежь.

Andrey A. Saak,
Head of Digital education platform

LABOR MARKET COGNITIVE ANALYSIS ON THE EXAMPLE OF KRASNODAR REGION

Sberbank, Moscow, Russia,
andrey614408@yandex.ru

Abstract. In the work, an urgent task was set to study the Russian regional labor market at present according to the data of the Krasnodar Territory. As a research tool, cognitive modeling of complex systems was chosen, which is a modern tool for simulating the structure and behavior of complex systems. The modeling data is presented in the form of a cognitive map of the labor market and scenarios of the development of situations with the alleged changes in the internal and external environment of the market. The scenario is analyzed taking into account the state youth policy.

Keywords: labor market, imitation, cognitive modeling. script, quality of life, youth.

Введение

В настоящее время мировой и российский рынок труда претерпевают серьезные изменения под воздействием пандемии коронавируса. Поэтому особенно актуальным становится изучение проблем, связанных с этими изменениями, предвидение возможных путей развития рынка труда. Это изучение осложняется тем, что все события происходят в настоящем времени, ситуация на рынке труда быстро меняется, принятие решений осуществляется в условиях неполноты информации и неопределенности. Все это требует применения нетрадиционных методов исследования рынка труда, которые могли бы определенным образом облегчить решение задачи.

В этих целях предлагается использовать имитационное моделирование, в частности, когнитивное моделирование сложных систем [2 – 7, 9, 10, 12, 13, 16 – 18], которое позволяет имитировать структуру и поведение сложной системы. Рынок труда, безусловно, является сложной системой [11, 14]. В данной работе уделено внимание молодежному рынку труда, как наиболее уязвимому сектору рынка в настоящий период времени [7, 8, 11, 17, 18]. Занятость молодежи на рынке труда является существенным условием безопасности, качества жизни молодежи [1, 17, 18]. В связи с этим особую значимость приобретает анализ влияния различных факторов на качество жизни молодежи, которые связаны с рынком труда, экономическим состоянием страны, региона, внешнеполитической обстановкой, государственной молодежной политикой.

Целью данной исследовательской работы было изучить особенности рынка труда, построить когнитивную модель, отображающую структуру причинно-следственных связей в этой сложной системе, провести сценарное моделирование на модели, которое позволяет предвидеть различные варианты развитие ситуаций в системе при изменениях внутренней и внешней среды. В качестве объекта исследования был выбран Краснодарский край, для которого впервые была поставлена такая задача.

Краснодарский край, входящий в Южный федеральный округ, является наиболее динамичным и перспективным среди других регионов округа. Это обусловлено его географическим и геополитическим положением, климатическими условиями, благоприятными для сельского хозяйства. Но, как и для всякого региона РФ, в Краснодарском крае существует немало проблем рынка труда. Это обусловлено рядом факторов, в том числе [15, С. 3], «…пограничным положением рядом с миграционно активными регионами, особенностями системы расселения (высокая доля сельского населения), сезонным характером занятости в ряде отраслей хозяйственного комплекса. Рынок труда отражает состояние экономики края … Ключевыми проблемами рынка труда являются высокий уровень неформальной занятости, дисбаланс спроса и предложения на рынке труда, несоответствие качества образования запросам работодателей (из числа безработных 9.9 % имеют образование выше общего). В то же время на состояние рынка труда оказывают влияние такие факторы, как демографическая ситуация, миграционные процессы и качество жизни населения».

В статье приводятся некоторые результаты когнитивного имитационного моделирования рынка труда Краснодарского края с учетом молодежной специфики.

Имитационное когнитивное моделирование рынка труда

Когнитивное моделирование сложных систем, как известно, [2, 3, 12, 13] производится поэтапно. На первом этапе на основе теоретических знаний предметной области, экспертных опросов, статистических данных и др. информации, путем проведения SWOT- и PEST – анализа определяются вершины когнитивной модели и отношения между ним. На основании этой информации строится знаковый ориентированный граф как математическая форма когнитивной карты сложной системы. На последующих этапах происходит анализ когнитивной карты, по результатам которого принимается решение о возможности использования разработанной когнитивной модели для проведения сценарного анализа. Сценарный анализ производится путем импульсного моделирования [12, 13].

Результаты сценарного анализа могут быть использованы для разработки стратегий развития исследуемой системы.

На рисунке 1 изображена когнитивная карта, которая в обобщенном виде представляет причинно-следственные связи между основными факторами, которыми принято характеризовать рынок труда.

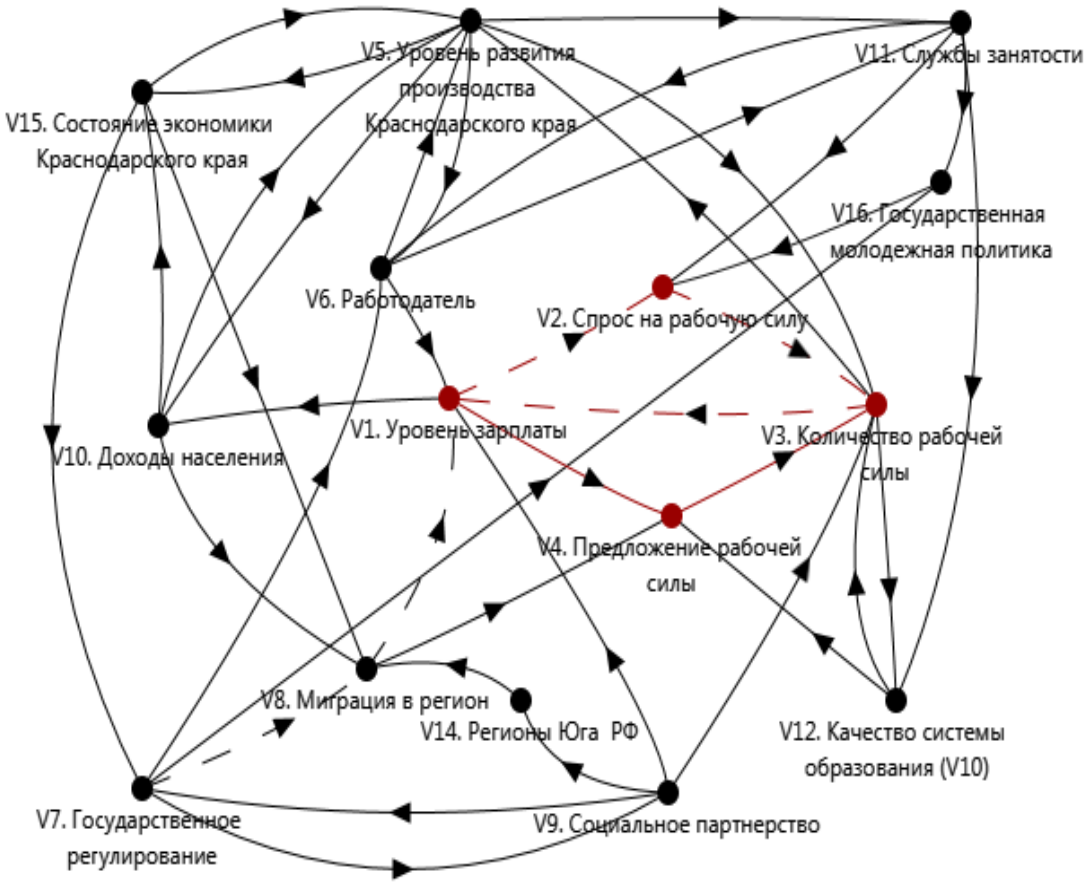


Рис. 1. Когнитивная карта «Рынок труда»

В таблице 1 и на рисунке 2 изображены результаты импульсного моделирования по одному из возможных сценариев развития системы. Был поставлен вопрос о результатах влияния Государственного регулирования рынка труда и Государственной молодежной политики на развитие ситуаций в регионе. Графики импульсных процессов (рис. 2) построены по данным вычислительного процесса (табл. 1).

Как видно по результатам моделирования, данный сценарий можно считать достаточно эффективным. При усилении государственного регулирования и продуманной государственной молодежной политике состояние экономики Краснодарского края может оставаться стабильным, уровень жизни может начать повышаться (что заметно уже на 2-м шаге моделирования), уровень производства начинает возрастать, миграция стабилизируется на невысоком уровне.

Таблица 1

Результаты импульсного моделирования

Шаг Вершина	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0
V1. Уровень зарплаты	0.0	0.0	0.0	3.0	1.0	0.0	0.0	0.0
V2. Спрос на рабочую силу	0.0	0.0	1.0	2.0	0.0	5.0	0.0	0.0
V3. Количество рабочей силы	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0
V4. Предложение рабочей силы	0.0	0.0	0.0	-1.0	2.0	3.0	0.0	0.0
V5. Уровень развития производства Краснодарского края	0.0	0.0	0.0	1.0	3.0	0.0	0.0	0.0
V6. Работодатель	0.0	0.0	1.0	1.0	4.0	7.0	0.0	0.0
V8. Миграция в регион	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	4.0	9.0	0.0
V10. Доходы населения	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	4.0	0.0	0.0
V11. Службы занятости	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	7.0	0.0	0.0
V12. Качество системы образования (V10)	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
V7. Государственное регулирование	0.0	1.0	1.0	2.0	2.0	4.0	10.0	0.0
V9. Социальное партнерство	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	2.0	4.0	10.0
V15. Состояние экономики Краснодарского края	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	7.0	0.0	0.0
V14. Регионы Юга РФ	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	2.0	4.0
V16. Государственная молодежная политика	0.0	1.0	2.0	2.0	4.0	5.0	12.0	0.0

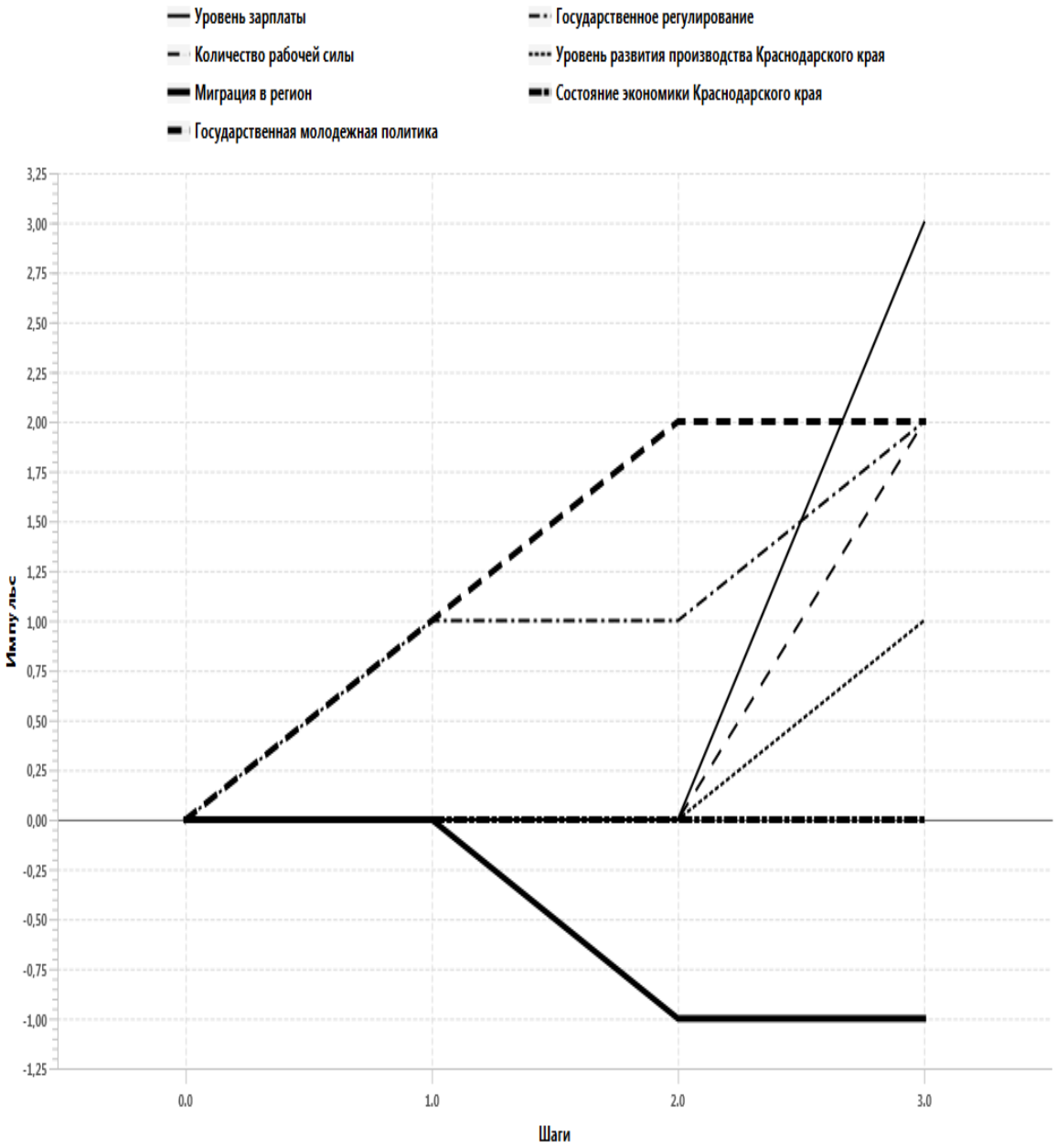


Рис. 2. Графики импульсных процессов в вершинах *V*1, *V*5, *V*7, *V*8, *V*12, *V*15, *V*16

В процессе когнитивного исследования были проанализированы и другие сценарии, моделируемые внесением импульсных возмущений в одну, две, три и более вершин когнитивной карты.

Заключение

Использование имитационного когнитивного моделирования при изучении сложных систем, в данном случае, рынка труда, дает возможность на основании имеющихся знаний о системе порождать новые знания о возможном ее будущем при заданной структуре отношений между основными, базовыми факторами, характеризующими систему. Приведенные в статье результаты когнитивного моделирования являются «стартовыми» для продолжения исследования.

Список литературы

1. Васильева А. И., Баишев И. И. Угрозы социальной безопасности студенческой молодежи // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2017. Т. 32. С. 294–295. URL: http://e-koncept.ru/2017/771086.htm (дата обращения: 11.05.2020).

2. Gorelova G.V., Pankratova N.D. Scientific Foresight and Cognitive Modeling of Socio-Economic Systems // Proc. of the 18th IFAC Conference on Technology, Culture and International Stability (TECIS-2018). IFAC Papers OnLine 51-30. ELSEVIER, 2018. P. 145–149.

3. Gorelova G.V., Pankratova, N.D. Strategy of complex systems development based on the synthesis of foresight and cognitive modeling methodologies // Proceedings of 1-st International Conference on System Analysis and Intelligent Computing (IEEE SAIC) 20184.

4. Горелова Г.В. Анализ когнитивной структуры рынка труда // Сб. трудов V междун. конф. «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2011). М.: Изд. ИПУ РАН, 2011. С. 96–102.

5. Горелова Г.В. Рынок труда Юга России, когнитивный анализ развития / Сб. статей «Системный анализ и информационные технологии»: материалы 14-й Международной научно-технической конференции SAIT 2012. К.: УНК “ИПСА” НТУУ “КПИ”, 2012. С.44–46.

6. Горелова Г.В., Мандель М.В. Имитационное моделирование как инструмент исследования регионального рынка труда // Журнал «Вестник АГУ». 2012. №4. С.227–237.

7. Горелова Г.В., Каурова О.В., Саак А.А., Вишнякова В.А. Когнитивный подход к исследованию проблем занятости молодежи на рынке труда // Социальная политика и социология. М.: Изд. РГСУ, 2017. Т16, №1. С. 18–27.

8. Зубок Ю.А., Ростовская Т.К., Смакотина Н.Л. Молодежь и молодежная политика в современном российском обществе. М.: ИТД «ПЕРСПЕКТИВА», 2016. 166 с.

9. Иванус А.И., Гармоничный подход к когнитивному управлению инновационной экономикой. М.: «Академия Тринитаризма». Эл № 77-6567, публ. 17246, 22.01.2011.

10. Инновационное развитие социо-экономических систем на основе методологий предвидения и когнитивного моделирования. Коллективная монография / Под ред. Г.В. Гореловой, Н.Д. Панкратовой. Киев: «Наукова Думка». 2015. 464.

11. Курышов И.В. Специфика молодежного рынка труда // Вестник Поволжского института управления. 2008. Вып. №3\2008. С. 154–158.

12. Кульба В.В., Кононов Д.А., Ковалевский С.С., Косяченко С.А, Нижегородцев Р.М., Чернов И.В. Сценарный анализ динамики поведения социально-экономических систем. М.: ИПУ РАН, 2002. 122 с.

13. Максимов В.И. Когнитивные технологии – от незнания к пониманию // Труды 1-ой Международной конференции «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций» (CASC’2001). М: ИПУ РАН, 2001. Том 1. С. 4–18.

14. Моделирование систем и процессов: учебник для академического бакалавриата / В. Н .Волкова, Г. В. Горелова, В. Н. Козлов и др. Под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. М.: Изд-во Юрайт, 2014. 592 с.

15. Обзор рынка труда Краснодарского края. М.: НИУ ВШЭ, 2020. 37 с.

16. Программа для когнитивного моделирования и анализа социально-экономических систем регионального уровня. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2018661506 от 07.09.2018.

17. Саак А.А. Исследование взаимосвязи качества жизни молодежи с социально-экономической средой // Проблемы экономики и юридической практики. 2018. №1. С. 57–60.

18. Саак А.А. Причинный анализ и когнитивное моделирование качества жизни молодежи // Вестник адыгейского государственного университета. 2018. №1. С. 96–10.

УДК 330.1
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-200

Ткаченко Юлия Григорьевна[1],
канд. экон. наук, доцент, доцент;
Тюшняков Виталий Николаевич[2],
канд. экон. наук, доцент, доцент

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УРОВНЯ ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ РЕГИОНА

[1, 2] Южный федеральный университет, Таганрог, Россия,
[1] julikatka@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы имитационного моделирования уровня жизни населения. Предложено использовать когнитивное имитационное моделирование как инструмент получения новых знаний о региональной социально-экономической, экологической, политической системе, определяющей уровень жизни населения региона. Разработана когнитивная модель системы, сделан анализ ее структурных свойств и проведено сценарное моделирование возможного развития ситуаций в системе под воздействием различных акторов. Полученные результаты проиллюстрированы несколькими примерами. Новизна работы состоит в применении новой информационной технологии когнитивного моделирования к изучению уровня жизни населения конкретного региона.

Ключевые слова: уровень жизни, население, регион, имитация, когнитивное моделирование, сценарный анализ.

Yulia G. Tkachenko[1],
Candidate of Economics, Associate Professor of Economic Sciences,
Associate Professor;
Vitaly N. Tyushnyakov[2],
Candidate of Economics, Associate Professor of Economic Sciences,
Associate Professor

LIVING STANDARDS OF THE POPULATION OF THE REGION SIMULATION MODELING

[1, 2] Southern Federal University, Taganrog, Russia,
[1] julikatka@yandex.ru

Abstract. The article deals with the issues of simulation modeling of the living standards of the population. It is proposed to use cognitive simulation as a tool for obtaining new knowledge about the regional socio-economic, ecological, political system that determines the standard of living of the region's population. A cognitive model of the system is developed, an analysis of its structural properties is made, and scenario modeling of the possible development of situations in the system under the influence of various actors is carried out. The obtained results are illustrated with several examples. The novelty of the work lies in the application of a new information technology of cognitive modeling to the study of the living standards of the population of a particular region.

Keywords: standard of living, population, region, imitation, cognitive modeling, scenario analysis.

Введение

Качество и уровень жизни населения более всего должны характеризовать состояние экономики любой страны и проблема улучшения качества жизни населения является важнейшей стратегической задачей развития общества. Обеспеченность жителей страны, любого ее региона материальными благами, их финансовая и духовная удовлетворённость тем объёмом товаров, услуг и возможностей, которую они могут использовать в данный период, зависят не только от экономики страны, но также и от ее социального, экологического, политического состояния. Следует учитывать, что проблемы качества и уровня жизни населения России обострились последнее время в связи с пандемией коронавируса и экономическим спадом. Возникла необходимость глубокого изучения как возникших проблем, так и способов их преодоления. Поэтому в настоящее время проблемы качества и уровня жизни населения России являются предметом большого количества исследований и объектом принятия управленческих решений на всех уровнях государственной власти [11 – 13, 18].

1. Разработка когнитивной модели

В процессе исследования категории «качество жизни» было принято решение разрабатывать двухуровневую когнитивную модель. Верхний уровень модели представляет собой агрегированные составляющие качества жизни, нижний уровень предполагает детальное раскрытие отдельных качественных и количественных составляющих, которые могут быть характерны для конкретного региона. При разработке когнитивной модели использовались существующие теоретические и практические знания о качестве жизни, статистические данные, экспертные опросы, проводился SWOT–анализ.

Как известно, когнитивная карта представляет собой знаковый ориентированный граф [1, 11, 14 – 17]

$$G = \langle V, E \rangle, \quad (1)$$

где V – множество вершин, E – множество дуг графа. Двухуровневая когнитивная карта – это модель

$$I_{2G} = \langle G_1, G_2, E_{1,2} \rangle, \quad (2)$$

где G_1, G_2 – когнитивные карты верхнего и нижнего уровней соответственно, $E_{1,2}$ – множество дуг, соединяющих вершины уровней.

В таблице 1 помещены вершины карты верхнего уровня, которые были выбраны в процессе исследования; представлен фрагмент таблицы.

Когнитивная карта разрабатывается с помощью CMLS [16]. На рисунке 1 положительные дуги между вершинами изображены сплошными линиями, отрицательные – пунктирными.

Выбор вершин и определение отношений (причинно-следственных связей, взаимодействий, взаимовлияний) между ними определяют структуру когнитивной карты

После проверки соответствия когнитивной модели на соответствие реальности (формальными методами с помощью CMLS и экспертно) возможно проводить сценарное моделирования развития ситуаций на модели [3 – 10, 14]. Анализ возможных сценариев, полученных с помощью импульсного моделирования [14], позволяет получать ответы на вопрос: «А что будет, если …?» Например, что будет с уровнем жизни, если начнут расти политические риски или возрастет уровень развития производства. Ниже приведены результаты моделирования двух сценариев.

2. Сценарное моделирование

Рассмотрим следующую гипотетическую ситуацию: предположим, что в системе начнут возрастать риски.

***Сценарий* № 1**. Пусть растут риски, в вершину $V12$ вносится возмущающий импульс $q_{12} = +1$.

Результаты моделирования представлены графиками (рис. 2).

Сценарий № 1 можно считать «пессимистичным». Как видно в этом случае, графики импульсных показывают негативные тенденции изменений в индикативных и других вершинах «в будущем».

Рассмотрим гипотетическую ситуацию, оценив возможность противостоять рискам с помощью продуманной государственной политики в области повышения качества жизни и в условиях развития производства.

Таблица 1

Вершины когнитивной карты верхнего уровня G_1 «Качество жизни»

Код	Наименование вершины	Определение вершины, обоснование выбора	Тип вершины
V_1	Качество жизни	«Качество жизни» является категорией, обобщающей социально-экономические характеристики жизни людей в любом обществе и в любой исторический период, раскрывающей не только жизнедеятельность, жизнеобеспечение, но и жизнеспособность общества, как целостного социального организма. Качество жизни является основной характеристикой благосостояния народа	Целевая, индикативная
V_2	Внешняя среда	«Внешняя среда» по отношению к системе «Качество жизни» определяется политическим, экономическим, экологическим состоянием страны	Возмущающая
V_3	Уровень жизни	«Уровень жизни (уровень благосостояния) - степень удовлетворения материальных и духовных потребностей людей массой товаров и услуг, используемых в единицу времени»	Целевая, индикативная
V_4	Профессиональные, личностные и физические качества личности	Профессиональные, личностные и физические качества личности - совокупность характеристик различных сторон личности, определяемые уровнем образования, здоровьем, моральными устоями, гражданственной позицией и др.	Управляемая
V12	Риски	«Риски» - могут быть внутренними и внешними, подразделяемые на экономические, социальные, экологические, политические, управленческие»; могут существенно влиять на устойчивое развитие страны, снижать качество жизни населения (п. 2.1, п.3.1)	Возмущающая
V15	Государственная политика в области повышения качества жизни населения	«Государственная политика в области регулирования уровня и качества жизни населения», реализуется через систему социальной, экономической политики государства. Социальная государственная политика обеспечивает «прямое» воздействие на уровень и качество отдельных (слабозащищенных) слоев населения; государственная экономическая политика оказывает «косвенное» воздействие на благосостояние населения	Управляющая

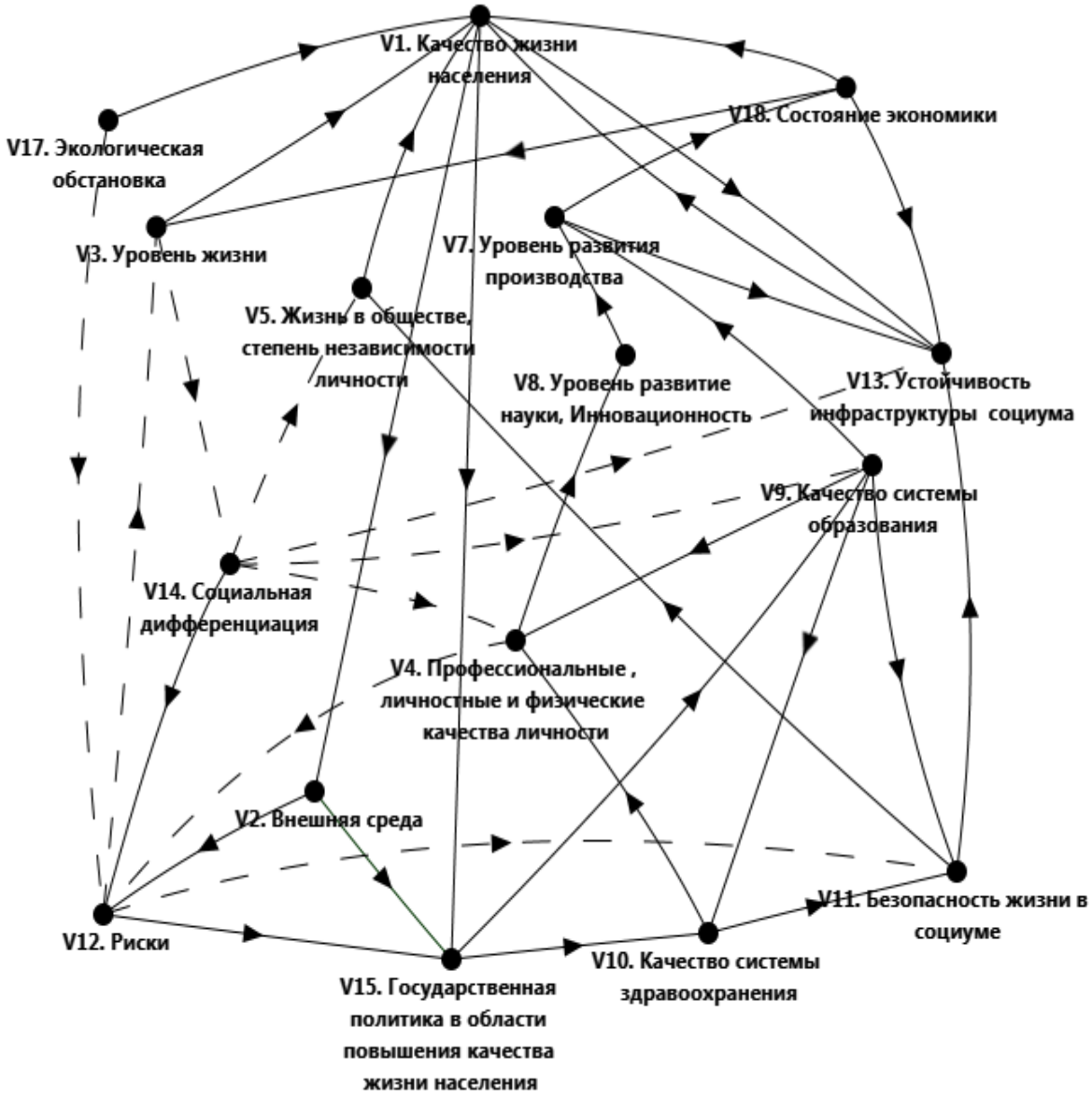


Рис.1. Когнитивная карта G_1 «Качество жизни» верхнего уровня

***Сценарий* № 2**. Государственная политика противостоит $q_{15} = +1$ нарастающим рискам $q_{12} = +1$, уровень развития производства повышается $q_7 = +1$.

Результаты моделирования представлены рисунке 3.

Сценарий № 2 можно назвать «оптимистичным», т. к. риски снижаются, социальная дифференциация уменьшается, а качество и уровень жизни могут при этом повышаться, также, как и качество системы образования, и развитие производства.

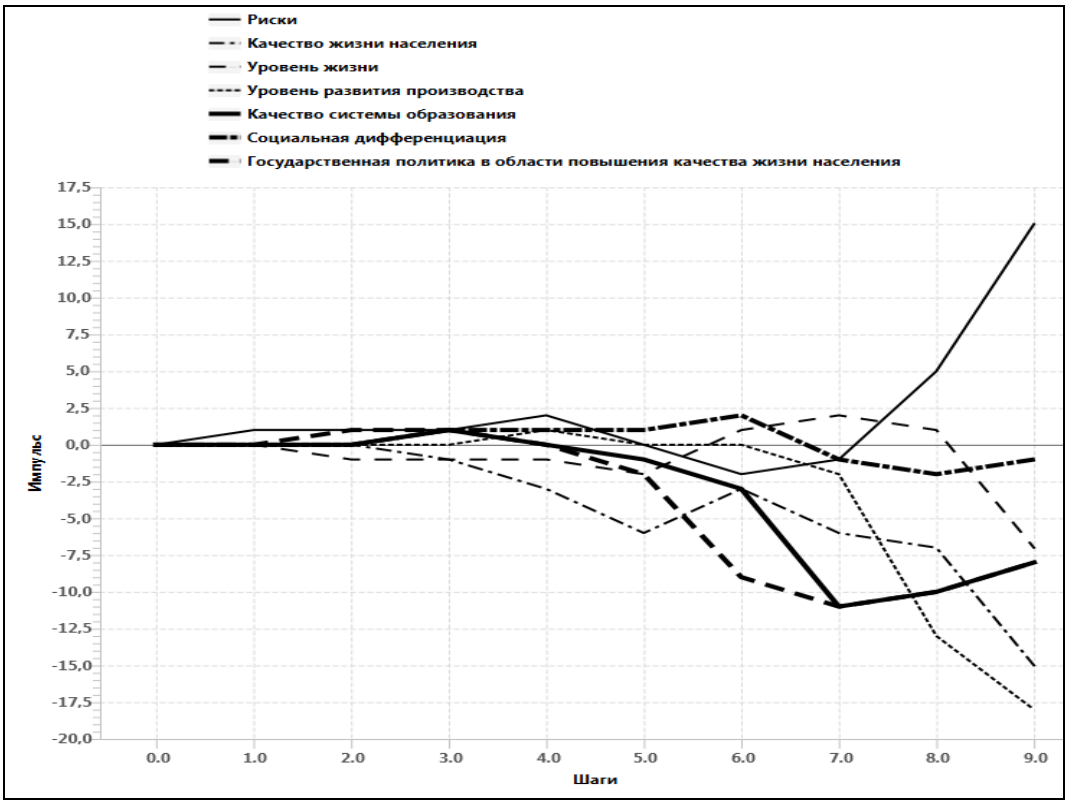


Рис. 2. Графики импульсных процессов, Сценарий №1

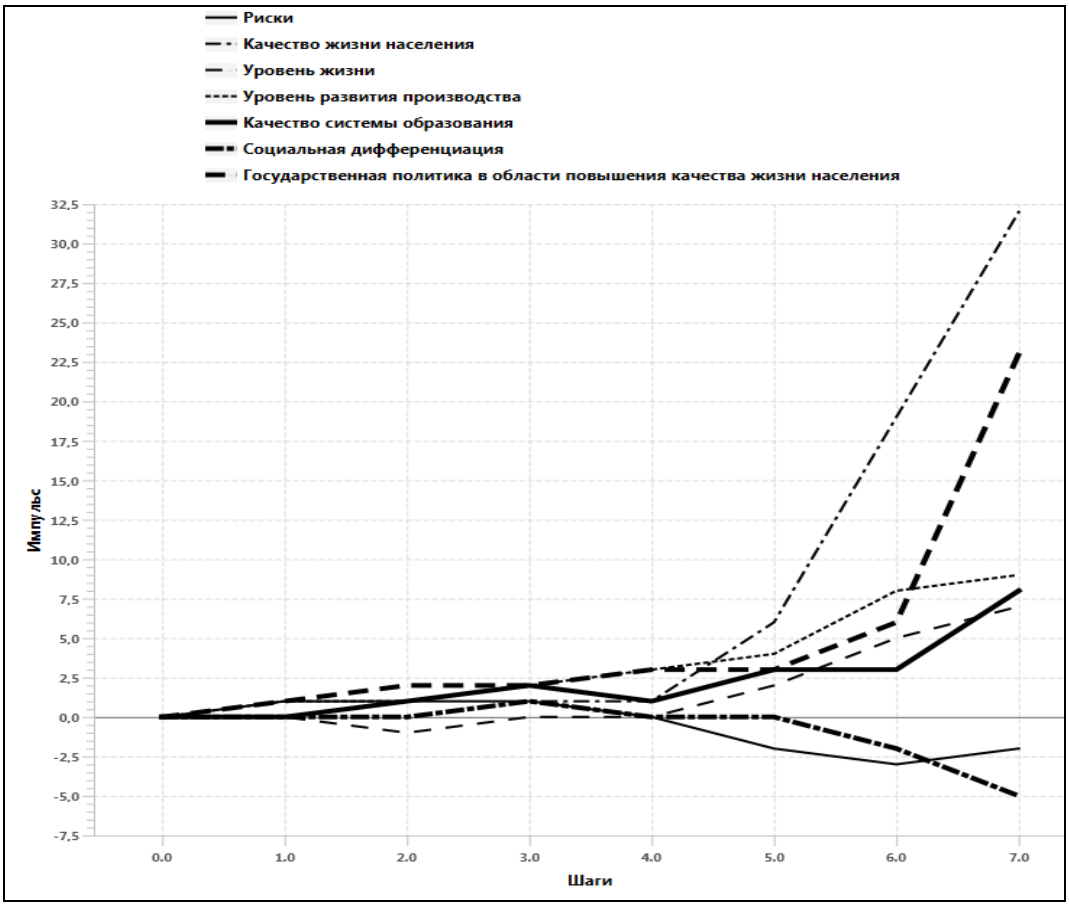


Рис. 3. Графики импульсных процессов, Сценарий №2

Заключение

В работе было проведено исследование влияния разных факторов на качество жизни путем когнитивного имитационного моделирования.

Когнитивная модель (рис. 1) позволила провести сценарный анализ развития ситуаций при изменениях различных факторов, действующих на качество жизни. Приведенные примеры реализации двух сценариев из набора более 10 сценариев предвидения развития процессов в системе иллюстрируют возможные худший и хороший сценарии.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект «Разработка концепции повышения уровня и качества жизни населения региона в условиях межмуниципальной дифференциации с учётом трендов цифровизации экономики» № 20-010-00815 А.

Список литературы

1. Avdeeva Z. K., Kovriga S. V. On Governance Decision Support in the Area of Political Stability Using Cognitive Maps // Proc. of the 18 th IFAC Conference on Technology, Culture and International Stability (TECIS2018). IFAC Papers OnLine 51–30. 2018. P. 498–503.

2. Григорий В. Томский. Категория качества жизни // Concorde. 2015. Вып.1. С. 3–15.

3. Горелова Г.В., Захарова Е.Н., Радченко С.А.. Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход. Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2006. 332 с.

4. Gorelova G.V., Pankratova N.D. Scientific Foresight and Cognitive Modeling of Socio-Economic Systems // Proc. of the 18th IFAC Conference on Technology, Culture and International Stability (TECIS-2018), IFAC Papers OnLine. ELSEVIER, 2018. 51–30. P. 145–149.

5. Gorelova G.V., Pankratova N.D. Strategy of complex systems development based on the synthesis of foresight and cognitive modelling methodologies // 2018 IEEE First International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (SAIC), Kiev, Ukraine, 2018. P. 1–6. DOI: 10.1109/SAIC.2018.8516884.

6. Gorelova G.V., Lyabach N.N., Kuizheva S.K. Application of Cognitive Modeling in the Study of the Interrelations between the Educational system and Society // Revivista Espacios. 2017. Vol. 38. № 65.

7. Горелова Г.В., Саак А.А. Занятость молодежи, качество жизни, когнитивное моделирование // Доклады XIII Всероссийского совещания по проблемам управления, ВСПУ-2019. 17-20 июня 2019 г., Москва, Россия. 6 с.

8. Ginis L.A., Gorelova G.V., Kolodenkova A.E. Cognitive and modelling modeling of development of regional economy system // International Journal of Economics and Financial Issues. 2016. Vol. 6(5). P. 97–103. DOI:10.2991/itsmssm-17.2017-12.

9. Жертовская Е.В., Якименко М.В., Тюшняков В.Н. Имитационное моделирование инновационного развития регионов юга России на основе композиции когнитивного моделирования и методов программно-проектного управления для решения задач стратегического управления // Фундаментальные исследования. 2015. № 12–5. С. 1017–1023.

10. Инновационное развитие социо-экономических систем на основе методологий предвидения и когнитивного моделирования. Коллективная монография / Под ред. Г.В. Гореловой, Н.Д. Панкратовой. Киев: «Наукова Думка», 2015. 464 с.

11. Ибрагимова П.И., Дадаева Б.Ш. Качество жизни населения как основной показатель социально-экономического развития страны // Современные тенденции в образовании и науке. Тамбов, 2013. С. 74–76.

12. Кисуркин А.А. Качество жизни населения: региональные социально-экономические аспекты. Абакан: ГОУ ВПО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова», 2010. 216 с.

13. Козлова Т.Н. Качество жизни населения как важный показатель состояния общества. Материалы всероссийской научно-практической конференции «Экономика и менеджмент: проблемы и перспективы развития». Махачкала: МавраевЪ, 2012. С. 165–175.

14. Кульба В.В., Кононов Д.А., Ковалевский С.С., Косяченко С.А, Нижегородцев Р.М., Чернов И.В. Сценарный анализ динамики поведения социально-экономических систем. М.: ИПУ РАН, 2002. 122 с.

15. Моделирование систем и процессов: учебник для академического бакалавриата / В. Н .Волкова, Г. В. Горелова, В. Н. Козлов и др. Под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. М.: Изд-во Юрайт, 2014. 592 с.

16. Программа для когнитивного моделирования и анализа социально-экономических систем регионального уровня. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2018661506 от 07.09.2018.

17. Roberts F.S. Graph Theory and its Applications to Problems of Society. Philadelphia, PA: Society for Industrial and Applied Mathematics, 1978.

18. Филюков И. А. Качество жизни населения как показатель эффективности социально-экономического управления в регионе: дис. … канд. социол. наук: спец. 22.00.08. М.: Российская академия государственной службы при Президенте Российской Федерации, 2009. 174 с.

УДК 004.942
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-201

Исмиханов Заур Намединович,
канд. экон. наук, доцент, декан

СИСТЕМА ВЗАИМОЗАВИСИМЫХ УРАВНЕНИЙ КАК ИНСТРУМЕНТ КОГНИТИВНОГО АНАЛИЗА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Дагестанский государственный университет», Махачкала, Россия,
zaur_7979@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена изучению особенностей построения систем взаимозависимых уравнений как метода выявления структуры связей и зависимостей между показателями развития социально-экономической системы для решения задач организационного управления и прогнозирования. Система взаимозависимых уравнений в работе рассматривается как один из важных этапов анализа сложных ситуаций, выявления

причинно-следственных связей между различными показателями развития социально-экономической системы, построения когнитивной карты. В рамках такой системы может быть проведена оценка количественных взаимосвязей показателей развития системы, а также получить статистически значимые идентифицируемые структурные модели взаимосвязи показателей развития изучаемой системы, позволяющие оценивать прогнозные значения эндогенных показателей в зависимости от изменения экзогенных. Результаты построения моделей могут быть применены при разработке когнитивных карт для анализа и прогнозирования поведения сложной социально-экономической системы.

Ключевые слова: когнитивная карта, структурная форма модели, проблема идентификации, прогнозирование, статистическая значимость, система взаимозависимых уравнений, причинный анализ.

Zaur A. Ismikhanov,
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor

SYSTEM OF INTERDEPENDENT EQUATIONS AS AN INSTRUMENT OF COGNITIVE ANALYSIS OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

Dagestan State University, Makhachkala, Russia,
zaur_7979@mail.ru

Abstract. The article is devoted to the study of the features of constructing systems of interdependent equations as a method for identifying the structure of relations and dependencies between the indicators of the development of a socio-economic system for solving organizational management and forecasting problems. The system of interdependent equations in the work is considered as one of the important stages of the analysis of complex situations, the identification of cause-effect relationships between various indicators of the development of the socio-economic system, and the construction of a cognitive map. The paper assesses the quantitative relationships of agricultural development indicators in the regions based on interdependent equations. We obtained statistically significant identifiable structural models of the relationship between indicators of agricultural development, allowing us to estimate the predicted values of endogenous indicators depending on changes in exogenous ones. The results of building models can be applied in the development of cognitive maps for analysis and prediction of the behavior of a complex socio-economic system.

Keywords: cognitive map, structural form of the model, identification problem, forecasting, statistical significance, system of interdependent equations, causal analysis.

Введение

На современном этапе развития российского общества особенно актуальными становятся проблемы, связанные с методами организационного управления и прогнозирования поведения сложных социально-экономических систем [1, 2]. В связи с этим особую значимость приобретает применение формализованных методов анализа структуры, поведения таких систем для принятия эффективных управленческих решений [3].

В последние годы хорошо зарекомендовали себя когнитивные технологии исследования сложных организационных систем и

проведение на их основе имитационного моделирования различных показателей, характеризующих их поведение.

В основе применения когнитивных технологий лежит построение когнитивной карты (модели) для проведения расчетных экспериментов по оценке тенденций изменения поведения системы по тем или иным показателям.

Построение когнитивной карты представляет сложный итерационный процесс, в котором находят применение различные методы анализа, такие как экспертный, регрессионный, статистический анализ, SWOT-анализ и др.

Когнитивная карта представляет собой схему причинно-следственных связей между различными показателями изучаемого объекта или системы. И на первый план выходит проблема выявления и оценки связей по форме «причина-следствие». В этом смысле построение системы взаимозависимых регрессионных уравнений становится одним из значимых этапов выявления структуры связей между показателями развития различных систем и разработки когнитивной карты [4].

Одновременные регрессионные уравнения являются достаточно эффективным инструментом описания и анализа сложных социально-экономических систем, к которым, безусловно, можно отнести и отрасль сельского хозяйства страны. Несмотря на то, что мы изучили достаточное количество работ, посвященных исследованию поведения таких систем на основе широкого класса эконометрических моделей, но публикаций, в которых можно найти применение систем одновременных уравнений не так уж и много.

В связи с тем, что эти уравнения описывают структуру изучаемой системы или объекта комплекс этих уравнений называют структурной моделью:

$$\begin{cases} Y_1 = b_{12} * Y_2 + \ldots + b_{1n} * Y_n + a_{11} * X_1 + a_{12} * X_2 + \ldots + a_{1m} * X_m + \varepsilon_1, \\ Y_2 = b_{21} * Y_1 + \ldots + b_{2n} * Y_n + a_{21} * X_1 + a_{22} * X_2 + \ldots + a_{2m} * X_m + \varepsilon_2, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ Y_n = b_{n1} * Y_1 + \ldots + b_{nn-1} * Y_{n-1} + a_{n1} * X_1 + a_{n2} * X_2 + \ldots + a_{nm} * X_m + \varepsilon_n, \end{cases} \quad (1)$$

где b_{ij} – коэффициенты при эндогенных (зависимых) переменных, $i=\overline{1,n}$, $j=\overline{1,m}$;

a_{ij} – коэффициенты при экзогенных (предопределенных) переменных, $i=\overline{1,n}$, $j=\overline{1,m}$;

$Y_1, Y_2, \ldots, Y_n$ – эндогенные (зависимые) переменные;

$X_1, X_2, \ldots, X_m$ – экзогенные (предопределенные) переменные;

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, ..., \varepsilon_n$ – случайная компонента.

Для построения структурной модели (1) необходимо оценить структурные коэффициенты модели на основе коэффициентов приведенной формы модели:

$$\begin{cases} Y_1 = \delta_{11} * X_1 + \delta_{12} * X_2 + ... + \delta_{1m} * X_m, \\ Y_2 = \delta_{21} * X_1 + \delta_{22} * X_2 + .. + \delta_{2m} * X_m, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ Y_n = \delta_{n1} * X_1 + \delta_{n2} * X_2 + ... + \delta_{nm} * X_m, \end{cases} \quad (2)$$

где δ_{ij} – коэффициенты приведенной формы модели ($i = \overline{1,n}$, $j = \overline{1,m}$);

$Y_1, Y_2, ..., Y_n$ – эндогенные (зависимые) переменные;

$X_1, X_2, ..., X_m$ – экзогенные (предопределенные) переменные.

Алгоритм оценки параметров структурной модели (1) следующий.

1. Структурная форма модели преобразуется в приведенную форму модели.

2. Оценка параметров приведенной формы модели методом наименьших квадратов.

3. Оценка структурных коэффициентов структурной формы модели на основе приведенных коэффициентов приведенной формы.

Вообще говоря, структурная эконометрическая модель с двумя эндогенными (зависимыми) и двумя экзогенными (предопределенными) переменными имеет следующий вид:

$$\begin{cases} Y_1 = b_{12} * Y_2 + a_{11} * X_1 + \varepsilon_1, \\ Y_2 = b_{21} * Y_1 + a_{22} * X_2 + \varepsilon_2, \end{cases} \quad (3)$$

где b_{12}, b_{21} – коэффициенты при эндогенных переменных;

a_{11}, a_{22} – коэффициенты при экзогенных переменных;

Y_1, Y_2 – эндогенные (зависимые) переменные;

X_1, X_2 – экзогенные (предопределенные) переменные;

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – случайная компонента.

Для построения системы одновременных уравнений вида (3) необходимо применить косвенный метод наименьших квадратов. Он наиболее часто применятся в научной литературе для оценки коэффициентов идентифицируемой структурной модели.

Приведенная форма модели при этом выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} Y_1 = \delta_{11} * X_1 + \delta_{12} * X_2 + \mu_1, \\ Y_2 = \delta_{21} * X_1 + \delta_{22} * X_2 + \mu_2, \end{cases} \quad (4)$$

где $\delta_{11}, \delta_{12}, \delta_{21}, \delta_{22}$ – параметры приведенной формы модели;

Y_1, Y_2 – эндогенные (зависимые) переменные;

X_1, X_2 – экзогенные (предопределенные) переменные;

μ_1, μ_2 – случайная компонента.

Вопросы построения структурных моделей сталкиваются с проблемой идентификации, когда необходимо найти единственное решение оценки структурных коэффициентов на основе приведенных параметров. Необходимо, чтобы было соблюдено важное условие, когда количество структурных коэффициентов не было больше числа коэффициентов приведенной модели. В случае нарушения этого условия говорим о невозможности оценки структурных коэффициентов и построения структурной модели.

Проверка идентификации структурной модели подразумевает проверку каждого уравнения. Мы говорим об идентифицируемой структурной модели, когда каждое уравнение является идентифицируемым. В таблицах 1 и 2 приведены алгоритмы проверки идентифицируемости каждого уравнения структурной модели по необходимому и достаточному условиям.

Таблица 1

Алгоритм проверки необходимого условия идентифицируемости структурной модели

Уравнение	**Входные данные проверки идентификации**	**Счетные правила идентифицируемости**	**Вывод**
Номер уравнения	*H* – число эндогенных переменных в уравнении;	*D*+1=*H*	Идентифицируемо
	D – число экзогенных переменных модели, не входящих в данное уравнение.	*D*+1>*H*	Сверхидентифицируемо
		D+1<*H*	Неидентифицируемо

Таблица 2

Алгоритм проверки идентифицируемости структурной модели (достаточное условие)

Уравнение	**Переменная / коэффициенты** X_j	**Входные данные проверки идентификации**	**Проверка условия**	**Вывод**
Номер уравнения	a_{ij}, $i = \overline{1,n}$, $j = \overline{1,m}$	$A = (a_{ij})$ – матрица коэффициентов при переменной *Xj;* *P* – число эндогенных переменных модели без одного.	$\det A = \lvert a_{ij} \rvert \neq 0$ и $r(A) = P$.	Идентифицируемо

Полученные в результате такого анализа модели можно изобразить в виде схемы причинно-следственных связей (рис. 1), которая похожа по своей форме когнитивную карту (модель). По сути, она и есть когнитивная карта (модель), поскольку по ней можно определить цепочки причинно-следственных связей между различными переменными.

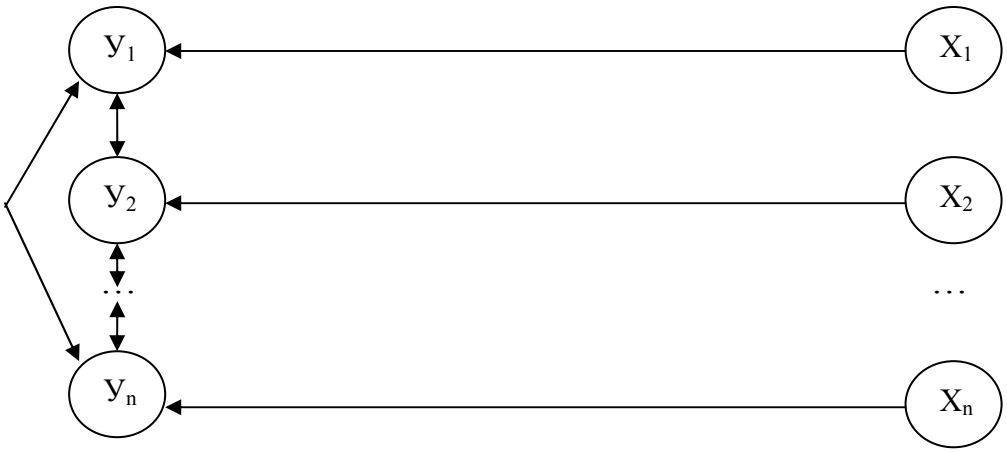


Рис. 1 Структурная модель (система одновременных уравнений)

Заключение

В работе было изучено возможности систем взаимозависимых уравнений как инструмента причинного анализа структуры сложных организационных систем. Подобный анализ является значимым этапом моделирования тенденций поведения изучаемого объекта или системы на основе когнитивных карт. Система взаимозависимых уравнений позволяет описывать структурные связи между различными показателями системы, оценить количественные характеристики их взаимовлияния. Это можно применить для прогнозирования траектории развития эндогенных (зависимых) показателей структурной модели в зависимости от изменения экзогенных (предопределенных).

Список литературы

1. Горелова Г.В., Захарова Е.Н., Гинис Л.А. Когнитивный анализ и моделирование устойчивого развития социально-экономических систем. Ростов н/Д.: Изд-во Рост. ун-та, 2005. 288 с.

2. Горелова Г.В., Захарова Е.Н., Радченко С.А. Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход. Ростов н/Д.: Изд-во РГУ, 2006. 332 с.

3. Исмиханов З.Н., Магомедбеков Г.У. Исследование современных экологических, социальных и экономических проблем устойчивого развития региона: когнитивный подход // Юг России: экология, развитие. 2017. Т. 12. № 4. С. 46–56.

4. Исмиханов З.Н. Идентифицируемые регрессионные модели взаимосвязи показателей развития сельского хозяйства в регионах // Региональная экономика: теория и практика. 2020. Т. 18. Вып. 7, июль 2020. С. 1357–1373.

УДК 332.1
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-202

Масленникова Анна Викторовна,
канд. экон. наук, доцент,
зав. кафедрой государственного и муниципального управления

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ ГОРОДСКИМИ АГЛОМЕРАЦИЯМИ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИИ ДИНАМИЧЕСКОГО И КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

[1] АНО ВО «Российский новый университет», Москва, Россия,
annuchka15@gmail.com

Аннотация. На примере Московской агломерации обоснована необходимость разработки и реализации стратегии устойчивого развития агломерационной территории. Стратегические решения целесообразно принимать, опираясь на результаты имитационного моделирования, реализуемого на основе когнитивной методологии и системной динамики.

Агломерация может включать в себя как муниципальные образования одного региона, так и разных субъектов РФ. События 2020 года, связанные с обеспечением безопасности населения в связи с распространением коронавирусной инфекции, обозначили важность разработки алгоритмов быстрого реагирования органов государственного и муниципального управления на чрезвычайные ситуации посредством выстраивания межтерриториального взаимодействия В итоге совершенствование системы управления должно способствовать устойчивому и безопасному развитию агломерационных территорий.

Ключевые слова: управление сложными системами, динамическое моделирование, агломерация, когнитивное моделирование, устойчивое развитие.

Anna V. Maslennikova[1],
Ph.D., Associate Professor,
Head of State and Municipal Administration Department

DECISION MAKING IN THE MANAGEMENT OF URBAN AGGLOMERATIONS BASED ON COMPOSITION DYNAMIC AND COGNITIVE MODELING

[1] Russian New University (RosNOU), Moscow, Russia,
annuchka15@gmail.com

Abstract. On the example of the Moscow agglomeration, the necessity of developing and implementing a strategy for sustainable development of the agglomeration territory is substantiated. It is advisable to make strategic decisions based on the results of simulation, implemented on the basis of cognitive methodology and system dynamics.

Agglomeration can include both municipalities of the same region and different subjects of the Russian Federation. The events of 2020, related to ensuring the safety of the population in connection with the spread of coronavirus infection, highlighted the importance of developing algorithms for the rapid response of state and municipal authorities to emergencies by building inter-territorial cooperation. As a result, improving the management system should contribute to the sustainable and safe development of agglomeration territories.

Keywords: complex systems management, dynamic modeling, agglomeration, cognitive modeling, sustainable development.

Введение

Актуальность исследований определяется тем, что в агломерациях, как в нашей стране, так и за рубежом, концентрируется все больше населения. Обеспечить безопасное и устойчивое развитие агломераций - своего рода вызов для современной системы государственного и муниципального управления, так как в зону поражения, в случае возникновения природной или техногенной опасности, попадает большое количество населения. Необходимо вновь обратиться к результатам многолетних исследований российских и зарубежных ученых по проблематике устойчивого развития для совершенствования управления такими сложными системами, как агломерации [6, 8 – 10, 12].

1. Постановка задачи

Разработка предложений по совершенствованию системы управления агломерационными территориями – задача сложная, требующая внедрения передовых технологий, в том числе в систему управления территориями. События весны 2020 года, когда возникла угроза поражения населения в результате развития эпидемии, продемонстрировали необходимость оперативного реагирования власти не только на федеральном, региональном и муниципальном уровнях в пределах регионов, но и важность межмуниципального и межрегионального сотрудничества, [6] например, на территории Московской агломерации, которая включает в себя Москву и часть территории Московской области (другого субъекта РФ).

В данном случае явно не хватало заранее разработанных алгоритмов взаимодействия в подобных ситуация региональных и муниципальных властей, в первую очередь, по контролю миграционных потоков внутри Московской агломерации и между Московской агломерацией и другими регионами страны.

2. Возможности синтеза когнитивного и динамического моделирования

Перспективным инструментом поддержки принятия решений может быть имитационное моделирование на основе синтеза динамического и когнитивного моделирования.

Научные исследования в данном направлении начаты несколько лет назад. В качестве примеров можно привести результаты имитационного моделирования на основе когнитивной методологии и системной динамики применено для анализа системы «Юг России» [4], при проектировании стратегий развития социально-экономических систем, в том числе разработки стратегий муниципальных образований на основе синтеза методов исследования сложных систем [1], а также при исследовании региональных рынков труда [5].

При разработке стратегии устойчивого развития Московской агломерации задачи обеспечения занятости населения и управление миграционными потоками – первостепенные. И для научного обоснования принятия соответствующих решений как раз и можно использовать композицию динамического и когнитивного моделирования.

Например, когнитивная методология успешно применяется для исследования рынков труда, позволяет проанализировать влияние различных факторов на конъюнктуру рынка труда и выделить вершины когнитивной карты, оказывающие определяющее значение как на региональные рынки труда, так и на рынок труда государства в целом. Целесообразно проанализировать когнитивные карты, отражающие различные концепции занятости населения, а именно: классическую, неоклассическую, кейнсианскую, монетаристскую, институционально-социологическую и контрактную [2, 3].

На основе статистических и экспертных данных построить когнитивную карту рынка труда Московской агломерации, провести когнитивный анализ рынка труда данной территории, разработать схемы причинно-следственных связей в виде графа – когнитивных карт, призванных обозначить характер и структуру проблемных ситуаций [5].

Для моделирования миграционных потоков и анализа взаимодействия Московской агломерации с регионами страны, целесообразно развивать динамическую модель межрегионального развития Российской Федерации, разработанную под руководством академика РАН В.М. Матросова, в которой регионы рассматриваются на уровне федеральных округов, а Московская агломерация выступает как самостоятельный регион, что обусловлено уникальными характеристиками данной агломерации, так как ее ядром является город Москва – столица Российской Федерации, город федерального значения.

В модели используется система дифференциальных уравнений, описывающих динамику основных переменных. Одним из основных параметров, описывающих функционирование межрегиональной системы, является качество жизни населения в каждом из регионов.

Авторами модели проведена ее идентификация и получен инерционный сценарий развития для взаимодействующих федеральных округов РФ и Московской агломерации. Проведенный вычислительный эксперимент с привлечением компьютерной системы динамического моделирования, разработанной к.ф.–м.н. И.В. Матросовым, доказал адекватность выявленных причинно-следственных связей [7, 8, 10].

3. Основные задачи устойчивого развития агломерацией

Во-первых, обеспечение полезной занятости. Опережающие темпы жилой застройки в агломерациях создают временные рабочие места в строительном секторе преимущественно для трудовых мигрантов, но порождают проблемы на рынке труда, так как жилая застройка ведется преимущественно без точно просчитанных долгосрочных перспектив занятости для тех, кто приобретает сегодня квартиры по программе ипотечного кредитования.

Во-вторых, обеспечение безопасности населения в агломерациях. Этот вопрос постоянно на повестке дня, так как риски поражения населения от техногенных и экологических катастроф, а также эпидемий, учитывая высокую этажность застройки, которая порождает высокую концентрацию населения, чрезвычайно высокие.

В-третьих, реальное повышение производительности труда. На данный момент относительно высокое качество жизни, например, в Московской агломерации обеспечивается столичной рентой ядра Московской агломерации, а также рядом высокотехнологичных производств Московской области. Но для сравнительно высокого качества жизни почти двадцатимиллионного населения Московской агломерации этого явно недостаточно. Необходимо учитывать и тот факт, что регионы страны требуют более справедливого распределения доходов.

В-четвертых, решение экологических вопросов для агломераций связано с внедрением современных технологий во все сферы жизнедеятельности, а также учет экологического благополучия при территориальном планировании.

Заключение

Учитывая имеющийся задел по когнитивному и динамическому моделированию социально-экономических процессов и выявленные преимущества использования композиции этих двух подходов, [1 – 5, 7, 8, 10] предлагается при разработке стратегии устойчивого развития Московской агломерации в разделе научного обоснования рекомендуемых управленческих решений использовать преимущества данного подхода.

Построение когнитивной модели региона «Московская агломерация» позволит провести комплексный анализ влияния различных факторов на устойчивое развитие данной территории.

Сценарный анализ на динамической модели межрегионального развития даст возможность проанализировать: внешнюю среду для развития Московской агломерации на национальном уровне и уровне макрорегиона; понять, как изучаемая территория вписывается в макропространство, а главное – провести анализ миграционных потоков и их влияние на конкурентоспособное развитие Московской агломерации и ее безопасность.

Список литературы

1. Исаев С.Н., Тихомирова Н.В., Горелова Г.В., Масленникова А.В., Хлебникова С.А. Разработка стратегий социально-экономического развития муниципальных образований. М.: Автономная некоммерческая организация высшего профессионального образования «Евразийский открытый институт», 2015. 176 с.

2. Горелова Г.В., Дрокина К.В. Когнитивное представление концепций занятости населения // Известия ЮФУ. Тематический выпуск: Информационные и гуманитарные технологии в управлении экономическими и социальными системами. 2011. № 11 (124), ноябрь 2011. С. 167–174.

3. Горелова Г.В., Жминько А.Е., Ляховецкий А.М. Моделирование рынка труда: комплексный подход // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика. 2012. Вып. № 3 (104). С. 188–195.

4. Горелова Г.В., Масленникова А.В. Имитационное моделирование на основе когнитивной методологии и системной динамики, анализ системы «Юг России» // Материалы научно-практической конференции «Системный анализ в экономике – 2012». Секция 2. 27-28 ноября 2012 г., Москва, Россия. М.: ЦЭМИ РАН, 2012. С. 50–65.

5. Горелова Г.В., Масленникова А.В., Соколова Е.Н. Исследования рынка труда на основе синтеза динамического и когнитивного моделирования // Вестник Российского Нового Университета, Серия «Человек и общество». 2017. Вып. № 1. С. 18–23.

6. Маркварт Э., Швецов А.Н. Территориальная организация местного самоуправления и управление городскими агломерациями: учебное пособие. М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2017. 304 с.

7. Масленникова А.В. Динамическая модель межрегионального развития РФ для исследования стратегий управления социально-эколого-экономическими региональными процессами // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD’2010): Труды Четвертой международной конференции (4-6 октября 2010 г., г. Москва, Россия). Том II. М.: Учреждение Российской академии наук Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2010. С. 346–352.

8. Форрестер Д. Мировая динамика / Пер. с англ. под ред. Д. Гвишиани, Г. Моисеева. М.: ООО «Издательство» АСТ; СПб.: Terra Fantastica, 2003. 379 с.

9. Научная основа стратегии устойчивого развития Российской Федерации / Под общ. ред. М.Ч. Залиханова, В.М. Матросова, А.М. Шелехова. М.: Издание Государственной Думы, 2002. 392 с.

10. Новая парадигма развития России (Комплексные исследования проблем устойчивого развития) / Под ред. В.А. Коптюга, В.М. Матросова, В.К. Левашова. Второе издание. М.: Издательство «Академия», Иркутск: РИЦ ГП «Облинформпечать», 2000. 460 с.

11. Федеральный закон «О стратегическом планировании в Российской Федерации» от 28.06.2014 N 172-ФЗ (последняя редакция). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841 (дата обращения: 08.05.2020).

12. Цели в области устойчивого развития. URL: http://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals (дата обращения: 08.05.2020).

Секция 8

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Председатель – ***Черненькая Людмила Васильевна***,
д-р техн. наук, профессор, профессор, член МАН ВШ,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Ученый секретарь – ***Магер Владимир Евстафьевич***,
канд. техн. наук, ст. науч. сотр., доцент,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

УДК 330.47
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-203

Брусакова Ирина Александровна,
д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой Инновационного менеджмента

ИНФОРМАЦИОННЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина),
Санкт-Петербург, Россия,
brusakovai@mail.ru

Аннотация. Цифровизация процессов управления в подсистемах киберфизических систем заключается в управлении процессами как в технической, так и в социально-экономической подсистемах. Информационный менеджмент в условиях цифровых трансформаций рассматривается как система мероприятий по управлению информационными системами, управлению ресурсами с помощью информационных систем и управлению процессами инфокоммуникационной инфраструктуры предприятия. Рассмотрены преимущества внедрения концепции ECM (Enterprise Content Management) для интеграции и консолидации информационных ресурсов предприятия.

Ключевые слова: информационный менеджмент, цифровые трансформации, ECM, EIM.

Irina A. Brusakova,
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Head of the department of innovative management

INFORMATION MANAGEMENT UNDER CONDITIONS DIGITAL TRANSFORMATIONS

Saint Petersburg Electrotechnical University “LETI”, St. Petersburg, Russia,
brusakovai@mail.ru

Abstract. Digitalization of control processes in subsystems of cyber physical systems consists in process management in both technical and socio-economic subsystems. Information management in the context of digital transformations is considered as a system of measures for managing information systems, managing resources using information systems and managing the processes of the information and communication infrastructure of the enterprise. Explore the benefits of implementing the ECM (Enterprise Content Management) concept for integrating and consolidating enterprise information resources.
Keywords: information management, digital transformations, ECM, EIM.

Введение

Цифровые технологии в управлении жизненным циклом производимой продукции высокотехнологичными предприятиями зачастую представлены технологиями в концепции EIM (Enterprise Information Management), ECM (Enterprise Content Managmant), суть которых – обеспечить прием, обработку и интерпретацию разноформатной информации. Эта информация может приобретаться с помощью социальных сетей, облачных сервисов, электронной почты, технологий Интернета вещей, данных электронной коммерции, информацией на входах и выходах программно-аппаратных модулей, модулей корпоративных информационных систем, SCADA-систем, MES-систем, BPM-систем, хранилищ данных и т. д.

Информационный менеджмент в задачах управления цифровыми трансформациями играет ключевую роль. При использовании информационного менеджмента управления процессами объектов управления реализуется задача управления эффективностью деятельности. Информатизация управления процессами как в технической, так и в социально-экономической подсистемах киберфизических систем осуществляется с использованием механизмов информационного менеджмента. Основные понятия информационного менеджмента рассматриваются применительно к управлению информационными системами, управлению корпоративными ресурсами предприятия с использованием информационных систем, управлению ИКТ-инфраструктурой цифрового предприятия.

1. Цели и задачи информационного менеджмента в условиях цифровых трансформаций

Киберфизические системы (CPS) – новый термин для обозначения совокупности средств для формирования инфокоммуникационной инфраструктуры (ИКТ-инфраструктуры) при управлении техническими и социально-экономическими подсистемами одновременно с использованием цифровизации процессов в условиях Индустрии 4.0 [1].

Теорию управления социально-экономическими системами исторически связывают с термином «менеджмент». **Информационный менеджмент** рассматривается как управление деятельностью по созданию и использованию информации в интересах организации.

С другой стороны, **информационный менеджмент** включает в себя мероприятия по управлению информационными ресурсами, обработке информации, предшествующей принятию решения.

Цель информационного менеджмента состоит в обеспечении эффективного развития организации посредством регулирования различных видов её информационной деятельности.

С другой стороны, цель информационного менеджмента – информационная поддержка выработки управленческих решений.

Будем представлять управленческое решение (контент) как необходимый состав корпоративных знаний для оценки эффективности деятельности предприятия [1].

Используются различные подходы к формализации корпоративных знаний о процессах и метриках бизнес-процессов в социально-экономической системе: продукционные, фреймовые, семантические сети, нейронные сети, нечеткая логика. Под корпоративными знаниями понимаются взаимосвязанные совокупности сведений об организационно-управленческой структуре предприятия (архитектуре), о бизнес-процессах, о внешней среде, об ИКТ-инфраструктуре, о применяемых технологиях, ноу-хау, патентов, регламентированных процедурах управления процессами и т. д.

Информационный менеджмент – совокупность информационных систем и методов для управления и применения в определенной сфере экономике (производственной, финансовой сферы и др.).

Еще 5–10 лет назад под информационным менеджментом понималась совокупность мероприятий по управлению информационными системами и управлением с помощью информационных систем, то есть условно (рис. 1) [2].

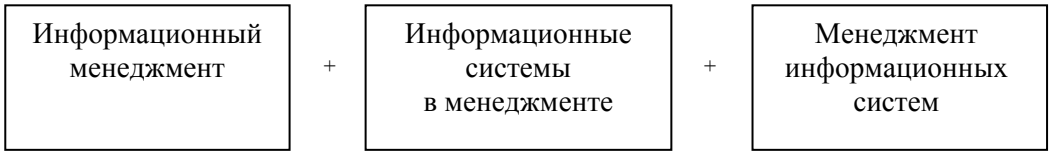


Рис. 1. Традиционные составляющие информационного менеджмента

Однако в настоящий момент в условиях цифровых трансформаций существенно изменились тренды информационного менеджмента. Все чаще цели и задачи информационного менеджмента рассматривают более широко, включая мероприятия по управлению всей инфокоммуникационной (ИКТ) инфраструктурой в целом (рис. 2).

Информационный менеджмент в условиях цифровых трансформаций – система взаимосвязанных процессов (мероприятий) управления информационными ресурсами, информационными системами, ИКТ-инфраструктурой предприятия.

Новые реалии целей и задач информационного менеджмента требуют наличия зрелой цифровой ИКТ-инфраструктуры, процессами которой также надо управлять.

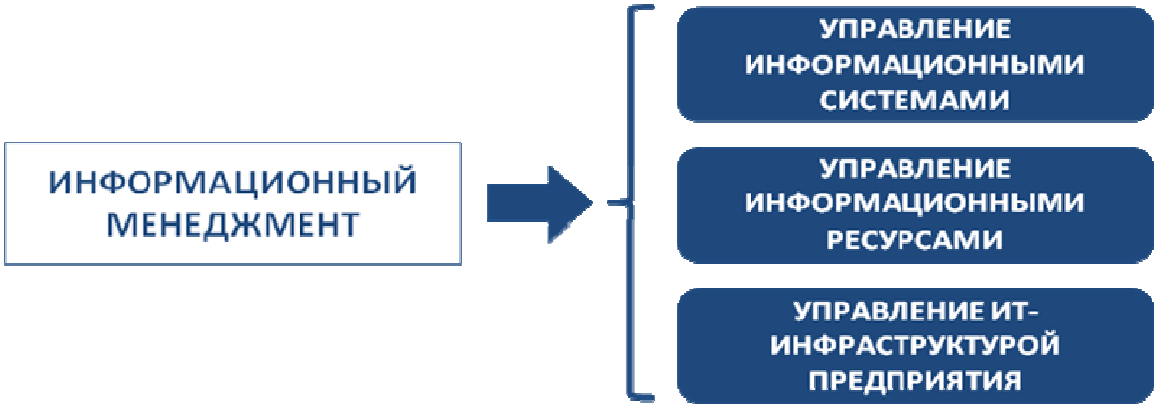


Рис. 2. Информационный менеджмент в условиях цифровых трансформаций

Цифровые трансформации рассматривают как цифровизацию процессов управления всеми ресурсами предприятия, в том числе и программно-аппаратными. Под цифровизацией процессов управления социально-экономической подсистемы предприятия будем понимать оцифровку бизнес-процессов. Цифровизация процессов управления программно-аппаратных ресурсов – технической подсистемы в ИКТ-инфраструктуре предприятия – связана с оцифровкой (метризацией) ИТ-сервисов.

Напомним, что бизнес-процесс – это последовательность событий, которые претерпевает конкретный ресурс за определенный промежуток времени. Под корпоративными ресурсами понимают: производственные, материальные, финансовые, социальные, информационные, логистические и т. д. ресурсы. Оцифровка бизнес-процессов производится исходя из предварительного аудита бизнес-процессов. Аудит бизнес-процессов подразумевает выявление всех показателей бизнес-процессов, типов измерительных шкал, в которых представляются значения показателей.

Управление бизнес-процессами – одна из функций информационных систем на предприятии, задач информационного менеджмента. Информационный менеджмент осуществляется с помощью сервисов копоративных информационных систем.

Цифровое предприятие – предприятие, использующее для повышения эффективности своей деятельности новые цифровые инфокоммуникационные когнитивные технологии на всех уровнях управления – операционном, стратегическом, тактическом.

Архитектура цифрового предприятия как многомерная процессно-ориентированная модель, реализованная на базе стандарта ISO/IEC/IEEE

4210 на базе согласования интересов стейкхолдеров, интегрированная в ИТ-инфраструктуру информационной системы предприятия. Введение понятия «стекхолдеры» в терминологию киберфизических систем подразумевает наличие менеджеров высшего звена, руководителей проектов, которые позволяют «сшивать» отдельные процессы управления в управленческий контент.

Информационный ресурс (ИР) – это организованная совокупность информации, включающая базы данных и знаний и другие массивы информации в информационных системах.

Государственные ИР определены в ФЗ от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информатизации и защите информации».

2. ECM-технологии интеграции информационных ресурсов

Технологии интеграции информационных ресурсов реализуются в *системах управления* (информационными) ресурсами (контентом) предприятия - Enterprise Content Management (ECM).

ECM-системы состоят из приложений, которые могут взаимодействовать между собой.

Так, система управления корпоративным контентом состоит из системы ввода, системы управления, системы хранения, системы доставки.

В свою очередь, функционал системы управления содержит управления документами, веб-контентом, рабочими потоками, управлением в рабочих группах.

ИТ-архитектура (инфраструктура информационных технологий корпорации) – совокупность информационных технологий корпорации, обеспечивающих совместный доступ к информационным ресурсам и устройствам внутри корпорации. компьютерные сети.

Корпоративная архитектура предприятия (или «бизнес-модель») – это общая модель делового предприятия (бизнеса), определяющая политику инвесторов, стратегии, продукты, технологии, процессы, структуры и информационную поддержку его деятельности. Это понятие обычно разделяют на два – информационную архитектуру и бизнес-архитектуру.

Важную роль в подходах EIM играет управление бизнес-процессами с помощью корпоративных информационных систем. Требуется приобретать информацию о:

– данных о продукции (изделии);

– данных о выполняемых процессах;

– данных о ресурсах, требуемых для выполнения процессов.

В этом случае необходимо в процедурах информационного менеджмента обеспечить процессы управления данными жизненного цикла продукции – процессов идентификации, накопления, обработки, хранения, интерпретации управленческой информации.

С этим этапом в большей степени связан измерительный аспект информационного менеджмента. Надо оцифровать все процессы, чтобы ими управлять.

Перечислим **основные процессы управления жизненным циклом изделий (продукции)**, которыми управляют различные модули информационных систем:

1. Процесс управления средой предприятия
2. Процесс управления инвестициями
3. Процесс управления процессами жизненного цикла системы
4. Процесс управления рисками
5. Процесс управления информацией
6. Процесс управления финансами
7. Процесс управления информацией
8. Процесс управления материальными ресурсами
9. Процесс управления поставками
10. Процесс управления качеством
11. Процесс планирования ресурсов
12. Процесс проектирования бизнес-архитектуры
13. Процесс принятия решений
14. Процесс управления технологическими ресурсами
15. Процесс оценки проекта
16. Процесс контроля проекта
17. Изготовление
18. Процессы верификации и адаптации

ECM – технологии интеграции информационных ресурсов реализуются в системах управления информационными ресурсами.

ECM – стратегическая инфраструктура и техническая архитектура для поддержки единого жизненного цикла неструктурированной информации (контента).

В состав ECM входят:

– ПРИЛОЖЕНИЯ (источник для ИТ-сервиса, ИТ-услуги)

– Управление документами

– Управление записями

– Управление потоками работ (Work Flow) – поддержка бизнес-процессов, предача контента по маршрутам, создание журналов аудита.

– Управление Web-контентом

Наконец, EIM – это необходимый промежуточный слой между принятием управленческого решения на базе BI-технологий (аналитических платформ, слоев) и информационными ресурсами предприятия.

Существуюшие ранее фрагментарные режимы информатизации и автоматизации, отсутствие консолидации данных приводило к управлению предприятия «на подпорках», которые готовы в любую минуту об-

рушиться. Обеспечение «единого окна правды» при обработке разноформатной информации.

Таким образом, EIM – интеграция служит для приобретения, обработки и интерпретации:

– структурированной и неструктурированной информации, процессов управления данными, метаданными и процессами жизненного цикла предприятия;

– консолидация, интеграция, обеспечение качества данных, полноты, непротиворечивости, работа с текстовыми данными, метаданными;

– консолидация приложений, технологий BI, PM, SCM, ERP, синхронизации данных.

Новое решение SAP по организации аналитической платформы (SAP NetWeaver / All Applications + XI Business Intelligence Platform) работы с разноформатными данными реализует концепции EIM , ECM [3 – 5].

Аналитическая технико-технологическая платформа Net Weaver – способна работать с сетевыми данными, сервисно-ориентированной интеграционной платформой для приложений (All Applications); XI Business Intelligence Platform – BI платформа с интегрированными возможностями распознавания текста, полученного из различных источников.

Модели данных могут быть представлены с использованием различных стандартов: ISO 10303-11 Express, ISO 8879 SGML и т. д. При преобразовании данных из одного формата в другой должен соблюдаться принцип однозначной интерпретации (mapping). Такой подход отражен в стандартах ISO 18876 и 15288-2005.

Заключение

Таким образом, были определены цели и задачи информационного менеджмента для сопровождения цифровых трансформаций на предприятии. К управлению информационными системами и управлению с помощью информационных систем добавляется определяющий функционал управления процессами цифровой ИКТ-инфраструктуры предприятия.

Показано, что цель информационного менеджмента – формирование управленческого контента – невозможно без применения технологий ECM. Внедрение концепции ECM позволяет интегрировать и консолидировать информационные ресурсы различных источников информации. В свою очередь, EIM – это необходимый промежуточный слой между принятием управленческого решения на базе BI-технологий (аналитических платформ, слоев) и информационными ресурсами предприятия.

Список литературы

1. Теоретическая инноватика: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Под ред. И.А. Брусаковой. М.: Изд-во Юрайт, 2017. 333 с.

2. Брусакова И.А. и др. Исследование тенденций развития информационного менеджмента в современных условиях. СПб.: Изд-во СПб университета управления и экономики, 2014. 138 с.

3. Heiss Franz Josef. SAP Net Weaver Web Application Server. Munchen: Addison-Wesley, 2005.

4. Mayerhoter R. Einstieg in SAP Business One. Bonn, 2005.

5. Интернет портал «Корпорации SAP». URL: http://www.sap.com (дата обращения: 05.05.2020).

УДК 330 : 338 : 502.6 : 654
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-204

Вильдероттер Клаус[1],
д-р естественных наук, доцент, профессор;
Кононова Мария Юрьевна[2],
д-р техн. наук, доцент, приглашённый профессор;
Реннер Максимилиан [3],
студент 4 курса бизнес-информатики

ПОДКЛЮЧЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ (MES) К ERP-СИСТЕМЕ

[1, 2] Техническая Высшая школа Розенхайма, Розенхайм, Германия,
[1] Klaus.Wilderotter@th-rosenheim.de, [2] Mariia.Kononova@th-rosenheim.de
[3] ФОМ Высшая школа Мюнхена, Мюнхен, Германия,
[3] m_renner@mail.de

Аннотация. С 1970-х годов интеграция информационных технологий с точки зрения бизнес-процессов, связанных с деятельностью компаний, продолжала расти. Первоначальнобольшинствоиндивидуальныхрешений для различных отраслей были реализованы для того, чтобы отразить менее стандартизированные бизнес-процессы. В результате все более равномерного проектирования бизнес-процессов программные системы также могут быть стандартизированы. Это стало началом общедеративных бизнес-приложений, которые теперь известны как системы планирования ресурсов предприятия (ERP) [1]. Основное внимание уделяется управлению и планированию бизнес-процессов, включающих следующие субъекты: материалы, ИКТ, капитал, персонал. В дополнение к бизнес-процессам, процесс создания стоимости занимает значительную часть мировой ERP-системы [2]. ERP системы, созданные на рынке, сегодня являются системами SAP, Infor, Oracle или Microsoft. Эти «глобальные игроки» (компании с глобальным воздействием [3]) разделяют более 60 % рынка с их ERP-приложениями. На SAP приходится более 20 % этого объёма, что делает её одним из крупнейших поставщиков [4, 5]. В

2014 году SAP был крупнейшим и на международном уровне четвертым по величине производителем программного обеспечения на европейском рынке [6]. Становится ясно, насколько важны ERP-системы во всём мире. Базовый проект подготовлен на основании методологии, разработанной в Технической высшей школе Розенхайма с использованием программных средств ФОМ Высшей школы Мюнхена.

Ключевые слова: ERP-системы, ERP-приложения, бизнес-процесс, общедеративные бизнес-приложения, системы управления производством, MES.

Klaus Wilderotter [1],
Doctor of Natural Sciences, Professor, Ass.Professor;
Maria Kononova [2],
Dr. habil. of Engineering Sciences, Ass. Professor, Visiting Professor;
Maximilian Renner [3],
4th Year Student of Business Informatics

CONNECTION OF A MANUFACTURING MANAGEMENT SYSTEM (MES) TO AN ERP SYSTEM

[1, 2] Technical University of Applied Science, Rosenheim, Germany,
[1] Klaus.Wilderotter@th-rosenheim.de, [2] Mariia.Kononova@th-rosenheim.de
[3] FOM University of Applied Science, München, Germany,
[3] m_renner@mail.de

Abstract. From the 1970s, the integration of information technologies regarding company-specific business processes continued to increase. Initially, most individual solutions were implemented for various branches of different companies in order to map the less standardized business processes. As a result of the increasingly uniform design of business processes, the software systems could also be standardized. This was the beginning of generally valid business applications, which are now known as ERP (Enterprise Resource Planning) systems [1].

The focus is on the control and planning of business processes that include the following entities: material, ICT, capital, personnel. In addition to the business processes, the process of adding value takes up a significant part of the ERP system world [2]. Today's established ERP systems are built from companies like SAP, Infor, Oracle or Microsoft. These "global players" (companies with a global sphere of activity [3]) share over 60% of the market with their ERP applications. SAP has a share of over 20% and is one of the largest providers [4, 5]. In 2014, SAP was the largest and internationally the fourth largest software company on the European market [6]. The immense importance of ERP systems worldwide can be seen. The underlying project is based on the methodology developed at the Rosenheim Technical University of Applied Science using software developed and provided at the FOM Munich University of Applied Science.

Keywords: ERP-systems, ERP-applications, business process, general business applications, production management systems, MES.

Introduction

The question of the scientific work was what interfaces between systems in industry could look like and how the interfaces could be implemented.

In the practical part of the work, an artifact was designed and build to show what an interface between an ERP and MES (Manufacturing Execution System) could look like. A piece of software was implemented that runs through the entire cycle from the request to the ERP system to the visualization of the response on the MES side. The user has the option of using a "DateTimePicker" to set a date value from which the orders should be picked up from the SAP ERP system.In addition, the user has the option of filtering the returned list according to specially defined criteria.

Furthermore, the effects of the 4th industrial revolution on the automation pyramid are being examined and what influence this has on the management level and ERP systems: Not all industrial processes will change immediately with the industrial revolution.

Materials and Methods

So, the ERP systems will continue to take its place in automation. The central ERP components such as finance and human resources or the transparency of global processes and their orchestration across locations will continue to be an integral part of companies.

The dissolution of the one-dimensional and rigid levels of the automation pyramid to reference models, such as that of RAMI 4.0, does not mean that systems such as ERP and MES become superfluous, but that these systems are seamlessly linked with each other via their interfaces. No full stop [3, 8]. The artefact of the design science research methodology could confirm this assumption and demonstrate how the implementation of the interface looks like.

The development of the problem described at the beginning is based on the following: At the beginning, the basics of the levels of the reference model of the automation pyramid are analyzed. The focus is on the business process and manufacturing level. A further step deals with the development of automation in the course of the fourth industrial revolution. The artifact of the design science research approach shows what an interface implementation between the described levels can look like. Here, the REST paradigm of interface implementation is discussed in more detail. The REST paradigm represents the framework of communication between the ERP and the manufacturing management system. The communication is consequently carried out via web services.

The focus of the work is on the practical part of the interface implementation to derive generally applicable principles of interface implementation between prevailing industrial systems from its implementation. Subsequently, this scientific work is aimed at scientists and practitioners in the fields of business, industry, ERP, MES, automation and computer science [7].

ERP and MES systems can be found in the most common cases in manufacturing companies. This system structure has been describing automated production for some time ("The automation pyramid"). In practice, the systems are often still linked to one another via a paper flow. One of the goals of the fourth industrial revolution is to establish paperless production. This goal makes an information technology interface, via which data can be automatically transferred, indispensable (see Reference [8]). In concrete terms, the application lets you describe it as follows: The sales department of a manufacturing company accepts customer orders and maintains them in the higher-level SAP ERP system. A sales order can consist of several items that represent the order of different articles. Depending on the industry, additional information such as quantity, material, production location, priority etc. is stored here. An extract of this information is necessary to produce these articles and for the timely fulfillment of the customer order. An application in the context of the MES is to be implemented, which automatically queries this information from the ERP system and visualizes it in the production environment. In this way, key figures such as "time-to-market" and the potential for errors in order transmission without paper can be optimized.

Results and Discussion

An MES module is implemented, which picks up orders from the SAP ERP system based on time stamps. The application logic runs as follows (see Fig. 1):

1. The application is started, a REST request for the ERP system with today's time stamp is generated.

2. The request is sent to the ERP system.

3. After successful authentication on the ERP system, it replies with the orders (including all positions within the order) created since the configured timestamp.

4. The MES system processes the answer and displays the orders in a suitable form.

5. The user can again adjust the time stamp to display the desired orders.

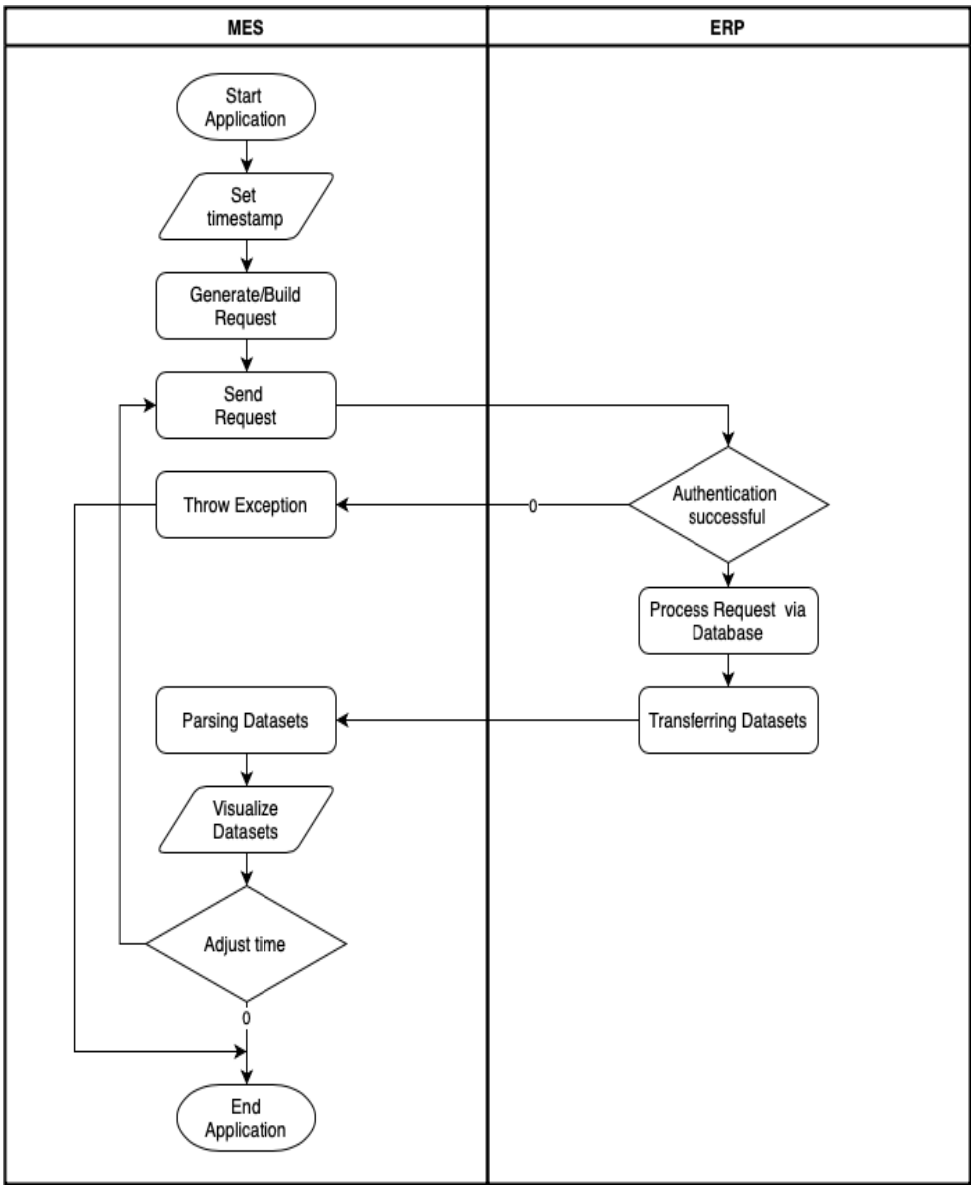


Fig. 1. UML flow chart

Conclusion

Traditional systems such as ERP and MES are expanded to include applications that map Industry 4.0 functionalities. Industry 4.0 places the requirement of data exchange across company boundaries and locations. The applications and extensions that are implemented in this context enable a real time and cross-departmental flow of information along the entire product life cycle [9].

In future, systems will be required that have easy-to-implement and expandable interfaces. The addressed REST paradigm could stand out here.

In addition, standards, uniform interfaces, cross-production protocols and data formats will be necessary in order to address the large number of devices and systems in a simple and transparent manner. A reference architecture, such as RAMI 4.0, will be of immense importance in order to be able to functionally control companies in the fourth industrial revolution [9].

References

1. Leiting A. Einführung von ERP-Systemen // Unternehmensziel ERP-Einführung. IT muss Nutzen stiften. Springer Fachmedien Wiesbaden, 2012. VII. P. 83–195. DOI: 10.1007/978-3-8349-4462-7_4.

2. Ebel B. Produktionswirtschaft. Verlag: Kiehl Friedrich Verlag G, 2009. 204 p. ISBN 10: 347070449X / ISBN 13: 9783470704494.

3. Cf. URL: https://www.duden.de/suchen/dudenonline/global%20player (access date: 22.05.2020).

4. Cf. URL: https://www.finance-magazin.de/finanzabteilung/controlling/sap-oracle-microsoft-welchererp-anbieter-ist-der-beste-1393901/ (access date: 22.05.2020).

5. Cf. URL: https://www.computerwoche.de/a/kampf-der-erp-titanen, 3223108 (access date: 22.05.2020).

6. Global 100 Software Leaders by revenue // IDC (Data, ranking, oftware 100, customized sort), 2014. URL: https://www.pwc.com/gx/en/industries/technology/publications/global-100-software-leaders/explorethe-data.html (access date: 22.05.2020).

7. Brocke J. vom, Simons A., Niehaves B., Riemer K., Plattfaut R., Cleven A. Reconstructing the giant: On the im- portance of rigour in documenting the literature search process // Proc. of the 17th European Conference on Information Systems (ECIS 2009), Verona, Italy, 2009. Vol. 9 (2009). P. 2206–2217.

8. Eine Zukunft ohne Papier // GmbH, TeDo Verlag (MES, ERP, SCM, PPS, CRM, BPM, PLM, Stellenmarkt, Management, System), 2014. URL: https://www.it-production.com/allgemein/fertigungsprozesseeinezukunft-ohne-papier (access date: 22.05.2020).

9. Vogel-Heuser B., Bauernhansl T., Hompel, M. Handbuch Industrie 4.0 Bd.4: Allgemeine Grundlagen. Wiesbaden: Springer Berlin Heidelberg, 2017. P. 574., P. 587. DOI: 10.1007/978-3-662-53254-6.

УДК 681.322.067
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-205

Буянов Борис Яковлевич[1],
канд. техн. наук, ст. науч. сотр., доцент;
Бабичева Анастасия Сергеевна[2],
инженер-программист;
Чербаев Павел Олегович[3],
инженер-программист

РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАЩИЩЁННОСТИ КЛАССА 1Б В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПОД УПРАВЛЕНИЕМ UNIX — ПОДОБНЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ

[1] Московский технический университет связи и информатики,
Москва, Россия,
b.buyanov@gmail.com
[2, 3] АО «Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт автоматической аппаратуры им. академика В. С. Семенихина»,
Москва, Россия,
[2] Anastasija.Babicheva@yandex.ru, [3] CherPaUl1997@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрены возможности построения безопасной автоматизированной системы управления специального назначения под управлением операционной системы семейства UNIX**.** В соответствии, с действующими в Российской Федерации ГОСТами и руководящими документами по обеспечению требуемого уровня защищенности автоматизированных комплексов, проводится сравнительная характеристика имеющегося функционала UNIX–подобных операционных системах. Произведен анализ основных уязвимостей UNIX– подобных операционных систем и предложены методы их устранения для достижения требуемого класса защиты информации.

Ключевые слова: сетевой комплекс специального назначения, класс защиты 1Б, библиотека PAM, мандатный доступ, модель Белла–ЛаПадулы, уязвимость.

Boris Y. Buyanov[1],
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Anastasija S. Babicheva[2],
Software Engineer;
Pavel O. Cherbaev[2],
Software Engineer

CLASS 1B SECURITY IMPLEMENTATION IN AUTOMATED SPECIAL PURPOSE SYSTEMS UNDER CONTROL OF UNIX-LIKE OPERATING SYSTEMS

[1] Moscow Technical University of Communications and Informatics,
Moscow, Russia,
b.buyanov@gmail.com
[2, 3] JSC "Order of the Red Banner of Labor Scientific Research Institute of Automatic Equipment named after Academician V. S. Semenikhin",
Moscow, Russia,
[2] Anastasija.Babicheva@yandex.ru, [3] CherPaUl1997@yandex.ru

Abstract. The possibilities of building a secure automated control system for special purposes under the control of the operating system of the UNIX family are considered. In accordance with the GOSTs and the governing documents in force in the Russian Federation to ensure the required level of security for automated systems, a comparative description of the existing UNIX functionality is carried out – similar operating systems. The analysis of the main vulnerabilities of UNIX - similar operating systems is carried out and methods for their elimination are proposed to achieve the required class of information protection.

Keywords: special-purpose network complex, protection class 1B, PAM library, mandatory access, the Bell–LaPadula model, vulnerability.

Введение

Достижение высокого уровня защиты информации, является основным критерием современных комплексов специального назначения. Прежде всего, это касается подсистем хранения информации.

Для обеспечения требуемого уровня информационной безопасности, необходимо корректно управлять процессом доступа к информационным ресурсам и иметь возможность разграничивать права доступа к ним, тем самым позволив работать только определённому кругу лиц. Для упрощения реализации безопасной системы, в Российской Федерации (РФ) были выпущенные специальные стандарты и руководящие документы, которые содержат определённый минимальный функционал, необходимый любой из автоматизированных систем (АС). Поэтому следует выполнять определенный стандарт правил, который позволил бы обеспечить минимальный уровень защиты данных. В комплексах специального назначения, обойтись только ГОСТами по защите от несанкционированного доступа (НСД) будет недостаточно, чтобы гарантировано защитить информацию от доступа к ней злоумышленника.

Ниже произведен анализ уязвимостей *NIX операционных систем, на основании которого, предлагаются методы, обеспечивающие защиту информации в АС обеспечивающих классу защиты 1Б, подсистемы управления доступом.

1. Классификация уровней защищенности АС

Рассматриваемые требования к защите информации от несанкционированного доступа, приведенные в данном разделе выдержки из РД, действуют уже на почти тридцати лет для всех ныне действующих и проектируемых АС учреждений, организаций и предприятий, обрабатывающих конфиденциальную информацию.

После реализации определенного класса защиты согласно РД, АС присваивается определенный уровень защищённости. Основным критерием выступает определение принадлежности классификации АС.

Основными этапами классификации АС являются:

- разработка и анализ исходных данных;
- выявление основных признаков АС, необходимых для классификации;
- сравнение выявленных признаков АС с классифицируемыми;
- присвоение АС соответствующего класса защиты информации от НСД [1].

При этом уровень защищенности АС, принципиально зависит от количества пользователей, работающих с данной системой. Если работает только один пользователь, то это класс защиты третьего уровня. Если же рассматривать АС при равных правах большего количества пользователей, то данная система отвечает требованиям второго уровня защиты информации. Если же в системе имеется множественный доступ пользователей с разными правами доступа, исходя из того, что АС работает с конфиденциальной информацией разного уровня. В данном случае требуется создания некоторой мандатной модели (основанной на четкой ор-

ганизации отношений между объектом и субъектом, главная цель, которой установка меток конфиденциальности, отвечающих за разрешение или запрещение взаимодействие объектов и субъектов). При использовании данного механизма будем иметь дело с первым, самым высшим уровнем защиты информации.

В каждой группе присутствует внутренняя градация, выделяется заглавными русскими буквами, к примеру, в первой группе наивысшая 1А, самая низшая 1Д. Классификация строится в зависимости от выполнения АС указанных в РД функций.

В данном случае, рассматривается пример реализации класса защиты 1Б, который является вторым по уровню защищённости для группы лиц с разными правами доступа.

2. Требования по защите от несанкционированного доступа к информации в АС класса защиты 1Б

Защита информации от НСД является составной частью общей проблемы обеспечения безопасности информации [1].

В общем случае, комплекс программно-технических средств и организационных (процедурных) решений по защите информации от НСД, реализуется в рамках системы защиты информации от НСД (СЗИ НСД), условно состоящей из следующих четырех подсистем:

– управление доступом;

– регистрации и учета;

– криптографической;

– обеспечение целостности.

Минимальный перечень требований, согласно РД, к реализации подсистемы управления доступом в АС первой группы, представлен в таблице 1.

Для выполнения требований к подсистеме управления доступом класса 1Б, должно осуществляться:

– идентификация и проверка подлинности субъектов доступа при входе в систему по идентификатору (коду) и паролю временного действия длиной не менее восьми буквенно-цифровых символов;

– идентификация терминалов, ЭВМ, узлов сети ЭВМ, каналов связи, внешних устройств ЭВМ по физическим адресам (номерам);

– идентификация программ, томов, каталогов, файлов, записей, полей записей по именам;

– контроль доступа субъектов к защищаемым ресурсам в соответствии с матрицей доступа;

– управление потоками информации с помощью меток конфиденциальности. При этом уровень конфиденциальности накопителей должен быть не ниже уровня конфиденциальности, записываемой на него информации [1].

Таблица 1

Требования к подсистеме управления доступом в АС первой группы

Требования	Классы				
	1Д	1Г	1В	1Б	1А
1.1 Идентификация, проверка подлинности и контроль доступа субъектов:					
– в систему;	+	+	+	+	+
– к терминалам, электронно-вычислительным машинам (ЭВМ), узлам сети ЭВМ, каналам связи, внешним устройствам ЭВМ	-	+	+	+	+
– к программам;	-	+	+	+	+
– к томам, каталогам, файлам, записям, полям записей.	-	+	+	+	+
1.2 Управление потоками информации	-	-	+	+	+

Этот минимум функций, обеспечивающий уровень безопасности класса 1Б, который должен присутствовать в АС.

3. Выбор операционной системы для АС класса защиты 1Б

В последнее время, в России сложилась тенденция продвижения отечественного программного обеспечения (ПО) на базе операционных систем Linux. Причина, прежде всего, заключается в доступности и возможностях быстро обновить программное обеспечение, что невозможно сделать во многих других операционных системах (ОС) (например, ОС Windows). С точки зрения безопасности, Linux также более приспособлена, что основано на особенностях построения архитектуры данного программного обеспечения. Требования защиты Windows отличаются от отечественных, и состав возможностей может серьёзно различаться (например, система мандатных разграничения прав). В итоге, с точки зрения финансовой составляющей ОС Linux дешевле своих конкурентов.

Возрастание требований по защите информации АС, привело к появлению на рынке систем на базе ОС Linux, предназначенных для обработки информации ограниченного доступа и сертифицированных по требованиям защиты информации российских систем сертификации, таких как: ФСТЭК России, Минобороны России и ФСБ России [2].

Данная ОС семейства UNIX носит название Astra Linux. Сертифицирована по классу защиты 1А, большая часть возможностей специально заточены под обеспечение безопасности. Однако и тут есть свои недостатки. Ограниченность в ресурсах, неудобство работы, большая цена поддержки и подготовки персонала для администрирования в ОС Astra Linux. В небольших компаниях использования данного продукта недопустимо по финансовым соображениям.

Поэтому самым верным будет использовать ОС Linux, и уже в ней настроить требуемый функционал согласно РД по АС. Большинство функций описанные в требованиях обеспечения класса 1Б, присутствуют в Linux. Но они находятся в отключенном состоянии или недостаточном для обеспечения защиты режиме и потому нуждаются в более детальных настройках. Уже дополнительный функционал придется писать собственноручно, используя имеющиеся возможности в ОС Linux.

4. Требования к идентификации, проверке подлинности и контроле доступа субъектов в системах семейства UNIX

Под идентификацией понимается проверка того, что пользователь является зарегистрированным в системе пользователем и имеет доступ к ней или другому объекту (например, к программе, папке и т.д.). Процесс прохождения подлинности связан с аутентификацией данного пользователя, использования средств, которые дают возможность подтвердить идентификатор. Контроль доступа субъекта, дальнейшая работа систем безопасности с авторизированным пользователям, предоставлением доступных полномочий и контроль над соблюдением механизмов безопасности (требования к паролям, проверка завершении сессии, модификация учетных записей и другие необходимые функции).

Большинство систем семейства UNIX, используют примерно одни и те же модули для идентификации и аутентификации. На таблице 2, пример для 3 видов ОС [3].

Таблица 2

Сравнение механизмов идентификации и аутентификации в системах семейства UNIX

Платформа	Идентификация	Аутентификация
AIX	LAM	LAM/PAM
Solaris	NSS	PAM
Linux	NSS	PAM

Кроме того, в большинстве UNIX систем используется механизм идентификации NSS (Name Service Switch), с возможностями которого можно воспользоваться для реализации подсистемы «Идентификация, проверка подлинности и контроль доступа субъектов».

Основные файлы необходимые для идентификации (/etc/passwd, /etc/shadow, /etc/group). Именно эти файлы содержат некоторую информацию об авторизированных пользователях, которые позволяют затем его аутентифицировать.

Структура файла passwd имеет примерно следующий вид:

```
root:x:0:0:root:/root:/bin/bash
bin:x:1:1:bin:/bin:/sbin/nologin
daemon:x:2:2:daemon:/sbin:/sbin/nologin
sync:x:5:0:sync:/sbin:/bin/sync
mail:x:8:12:mail:/var/spool/mail:/sbin/nologin
...
```

Каждая запись в этом файле прописана разделяющим символом, двоеточием и выделяется 7 частей:

– имя пользователя. Это поле содержит имя пользователя. Для операционной системы не важно, какое имя имеет пользователь, система ориентируется на идентификатор;

– поле пароля. Это поле в ранних версиях Linux содержало зашифрованный пароль, а теперь, когда была введена технология теневых паролей, в этом поле просто ставится *x*. Практического применения это поле не имеет;

– идентификатор пользователя (UID). Уникальный идентификационный номер пользователя. Используется для установки прав пользователя;

– идентификатор группы, к которой принадлежит этот пользователь (GID) – групповой идентификатор;

– поле комментария;

– полный путь к домашнему каталогу пользователя;

– путь к командной оболочке [4].

Данный файл можно использовать как список идентификаторов системы, так и для доступа к ОС. На подобии построен и файл group, он указывает принадлежность идентификатора к определенной группе.

Второй связанный с файлом passwd, файл shadow, структура имеет примерно следующий вид:

```
root:$1$pOy8fNrf$uOh/dQlI03BMIdEAhWrE.0:12369:0:99999:7
:::
bin:*:12245:0:99999:7:::
daemon:*:12245:0:99999:7:::
sync:*:12245:0:99999:7:::
...
```

Запись также разделена двоеточиями:

– имя пользователя. Это поле просто дублируется из файла passwd;

– хэш пароля. В Linux пароли не хранится в открытом виде и шифруется по специальному алгоритму;

– остальные три информационных поля содержат различную служебную информацию.

Данный файл является продолжением passwd, в котором хранятся все данные о паролях авторизированных пользователей. Файл доступен, только суперпользователю (root) на правах чтение. Тем самым контроль над этим файлом можно отдать системному администратору, в следствии чего, он уже будет контролировать записи в данном файле для обычных пользователей.

Помимо данных файлов, требуется добавить файл, который будет хранить предыдущие пароли, например, opasswd и файл sysconfig, который будет содержать дополнительные настройки политики паролей.

Для организации работы всей системы авторизации, основой будет являться библиотека PAM. Данная библиотека существует во всех UNIX системах, в том числе и в новых версия Linux Ubuntu. PAM (Pluggable Authentication Modules) – подгружаемые модули аутентификации. PAM является набором динамически подключаемых модулей, с помощью которых привилегированный пользователь может выбирать, как приложение должно осуществлять процесс аутентификации. Эта технология имеет два основных преимущества. Первым преимуществом является модульность приложений, поддерживающих PAM. Это означает, что для приложения, поддерживающего PAM, появляется возможность изменить механизм аутентификации пользователей без перекомпиляции программы, достаточно изменить конфигурационный файл PAM. Второе преимущество использования PAM заключается в том, что администратор системы получает полную свободу в выборе схемы аутентификации для каждого отдельного приложения [4].

На рисунке 1 изображена структурная схема работы библиотеки PAM.

Конфигурационный файлом выступает, файл, лежащий в каталоге «/pam.d b», который имеет примерно следующий вид:

```
    #%PAM-1.0
    auth required /lib/security/pam_securetty.so
    auth required /lib/security/pam_stack.so ser-
vice=system-auth
    auth required /lib/security/pam_nologin.so
    account required /lib/security/pam_stack.so ser-
vice=system-auth
    password required /lib/security/pam_stack.so ser-
vice=system-auth
    session required /lib/security/pam_stack.so ser-
vice=system-auth
    session required /lib/security/pam_limits.so
    session optional /lib/security/pam_console.so
    ...
```

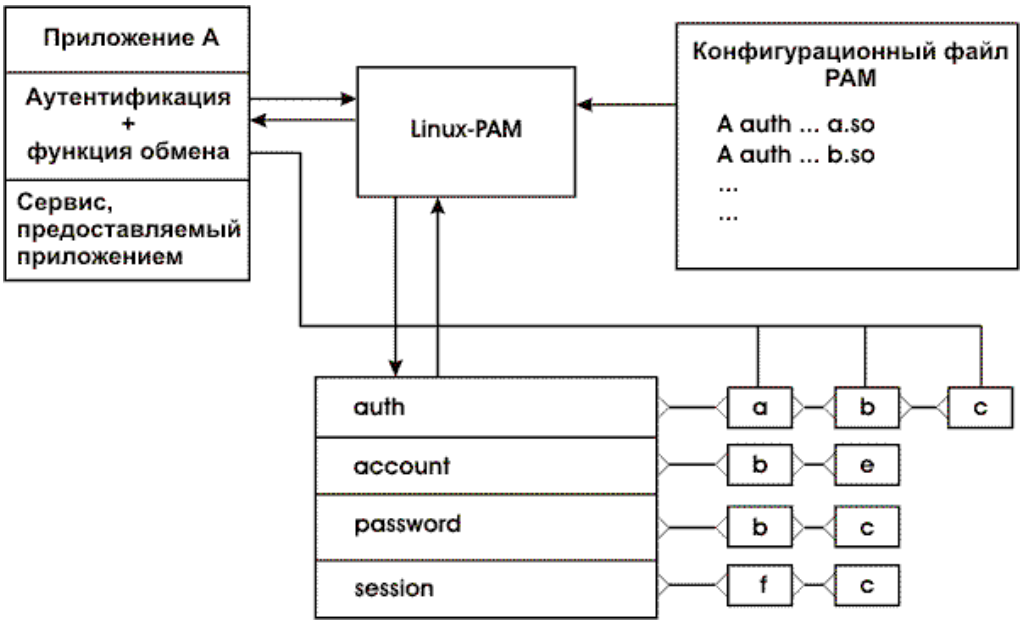


Рис. 1. Структурная схема взаимодействия приложения и библиотеки PAM

Правила записи в конфигурационный файл «/pam.d b»:

```
тип_модуля флаг_контроля путь_к_модулю параметры_модуля
```

Формат в виде искусственной таблицы в текстовом файле, количество столбцов 4, знак разделения между столбцами табуляция:

Каждый модуль (auth, account, password, session) и флаг (required, optional и другие) выполняет определённые действия согласно прописанным параметрам модуля, более подробно о каждом прописано в программных документациях Linux.

Все операции по аутентификации, шифрования пароля и его проверку, производит библиотека PAM. Библиотека Linux-PAM производит чтение параметров аутентификации приложения из конфигурационного файла и загружает необходимые модули в память. Затем загруженные модули попадают в одну из четырех управляющих групп и помещаются туда в порядке появления их в конфигурационном файле [4]. Именно конфигурационный файл и отвечает за расширенные политики пароля. Можно прописать и срок пароля, и запрет доступа при определенном количестве не успешных вводов пароля пользователя в зависимости от требуемой задачи.

Модули библиотеки находятся в каталоге «/lib/security», но могут располагаться и в другой директории, предварительно изменив ее в конфигурационном файле.

Для доступа к файлам, каталогам можно воспользоваться механизмами доступа ОС Linux. Для каждого файла можно прописать, доступен ли файл, данному пользователю указав права типа “rwx”, с помощью

стандартных команд в Linux. Существует метод подмены рабочего стола собственным (пустым) на стадии загрузки, тем самым также обеспечивая требуемую защиту, но лишая возможности организовать мандатную работу с файлами (второй пункт в РД).

5. Требование к управлению потоками информации

Данное требование, связано с организации мандатного доступа к файлам и организации передачи данных разного уровня секретности.

Мандатный доступ к файлам можно организовать с помощью встроенного в ОС модуля Smack, предварительно перекомпилирую ядро. Требуется найти в разделе Networking support -> Networking options -> CP/IP networking этот модуль.

Данный модуль основан на ключевой модели компьютерных систем с мандатным управлением доступом – модель Белла–ЛаПадулы [7].

Система обеспечения мандатного контроля доступа “Smack” состоит из трех основных компонент:

– компонент ядра, который реализован как модуль “Linux Security Modules”;

– скрипт загрузки и вспомогательные утилиты, предназначенные для загрузки базовых настроек, проверки корректности атрибутов Smack для отдельных файлов устройств;

– набор исправлений к пакету GNU Core Utilities, благодаря которому некоторые стандартные утилиты (типа ls) могут оперировать расширенными атрибутами файлов, используемых системой безопасности [5].

После компиляции и установки ядра будет получен архив с загрузочными скриптами, которые в соответствии с документацией, требуется правильно установить в системные папки.

Основной файл по созданию мандатных меток, расположен в директории «/etc/smack/accesses». Часть меток зарезервировано под стандартные, остальные можно присваивать для любых объектов или группы объектов. Строится правило по методике <объект> – <субъект> – <тип доступа> там же находится файл определяющий степень важности метки, к примеру, пользователь с самой высокой меткой будет иметь доступ ко всем файлам всех видов меток, за исключением запрещающих зарезервированных.

Управление потоками для информации, передающейся по сети, можно использовать механизм мандатных меток, прописанный в ГОСТ Р 58256–2018. С помощью программных средств при этом целостность поля Опции, который и отвечает за классификацию мандатных меток, не должна быть нарушена.

При передаче информации классификационные метки должны размещаться в каждом заголовке IP-пакета в поле Опции с типом Безопасность.

Классификационная метка при передаче информации представляет собой совокупность полей, входящих в поле Опции заголовка IP-пакета.

При отсутствии поля «Опции» в составе заголовка IP-пакета следует считать, что данный пакет имеет метку с нулевым значением и не имеет категорий конфиденциальности.

Значения полей, входящих в поле «Опции», совокупность которых определяет значение классификационной метки, устанавливаются в соответствии с таблицей 3 [6].

Таблица 3

Значения полей, входящих в поле «Опции»

Поля, входящие в поле Опции	TYPE (8 бит)	LENGTH (8 бит)	CLASSIFICATION LEVEL (8 бит)	PROTECTION AUTHORITY FLAGS (11+ байт)
Значение поля	10000010	XXXXXXXX	10101011	AAAAAAA1110] AAAAAAA0

Значение поля TYPE равно 130 в десятичном представлении, что определяет тип поля Опции – Безопасность (Security).

Поле LENGTH содержит значение длины поля Опции в октетах. Минимальная длина поля Опции – 3 октета (байта), включая поля TYPE и LENGTH. Поле PROTECTION AUTHORITY FLAGS может отсутствовать. Значение поля LENGTH не должно превышать 40 октетов.

Значение поля LENGTH меньше 3 октетов должно обрабатываться как ошибка.

В поле CLASSIFICATION LEVEL всегда указывается значение 10101011 (Unclassified).

Поле PROTECTION AUTHORITY FLAGS имеет переменную длину. Младший бит каждого октета (байта) используется для индикации наличия следующего октета. Если бит равен 1, есть следующий октет, если бит равен 0 – октет последний. Ситуации, когда в соответствии со значением поля LENGTH октет является последним, но его младший бит не равен 0, либо октет не является последним, а младший бит равен 0, должны обрабатываться как ошибки.

Классификационная метка должна представлять собой структуру, которая включает 8 бит для кодирования уровня (беззнаковое целое число. 256 возможных значений) и до 251 бита для кодирования категорий. При этом кодирование категорий рекомендуется осуществлять с использованием 64–разрядной битовой маски, заканчивающейся младшим битом.

Значение классификационной метки, равное нулю, соответствует информации, для которой не определены уровни конфиденциальности [6]. Более детально с примерами описано в ГОСТ Р 58256–2018.

С помощью данного поля можно определить сообщения разного степени секретности, каждый вид имеет свой специальный номер, прописанный в соответствии с ГОСТом. При этом программные средства строится на основе ключевой модели с мандатным управлением доступа – модели Белла–ЛаПадулы [7]. Принцип: невозможно возникновение информационных потоков от объектов с большим уровнем конфиденциальности к объектам с меньшим уровнем конфиденциальности. При передаче просматривается уровень секретности пакета и уровень секретности пользователя, сравнивается, и запрещает передавать пользователю пакеты уровень секретности, которых выше, чем получателя.

6. Выводы

Идентификация, проверка подлинности и контроль в систему, к терминалам, ЭВМ, узлам сети ЭВМ, каналам связи средствами стандартных файлов etc/passwd, /etc/shadow, /etc/group и другими файлами, если потребуется более надежная защита и средствами библиотеки PAM. Так же можно использовать средства NSS.

Идентификация, проверка подлинности и контроль внешним устройствам ЭВМ, к приложениям к томам, каталогам, файлам, записям, полям записей следует так же использовать вышеупомянутые средства, плюс использования стандартных методов управления доступом к объектам в Linux.

Управление потоками информации на локальном компьютере можно осуществить с помощью модуля “Smack”, тем самым определив мандатные метки для каждого пользователя. Есть и другие встроенные методы в Linux для реализации мандатных меток, например, “SELinux”. Так же можно реализовать данную процедуру ручным способом.

Управление потоками информации в сети, наиболее целесообразно использовать аппаратно-программные средства, добавляющие дополнительную информацию в пакеты, позволяющие классифицировать, к какому типу секретности относить отправленную информацию. При построении придерживаться модели Белла-ЛаПадулы, на основе которой построены большое количество сетевых систем специального назначения.

7. Анализ уязвимостей в системе безопасности АС

Любая задача злоумышленника – совершение несанкционированного доступа к системе, с целью получения личной выгоды. Эту выгоду получает путем получения конфиденциальной информации, и в дальнейшем использование ее в своих целях. Именно для совершения таких дей-

ствий и требуется найти наиболее уязвимые места в системе, чтобы каким-либо образом обойти систему защиту или изменить ее под себя.

Количество уязвимостей, в большей мере, зависит от качества работы системного администратора, правильной настройки ПО и его использования. Уязвимости могут проявиться на любом этапе реализации системы безопасности. Конкретного названия для данных уязвимостей нет. Они устраняются путем определения источников проблем. Существуют также уязвимости и в самой ОС.

Dirty COW – локальная уязвимость возникает во время копирования какого-либо объекта при процессе его же записи. Благодаря ей каждый непривилегированный пользователь может получить доступ к ОС. На некоторых старых ядрах Linux, вполне допустимо наличия еще не решеной данной уязвимости.

Уязвимость нулевого дня ядра – локальная уязвимость, которая предоставляла возможность повысить права текущего пользователя до прав суперпользователя “root”. Первопричиной является допущение ошибки с криптографическими данными ядра, которые хранятся в памяти. Данная уязвимость, прежде всего, актуальна для серии ОС Linux Ubuntu.

Указаны только пару уязвимостей локального характера, этим список не заканчивается, новые уязвимости, могут проявляться при воздействии пользователя с ОС. Поэтому, во избежание потери информации, в управлении механизмами безопасности, должен использоваться высококвалифицированный работник, умеющий работать, прежде всего, с самой ОС.

Заключение

В данной статье были рассмотрены возможные средства для реализации подсистемы управления контроля в АС специального назначения с обеспечением ее, класса защиты уровня 1Б. Подробно описаны методы по построению данного системного модуля. Так же были указаны некоторые элементы угрозы безопасности в ОС Linux.

Список литературы

1. Руководящий документ. Автоматизированные системы. Защита от несанкционированного доступа к информации. Классификация автоматизированных систем и требования по защите информации. Утверждено решением председателя Государственной технической комиссии при Президенте Российской Федерации от 30 марта 1992 г. [Электронный ресурс]. URL: https://fstec.ru/index?id=384:rukovodyashchij-dokument-reshenie-predsedatelya-gostekhkomissii-rossii-ot-30-marta-1992-g (дата обращения 11.05.2020).

2. Операционная система специального назначения Astra Linux Special Edition. [Электронный ресурс]. URL: http://www.cio-sibir.ru/files/Meet/2016/2016-10-07-Astra_Linux.pdf (дата обращения: 11.05.2020).

3. Галгали П., Гайтонде Р. Сравнение систем безопасности в AIX, Linux и Solaris // IBM developerWorks. 15.07.2007. [Электронный ресурс]. URL: https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/au-compaixsolaris/index.html (дата обращения: 11.05.2020).

4. Исследование уровня безопасности операционной системы Linux. [Электронный ресурс]. URL: https://www.bestreferat.ru/referat-52957.html (дата обращения: 11.05.2020).

5. Ивашко Е. Система мандатного контроля доступа Smack // IBM developerWorks. 26.10.2010. [Электронный ресурс]. URL: https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/l-apparmor-6/ (дата обращения: 11.05.2020).

6. ГОСТ Р 58256-2018. Управление потоками информации в информационной системе. Формат классификационных меток. Изд. офиц. М.: Стандартинформ, 2018. 8 с.

7. Девянин П. Модели безопасности компьютерных систем. Управление доступом и информационными потоками. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Горячая линия–Телеком, 2013. 338 с.

УДК 004
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-206

Сараджишвили Сергей Эрикович[1],
канд. техн. наук, доцент, доцент;
Морозов Юрий Алексеевич[2],
аспирант

ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ LINKED OPEN DATA

[1, 2] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия,
[1] SSaradg@yandex.ru, [2] stonefiz@gmail.com

Аннотация. В работе рассматриваются особенности обучения нейронных сетей с использованием открытых связанных данных. В рамках исследования проведен обзор публикаций, посвященных вопросам в этой области. В результате был описан подход обработки связанных данных для дальнейшего обучения и проведено тестовое обучение.

Ключевые слова: связанные открытые данные, машинное обучение, семантический веб, RDF.

Sergey E. Saradzhishvili[1],
Associate Professor;
Yuri A. Morozov[2],
Postgraduate

FEATURES OF LEARNING NEURAL NETWORKS USING LINKED OPEN DATA

[1, 2] Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia,
[1] SSaradg@yandex.ru, [2] stonefiz@gmail.com

Abstract. The paper discusses the features of training neural networks using open linked data. The study reviewed publications on issues in this area. As a result, an approach to processing related data for further training was described and test training was conducted.

Keywords: linked open data, machine learning, semantic web, RDF.

Введение

Linked Open Data (LOD) или связанные открытые данные – это одна из самых мощных структур для хранения данных, а машинное обучение – одна из самых популярных парадигм для анализа данных. Несмотря на то, что за последние десять лет в обеих областях наблюдался рост популярности, их объединению уделяется относительно мало внимания.

Появление взаимосвязанных, физически распределенных и автономно поддерживаемых хранилищ LOD открывает возможности для прогнозирования и обнаружения знаний из таких данных.

Связанные данные являются результатом слияния более ранних идей и технологий, включая гипертекст, базы данных, онтологии, языки разметки и являются частью такой концепции как семантическая паутина (Semantic Web) [1]. Для того, чтобы быстро ознакомиться с основными источниками данных, достаточно посмотреть на известное облако связанных данных (Linked Data Cloud) [2]. На нем наибольшее количество данных, посвящены научным публикациям, затем следуют источники данных по биологии, открытые государственные данные и медиаинформация.

При классическом подходе машинного обучения предполагается, что каждый метод соответствует стандартному шаблону: входные данные представляют собой таблицу примеров, описываемых несколькими функциями с целевым значением для прогнозирования, а выходные данные представляют собой модель, предсказывающие целевое значение.

Однако классические подходы к машинному обучению ограничены в их применимости, поскольку собирать все данные в централизованном месте для анализа нежелательно и нецелесообразно из-за доступа, памяти, пропускной способности, вычислительных ограничений, безопасности и конфиденциальности. Одним из вариантов решения этих проблем является способ обучения моделей из хранилищ связанных данных.

Ряд различных методов машинного обучения могут применяться к связанным данным для различных целей. Основной причиной, по которой имеет смысл использовать эти данные является их большое количество, опубликованных в общем доступе, для работы с которыми могут быть использованы стандарты семантического веба.

При использовании связанных данных для машинного обучения, учитывая их нетипичную структуру возникает проблема, каким образом обратиться к ним для того, чтобы использовать в задачах обучения нейронных сетей и как организовать процесс предобработки для последующего использования. В этой статье, опираясь на существующие методы работы с RDF мы опишем свой подход для обучения нейронных сетей из хранилищ, связанных данных.

1. Обзор литературы

Многие существующие исследования и подходы (например, [3 – 5]) предлагают использовать целый набор различных технологий из стека Semantic Web – запросы SPARQL, онтологии, RDF и др. для взаимодействия с данными. Одним из главных недостатков является, что многие из них предполагают ручную разработку процедур выборки нужных данных, приводящую к формулированию разработчиком или исследователем запроса SPARQL для обработки структур RDF.

При реализации алгоритмов с таким подходом они будут громоздкими и требовать знаний языка запросов SPARQL, их код будет избыточным, а реализация будет выглядеть примерно так, как показано на рисунке ниже.

Однако эти подходы являются громоздкими и требуют обширных и избыточных знаний для работы исследователя.

Некоторые подходы предлагают наиболее простой путь для разработчика [6] напрямую взаимодействовать со слоем RDF, который является самым низким уровнем в стеке семантического веба. Избегая работы с запросами SPARQL и другими уровнями, знания о которых не являются приоритетными для специалиста в области машинного обучения.

```
rs = execute_query ("""
SELECT ? degree ( COUNT (? degree ) AS ? count )
WHERE {
{
    SELECT ( COUNT (?n) AS ? degree )
    WHERE
    {
        {
            ?n ? out_edge ? out
        }
    UNION
    {
        ? in ? in_edge ?n}
    }
    GROUP BY ?n
    }
}
GROUP BY ? degree """)
print_result ( rs )
#
# Example Result :
# ------------------
# | degree | count |
# ==================
# | 3 | 2 |
# | 4 | 3 |
# | 2 | 3 |
# ------------------
```

Рис. 1. Выборка данных для обучения через SPARQL

Основная идея RDF очень проста, а именно: операторы представляются в виде троек формы субъект–предикат–объект, причем каждая тройка выражает отношение (представленное ресурсом предиката) между ресурсами субъекта и объекта. Формально субъект выражается URI или пустым узлом, предикат – URI, а объект – URI или литералом, таким как число или строка.

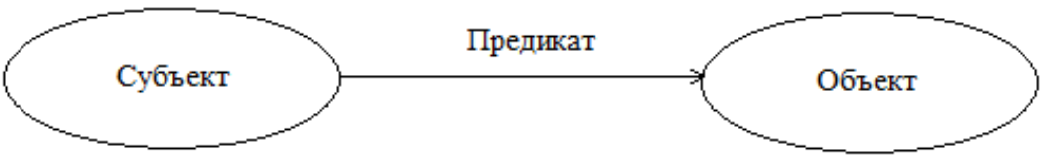


Рис. 2. Отношение в RDF

На рисунке 3 изображена схема отношений элементов в RDF.

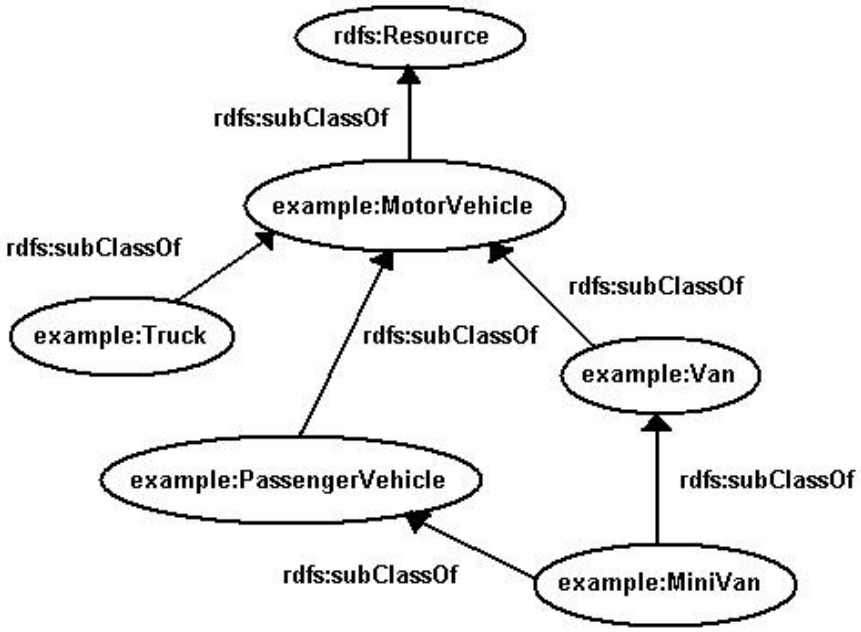


Рис. 3. Пример отношений в RDF

Структура в RDF подобна графу. Метод [7], а также метод [8] для генерации словосочетаний из RDF предлагают работать с данными RDF, как со множеством графов, где граф представлен набором взаимосвязанных троек. RDF представляется, как граф d из множества троек,

$$d=<t_1,t_2,...;t_n>, \quad (1)$$

где t_1 – первая тройка;

t_2 – вторая тройка;

t_n – последняя тройка.

2. Алгоритм предложенного метода

Мы будем рассматривать набор данных RDF как множественный граф с ресурсами, литералами и узлами на графе, как в формуле (1).

Каждая тройка t в множестве – содержит в себе субъект, предикат и объект. Граф $G = \{(s, p, o)|s \in S \wedge p \in P \wedge o \in O\}$, где s – субъект, p – предикат, o – объект, а S, P, O – множества субъектов, предикатов и объектов.

Для предобработки графа мы воспользуемся методом RDF2VEC, описанным в [9], который создает векторное представление для RDF. Для каждой тройки в полученном множестве троек мы получаем численное представление с помощью применения методологии RDF2VEC к каждому элементу и на выходе получаем матрицу X с числовыми значениями, в которую закодировано наше множество RDF.

На рисунке 4 представлен фрагмент кода на языке Python для применения RDF2VEC в процессе обработки данных.

```
def triples_to_vec (triples_list):
    X = []
    for triple in triplets_list:
        s,p,o = triple[:-1]
        es = get_RDF2vector(s)
        ep = get_RDF2vector(p)
        eo = get_RDF2vector(o)
        embd = np.concatenate((es, ep, eo)).flatten()
        X.append(embd)
    X = np.array(X)
    return X
```

Рис. 4. Фрагмент кода преобразования данных

Выводы и перспективы исследования

С использованием средств Python, Jupyter notebook и классификатора RandomForestClassifier в sklearn была произведена реализация обучения на тестовом наборе данных rdf, с предварительной обработкой через представление в множестве графов и преобразование в числовые вектора. Метрика точности accuracy_score составила 0.832, что говорит о том, что при таком подходе предсказание и обучение нейронных сетей будет верно, однако показатель не является идеальным, а также при графах с очень сильной глубиной возможно появление «шумов» при конвертации их в вектора. В дальнейшем планируется избавление от возможных «шумов» при преобразовании rdf для обучения.

Список литературы:

1. Berners-Lee T., Handler J., Lassila O. The Semantic Web: A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities // Scientific American, May 2001.

2. Linked Open Data Cloud. [Electronic Source.] URL: https://lod-cloud.net/ (access date: 11.05.2020).

3. Bin S., Westphal P., Lehmann J., Ngonga A. Implementing scalable structured machine learning for big data in the SAKE project // 2017 IEEE International Conference on Big Data (Big Data 2017), December 11–14, 2017, Boston, MA, USA. Publisher: IEEE, 2018. P. 1400-1407. DOI: 10.1109/BigData.2017.8258073.

4. Venkata N., Kappara P., Ichise R., Vyas O. LiDDM: A Data Mining System for Linked Data. 2011. [Electronic Source] file:///C:/Users/Al/Downloads/LiDDM_A_Data_Mining_System_for_Linked_Data.pdf (access date: 11.05.2020).

5. Paulheim H., Fümkranz J. Unsupervised generation of data mining features from linked open data // Proceedings of the 2nd International Conference on Web Intelligence, Mining and Semantics (WIMS'12). 2012. P. 1–12. DOI: 10.1145/2254129.2254168.

6. Bloem P., Vries G. K. D. Machine Learning on Linked Data, a Position Paper // Proceedings of the Linked Data for Knowledge Discovery ECML, 2014. DOI: 10.13140/2.1.2634.4963.

7. Lösch U., Bloehdorn S., Rettinger A. Graph kernels for RDF data // Simperl E., Cimiano P., Polleres A., Corcho Ó., Presutti V. (eds.). ESWC. Vol. 7295 of Lecture Notes in Computer Science., Springer, 2012. P. 134–148.

8. Sleimi A., Gardent C. Generating paraphrases from DBPedia using Deep Learning // Proceedings of the 2nd International Workshop on Natural Language Generation and the Semantic Web, 2016. P. 54–57. DOI: 10.18653/v1/W16-3511.

9. Ristoski P., Rosati J., Di Noia T., De Leone R., Paulheim H. RDF2Vec: RDF graph embeddings and their applications // Semantic Web. 2018. Vol. 10. P. 1–32. DOI: 10.3233/SW-180317.

УДК 519.8 : 004.65
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-207

Моргунов Евгений Павлович[1],
канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедры информатики и вычислительной техники;
Моргунова Ольга Николаевна [2],
канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедры информатики и вычислительной техники;
Постойко Анастасия Юрьевна [3],
студент

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА «АНАЛИЗ СРЕДЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ» В ВИДЕ РАСШИРЕНИЯ СУБД POSTGRESQL

[1, 2, 3] Сибирский государственный университет науки
и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, Красноярск, Россия,
[1] emorgunov@mail.ru, [2] olgamorgunova@mail.ru,
[3] postoiko.anastasya@yandex.ru

Аннотация. Предложены усовершенствования технологии интеграции метода «Анализ Среды Функционирования» (Data Envelopment Analysis), предназначенного для оценки эффективности систем, в среду системы управления базами данных PostgreSQL, имеющей открытый исходный код. Показаны преимущества использования концепции репозитория и идеи многовариантных (мультиверсионных) вычислений.

Ключевые слова: эффективность систем, Анализ Среды Функционирования, АСФ, базы данных, репозиторий, PostgreSQL.

Evgeny P. Morgunov[1],
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at Computer Science Department;
Olga N. Morgunova[2],
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at Computer Science Department;
Postoyko Anastasia Yurievna[3],
Student

IMPLEMENTATION OF DATA ENVELOPMENT ANALYSIS METHOD AS EXTENSION OF POSTGRESQL DATABASE MANAGEMENT SYSTEM

[1, 2, 3] Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,
Krasnoyarsk, Russia,
[1] emorgunov@mail.ru, [2] olgamorgunova@mail.ru,
[3] postoiko.anastasya@yandex.ru

Abstract. Enhancements of technology of integration of Data Envelopment Analysis (DEA) method into open source PostgreSQL database management system are suggested. DEA method is widely used for assessing of efficiency of systems. The advantages of using the concept of data repository and the ideas of multiversion calculations are demonstrated.

Keywords: efficiency of systems, Data Envelopment Analysis, DEA, databases, repository, PostgreSQL.

Введение

Одним из видов системных исследований является оценка эффективности систем. Для ее выполнения используются различные методы, в том числе и метод Data Envelopment Analysis (DEA) [5]. Он был предложен в 1978 г. американскими учеными A. Charnes, W.W. Cooper, E. Rhodes [4]. В России используется такое наименование метода – Анализ Среды Функционирования (АСФ) [1].

Поскольку проведение исследований эффективности систем требует обработки больших массивов данных и сложных вычислений, то невозможно обойтись без специального программного обеспечения (ПО). Такое ПО, реализующее метод АСФ (DEA), существует [2].

Авторами настоящей статьи ранее уже был разработан прототип реализации данного метода в среде системы управления базами данных (СУБД) PostgreSQL [3, 7]. Этот прототип имеет ряд существенных отличий от известных разработок других авторов.

В статье речь пойдет о дальнейшем развитии этой разработки.

1. Метод исследования

Метод АСФ не предполагает использования какой-либо формулы, связывающей исходные показатели, и не требует использования весовых коэффициентов, что снижает степень субъективности полученных оце-

нок эффективности систем. Однако он требует разделения показателей на входные и выходные. Входные показатели – это ресурсы, использованные для производства результатов, описываемых выходными показателями. Показатели выбираются с учетом специфики предметной области и заданной цели исследования.

Метод АСФ (DEA) основан на построении так называемой *границы эффективности* в многомерном пространстве входных и выходных переменных, описывающих объекты, эффективность которых требуется определить. Граница эффективности представляет собой гиперповерхность, огибающую (охватывающую) точки, соответствующие оцениваемым объектам. Степень эффективности конкретного объекта зависит от расстояния между ним и границей эффективности: чем дальше объект находится от границы, тем его эффективность ниже. Объекты, находящиеся на границе эффективности, считаются эффективными.

Представим формализованное описание метода на примере модели BCC, ориентированной на выход (ее название образовано из первых букв фамилий ее авторов: Banker, Charnes и Cooper) [5, с. 93]. Пусть требуется определить показатель эффективности каждого из n объектов. Такими объектами могут быть, например, предприятия, организации, университеты, банки и т. д.

Для описания каждого объекта o_j, $j = \overline{1,n}$, служит пара векторов $(\mathbf{x}_j, \mathbf{y}_j)$. При этом вектор $\mathbf{x}_j = (x_{j1},...,x_{ji},...,x_{jm})^T$ содержит входные показатели (входы) для объекта o_j, а вектор $\mathbf{y}_j = (y_{j1},...,y_{jr},...,y_{js})^T$ содержит выходные показатели (выходы) для объекта o_j. Тогда матрица $\mathbf{X} = (\mathbf{x}_j)$, имеющая размерность $m \times n$, содержит вектор-столбцы с входными данными для всех n объектов, а матрица $\mathbf{Y} = (\mathbf{y}_j)$, имеющая размерность $s \times n$, содержит вектор-столбцы с выходными данными для всех n объектов.

В основе метода АСФ (DEA) лежит метод линейного программирования, поэтому модель формулируется в таком виде:

$$\begin{aligned} &\max_{\varphi,\boldsymbol{\lambda}}(\varphi), \\ &\quad \mathbf{X}\boldsymbol{\lambda} \le \mathbf{x}_0, \\ &\quad \varphi\mathbf{y}_0 - \mathbf{Y}\boldsymbol{\lambda} \le \mathbf{0}, \\ &\quad \mathbf{e}\boldsymbol{\lambda} = 1, \\ &\quad \boldsymbol{\lambda} \ge \mathbf{0}. \end{aligned} \qquad (1)$$

Здесь **e** – это единичный вектор-строка. В данном случае показатель эффективности – скаляр $\varphi \in [1; \infty)$. Если $\varphi = 1$, то объект будет считаться эффективным *по сравнению* с остальными объектами исследуемой совокупности, если $\varphi > 1$, то неэффективным. На практике значение показа-

теля эффективности зачастую переводится в диапазон (0; 1] с помощью преобразования 1 / φ. Объекты, имеющие значение показателя φ = 1, считаются эффективными и находятся, как принято говорить, на *границе эффективности*. Аналогичная задача решается *для каждого объекта*, т. е. *n* раз. Таким образом, граница эффективности формируется путем многократного решения задачи линейного программирования.

2. Предлагаемый подход к программной реализации метода АСФ (DEA)

Авторами статьи было предложено реализовать метод АСФ (DEA) в виде *расширения* СУБД PostgreSQL [3]. Расширение СУБД (extension) – это набор пользовательских функций и других объектов, которые встраиваются в сервер баз данных и могут использоваться так же, как и встроенные функции, предоставляемые пользователям СУБД изначально [7].

В результате выполнения интеграции метода АСФ (DEA) в среду PostgreSQL доступ к алгоритмам метода осуществляется путем выполнения обычной SQL-команды SELECT, в которой будет вызываться функция, реализующая метод:

```
SELECT dea();
```

Авторами реализована первая версия расширения СУБД PostgreSQL. В качестве механизма для решения задачи линейного программирования используется свободно-распространяемый пакет lp_solve [6]. Интерфейс пользователя создан на основе web-технологий, реализовано построение графиков непосредственно в браузере. Эти графики показывают границу эффективности для двухмерного и трехмерного случаев. Результаты вычислений сохраняются в базе данных и могут быть представлены пользователю в трех вариантах:

– в виде единого отчета в текстовой форме (в случае создания в интернете общедоступного сервиса для исследования эффективности систем такой отчет можно переслать пользователю по электронной почте);

– в наглядной форме – в виде таблиц и графиков в окне браузера;

– в форме SQL-команд, вводимых в интерактивном режиме взаимодействия с СУБД (при этом можно использовать как стандартные средства языка SQL, так и специально написанные функции, формирующие отчетную информацию по отдельным аспектам исследования, например, функция для выборки целевых значений показателей, которых должны достигнуть неэффективные объекты).

В настоящее время авторами ведется дальнейшая разработка этого инструментария, предложено использовать концепцию репозитория данных. Его применение позволит организовать работу с данными, применяемыми для исследования эффективности объектов, более удобно.

В репозитории хранятся не только данные, но также описания исследуемых объектов и используемых переменных (показателей). Организация и использование репозитория имеет ряд особенностей.

1. Данные помещаются в репозиторий в виде так называемых *наборов данных* (dataset). Для каждого набора данных делается описание с указанием временного периода, к которому эти данные относятся. Поэтому о каждом элементе данных можно будет сказать, откуда он происходит. Это повысит уровень достоверности результатов, полученных в процессе исследования эффективности объектов.

2. Данные из репозитория копируются в рабочие таблицы базы данных, входящие в состав расширения и предназначенные для проведения непосредственных вычислений показателей эффективности. Для копирования данных служат специальные сервисные функции, которые также входят в состав расширения СУБД и снимают с прикладного программиста значительную часть рутинной работы.

3. Объекты и переменные в репозитории можно объединять в группы по какому-то признаку, например, по принадлежности одной и той же организации. Наличие групп упрощает получение данных из репозитория.

4. После копирования исходных данных из репозитория в рабочие таблицы базы данных можно эти данные предварительно обработать, например, выявить так называемые «выбросы». При этом исходные (raw) данные в репозитории остаются неизмененными, что позволяет использовать их в дальнейшем и, возможно, выполнять предварительную обработку какого-то другого вида.

5. Репозиторий организован таким образом, что если исследование сложной иерархической системы состоит из ряда этапов, то они объединяются в единую иерархическую структуру.

Для выполнения различных действий, связанных с обслуживанием репозитория и получением данных из него для непосредственного выполнения исследований, предусмотрены специальные сервисные функции. Эти функции реализуются на языке PL/pgSQL, интегрированы в СУБД, поэтому их использование не потребует от программиста, разрабатывающего прикладные программные системы, больших усилий.

При проведении исследований эффективности может оказаться целесообразным выполнить расчеты по одной и той же методике, но с использованием различных наборов переменных (показателей). Такой подход может помочь установить устойчивые закономерности относительной эффективности различных объектов системы, проявляющиеся независимо от выбора того или иного набора показателей, использованных для описания объектов.

Предлагаемая концепция репозитория облегчает реализацию описанного подхода проведения многовариантных (мультиверсионных) вычислений и позволяет возложить процедуру сравнения полученных результатов на СУБД. Для этого служат специальные функции, также входящие в состав разрабатываемого расширения СУБД. В результате программный код прикладной системы, использующей эти процедуры, значительно упрощается. Для их вызова надо лишь воспользоваться командой SELECT. Программное обеспечение, известное авторам настоящей статьи, не позволяет удобным способом организовать многовариантные вычисления и сравнение полученных результатов.

Результаты вычислений будут также помещены в базу данных. Показать их пользователю можно, например, в окне браузера, обработав выборку полученного готового результата средствами языка программирования, на котором разрабатывается прикладная система.

Важно отметить, что реализуемая разработка осуществляется на принципах свободного программного обеспечения.

Заключение

Таким образом, разрабатываемое расширение СУБД PostgreSQL может служить основой для создания систем поддержки принятия решений, предназначенных для исследования эффективности систем. При этом интерфейс пользователя такой СППР может быть создан с применением различных технологий (традиционное настольное приложение, web-интерфейс).

Список литературы

1. Кривоножко В.Е., Лычев А.В. Анализ деятельности сложных социально-экономических систем. М.: Изд. отдел ф-та ВМиК МГУ; МАКС Пресс, 2010. 208 с.

2. Моргунов Е.П., Моргунова О.Н. Обзор программного обеспечения, реализующего метод Data Envelopment Analysis [Электронный ресурс] // XXII Междунар. науч.-практ. конф. «Решетневские чтения», 12–16 ноября 2018 г. : материалы : в 2 ч. Красноярск: СибГУ им. М. Ф. Решетнева, 2018. Ч. 2. С. 359–360. URL: https://reshetnev.sibsau.ru/page/materialy-konferentsii (дата обращения: 04.06.2020).

3. Моргунов Е.П., Моргунова О.Н., Постойко А.Ю. Интеграция метода «Анализ Среды Функционирования» в СУБД PostgreSQL // Сборник науч. трудов XXIII Междунар. науч.-практ. конф. «Системный анализ в проектировании и управлении», 10–11 июня 2019 г., Санкт-Петербургский политехн. ун-т Петра Великого: в 3 ч. СПб. : Политех-Пресс, 2019. Ч. 3. С. 178–184. URL: https://elib.spbstu.ru/dl/2/k19-141.pdf/view (дата обращения: 04.06.2020).

4. Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units // European Journal of Operational Research. 1978. Vol. 2. P. 429–444.

5. Cooper W.W., Seiford L.M., Tone K. Data Envelopment Analysis: A comprehensive text with models, applications, references, and DEA-Solver software. 2nd ed. New York: Springer, 2007. xxxviii, 490 p.

6. lp_solve: a Mixed Integer Linear Programming (MILP) solver. [Электронный ресурс]. URL: http://lpsolve.sourceforge.net/5.5/ (дата обращения: 04.06.2020).

7. PostgreSQL [Электронный ресурс] // The PostgreSQL Global Development Group: официальный сайт. URL: http://www.postgresql.org (дата обращения: 04.06.2020).

УДК 330.1
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-208

Виноградов Андрей Николаевич[1],
канд. физ.-мат. наук, и.о. руководителя ИЦИИ;
Куршев Евгений Петрович[2],
канд. техн. наук, ведущ. науч. сотр.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ЗАДАЧАХ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

[1, 2] Институт программных систем им. А.К. Айламазяна РАН,
Ярославская обл., Россия,
[1] andrew@andrew.botik.ru, [2] epk@epk.botik.ru

Аннотация. В статье рассмотрены результаты исследования применения технологии создания интеллектуальных динамических систем на основе логико-лингвистического моделирования сложных систем с учетом прошлого опыта по имеющимся статистическим данным для системы стратегического планирования. В статье раскрывается потенциал использования семантического, логико-лингвистического и лингво-комбинаторное моделирования поведения сложных систем с учетом прошлого опыта; с помощью технологии интеллектуальных динамических систем ИПС им. Айламазяна визуализируются пути оценки последствий принятых управленческих решений по всем путям сетевого графика для минимизации причинённого ущерба. Целью исследования является повышение эффективности системы управления и планирования. Результатом работы являетсяобоснование применения интеллектуальные системы для решения круга задач в системе стратегического планирования и оценки последствий принятых решений, интеграции логико-лингвистического моделирования в систему планирования промышленного предприятия для решения ситуационных задач управления.

Ключевые слова: системный анализ, коммуникации, интеллектуальные динамические системы, стратегическое планирование, стратегическое управление, информационное общество.

Andrey N. Vinogradov [1],
Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor;
Evgeny P. Kurshev [2],
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

APPLICATION OF INTELLECTUAL DYNAMIC SYSTEMS CREATION TECHNOLOGIES IN STRATEGIC PLANNING TASKS

[1, 2] Institute of Software Systems named after A.K. Ailamazyan RAS,
Yaroslavl Region, Russia,
[1] andrew@andrew.botik.ru, [2] epk@epk.botik.ru

Abstract. The article discusses the results of research on the application of the technology of creating intelligent dynamic systems based on logical-linguistic modeling of complex systems taking into account past experience from available statistics. The article reveals the potential of using semantic, logical-linguistic and linguistic-combinatorial modeling of the behavior of complex systems taking into account past experience; Using the technology of intelligent dynamic systems of the IPS after Haylamazyan, the ways of assessing the consequences of management decisions are visualized in all ways of the network to minimize the damage caused. The aim of the study is to increase the effectiveness of the management and planning system. The result of the work is the rationale for the use of intelligent systems to solve a range of problems in the strategic planning system and assess the consequences of decisions made, integrate logical and linguistic modeling into the planning system of an industrial enterprise to solve situational management problems.

Keywords: system analysis, communications, intelligent dynamic systems, strategic planning, strategic management, information society.

Введение

Система стратегического планирования современного предприятия как подсистема управляющей структуры сложной социально-экономической, производственной системы требует интеграции технологии создания интеллектуальных динамических систем в задачах стратегического планирования собственной хозяйственной деятельности предприятия, которая способствуют синхронизации плановых, организационных и координационных управляющих воздействий в ответ на изменение актуальной среды, а также системы мониторинга информационных потоков внутри и за пределами контура управления.

1. Универсальный программный комплекс “Miracle”

В Исследовательском центре искусственного интеллекта Института программных систем Российской академии наук (AIReC PSI RAS) разработан универсальный программный комплекс “Miracle” для интеллектуальных приложений, основанных на знаниях, лингвистических переменных и фреймах. ПК “Miracle” обеспечивает построение динамических

моделей и разработку многоуровневых планов управления ими на основе ситуационного управления и объектно-ориентированного моделирования с учетом класса объектов, наследования свойств, характеристики отношений, применения правил-продукций. Лингво-комбинаторное моделирование позволяет описывать множество правил и их изменений (динамика поведения, риск, ущерб, целостность и т. д.) для конкретных условий мониторинга и прогнозирования.

Программный комплекс “Miracle” обеспечивает поэтапный переход от общего к частному (анализ целей и задач управления, классификация проблемных ситуаций) и наоборот – синтез управляющих воздействий и апробаций управленческих решений на основе семантического логико-лингвистического анализа.

2. Процесс планирования и моделирования поведения сложных систем

В целях моделирования поведения сложных систем необходимо учитывать степень случайных событий в их актуальной среде, динамику изменения отдельных компонентов и их характеристик, слабоструктурированные связи между элементами системы, неформальные (косвенные) причинно-следственные связи, мотивы поведения управляющей структуры и дилеммы сотрудничества и доверия в ней. Таким образом возникает необходимость построения гибких управляющих моделей поведения сложных социально-экономических систем, которые на основе динамического целевого нормирования и сетевых графиков разрешения проблемных ситуаций могут формировать последовательность желаемых целевых состояний системы. Применяемые лингвистические переменные служат основой для формирования структуры слотов и фреймового представления знаний в конкретной области. Фактологическая информация для заполнения соответствующих слотов может извлекаться из текстов на естественном языке [1].

На рисунке 1 представлена общая структура системы интеллектуального планирования.

Таким образом, предлагаемаясистема моделирования прорабатывается для системного анализа последствий, учета и прогноза состояния, синтеза решений для всех участников (субъектов управления) [2].

Динамические системы,использующие экспертные знания, в которых состояние системыможет быть описано континуальными, логическими или лингвистическими переменными, динамика системы может быть описана функциями, заданными любым способом, *n*–местными отношениями или экспертными знаниями, например, множеством правил.

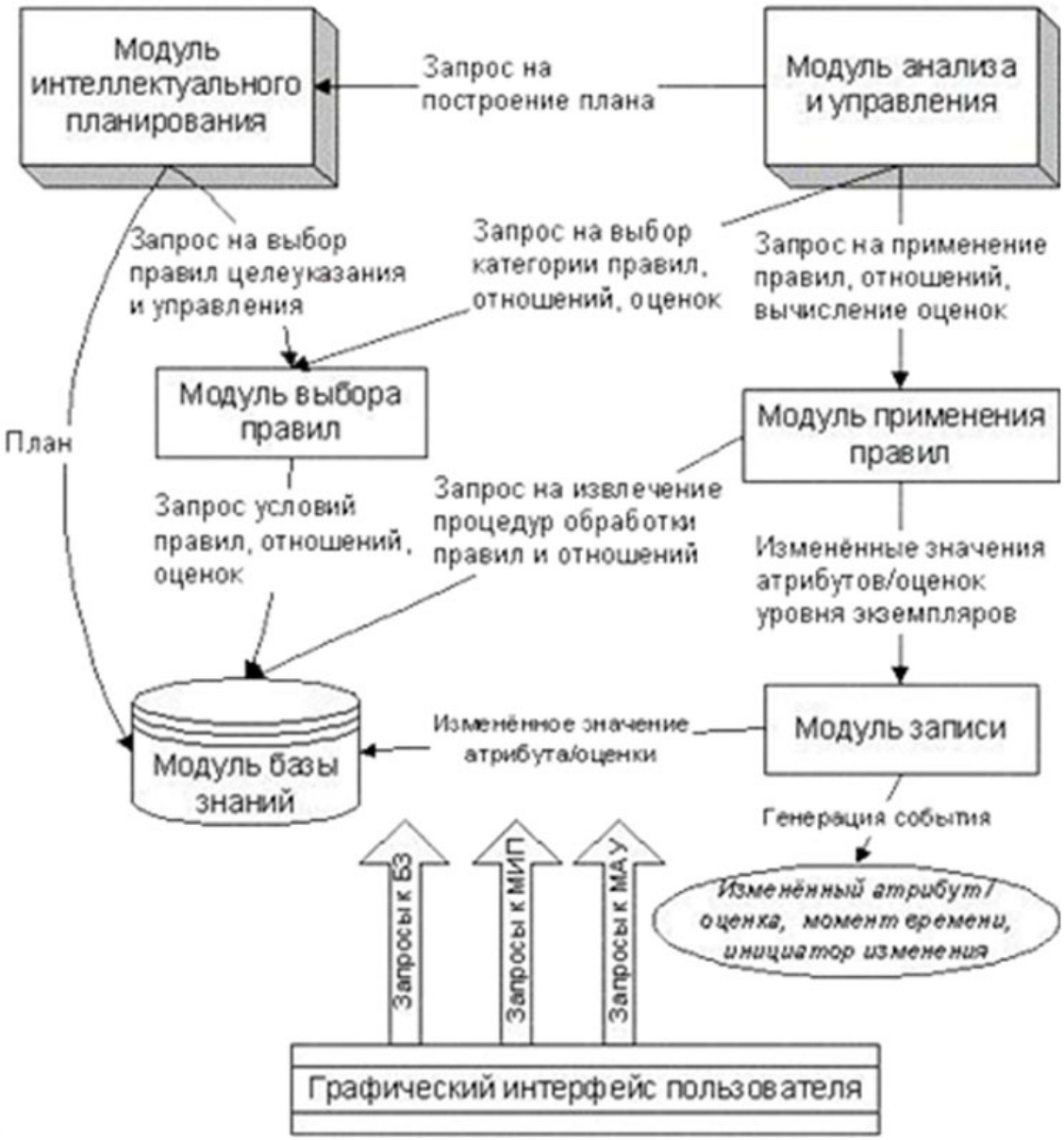


Рис. 1. Общая схема процесса интеллектуального планирования.

Аппарат нечёткой логики, являющийся одной из фундаментальных основ искусственного интеллекта предоставляет наиболее широкий спектр возможностей в этом направлении, также очень важен фактор влияния времени при учете особеностей поведения сложных динамических систем [3, 4]. На рисунке 2 показаны интеллектуальные решения? Использующие компоненты программного комплекса “Miracle”, которые предназначены для описания предметной области в системе стратегического планирования предприятия.

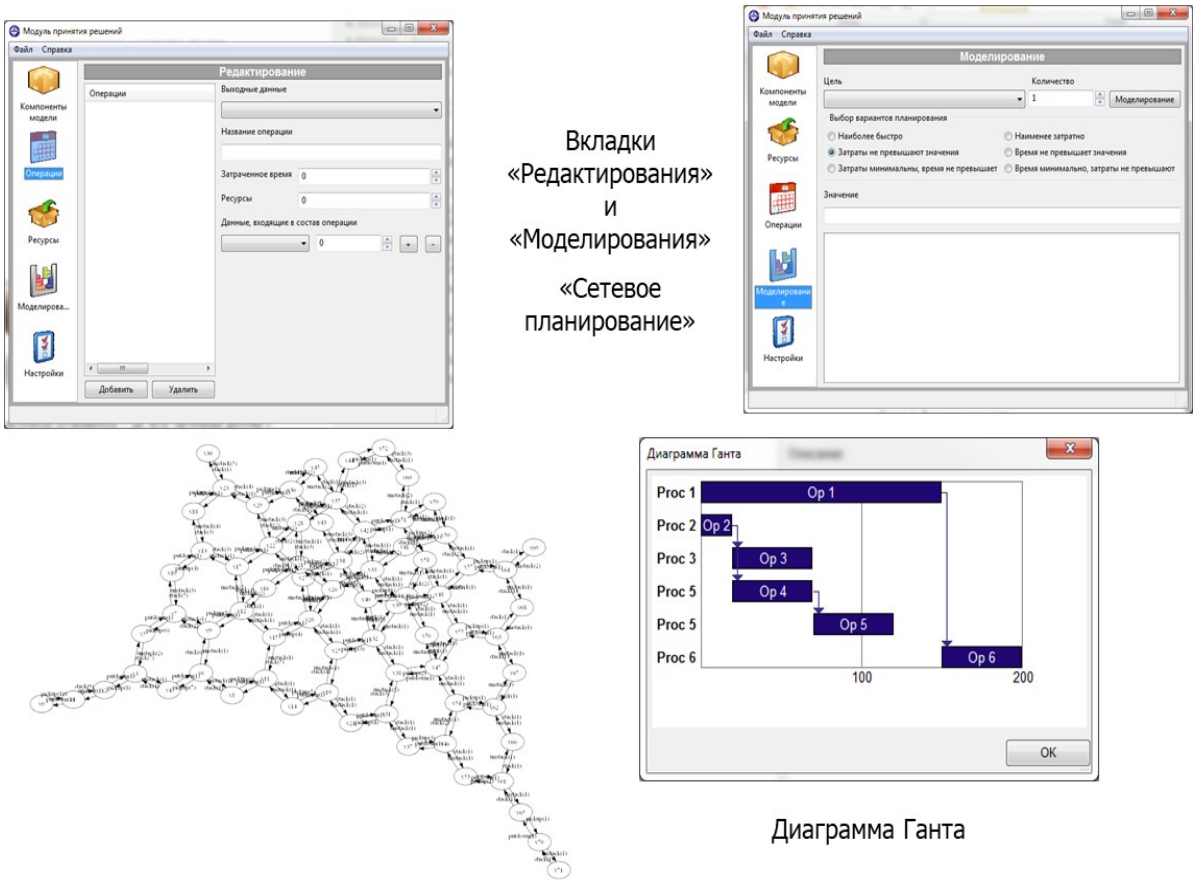


Рис. 2. Компоненты системы программно–целевого планирования

Моделирование, базирующееся на принципах нечеткой логики сочетает в себе с одной стороны – возможность простого и логически понятного преобразования многочисленных имеющихся разрозненных числовых данных в лингвистические концепты, необходимые для дальнейшего использования в системах моделирования рассуждений, основанных на методах нечеткого логического вывода, позволяющие с наибольшей степенью правдоподобия интерпретировать имеющиеся экспертные знания и в неявной форме учитывать действия и интересы всех участников, а с другой стороны – возможность последующего преобразования полученных обобщенных результатов в четкую цифровую форму, пригодную для дальнейшего использования в системе стратегического планирования. Авторы предлагают когнитивный инструментарий для определения эффективности мер и оценки последствий – это инструментарий лингвокомбинаторного моделирования и логико-лингвистического анализа процесса адаптации предметной области под воздействием функций субъектов управления в системе стратегического планирования. Тогда критериями могут выступать повышение эффективности деятельности предприятий и скорость адаптации всей системы, качество управления предприятиями [5, 6].

3. Результаты

В целях эффективного управления моделью или моделируемым объектом на всех этапах в работе системы осуществляется последовательно процесс планирования. Целью планирования является определение наиболее оптимального плана в процессе динамического целеуказания, а именно выбор множества вариантов на каждом шаге в процессе управления. Алгоритм планирования представляет собой алгоритм выбора оптимального состояния в предметной области, в результате различных управляющих воздействий.

Интеллектуальные решения, базирущиеся на подходах, заложенных в основуПК “Miracle” позволяют осуществить построение сложноструктурированных моделей большой степени сложности, когда отдельные элементы системы имеют собственные аттракторы поведения, различные фазы жизненного цикла, собственные интересы и конфликты.

На рисунке 3 представлена архитектура системы поддержки принятия решений по управлению ресурсами.



Рис. 3.Структура баз знанийв системе стратегического интеллектуального планирования

С использованием технологий построения экспертных систем, основанных на знаниях, в ИЦИИ ИПС РАН в различное время был разработан целый ряд прикладных систем, в т. ч. системы оценки состояния запасов биологических ресурсов, экспертные системы определения качества питьевой воды, воздуха рабочей зоны, пищевых продуктов, экспертная система оценки социальной напряженности в регионе.

Выводы

Итак, по запросу коллег Санкт-Петербургского университета в рамках общего совместного проекта было выявлено, что в процессе стратегического планирования возможности моделирования поведения сложных социально-экономических систем на основе методов искусственного интеллекта обеспечивают адекватность проработки управленческих решений в ситуациях выбора и обоснования стратегии развития. Промышленные современные предприятия как системы являются сложными самоорганизующимися и для их прогнозирования в системе стратегического планирования можно предложить разработки исследовательского центра искусственного интеллекта института программных систем РАН (AIReC PSI RAS), которые представлены в комплексе инструментальных средств “Miracle”, с помощью которого возможно создание систем на основе построения структурированных баз знаний о предметной области.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема Исследование и разработка методов интеллектуального анализа данных, Регистрационный номер: АААА-А19-119020690042-2).

Список литературы

1. Trofimov I.V., Suleymanova E.A. A syntax-based distributional model for discriminating between semantic similarity and association // Computational Linguistics and Intellectual Technologies: Proceedings of the International Conference “Dialogue 2017”. 2017. Vol. 1. No 16. P. 349–359.

2. Vinogradov A.N., Vlasova N., Kurshev E.P., Podobryaev A. Modern Approaches to the Language Data Analysis. Using Language Analysis Methods for Management and Planning Tasks // Arseniev D., Overmeyer L., Kälviäinen H., Katalinić B. (eds.) Cyber-Physical Systems and Control. CPS&C 2019. Lecture Notes in Networks and Systems. Vol 95. Springer, Cham, 2020. P. 470-481. DOI: 10.1007/978-3-030-34983-7_46.

3. Демидов А.А. Эволюционирующие онтологии в аспекте управления темпоральными или изменяющимися фактами // Труды IV Международной конференции по анализу изображений, социальных сетей и текстов (АИСТ-2015). 2015. С. 203–214.

4. Демидов А.А. ACI-транзакции в имитационном моделировании сложных систем // Журнал «Труды Института системного анализа РАН». 2014. Т. 64. № 2. С. 3–12.

5. Виноградов А.Н., Куршев Е.П., Подобряев А.В., Белов С.А. Разработка средств анализа научно-технической документации для повышения эффективности управления результатами интеллектуальной деятельности // Материалы VII Всероссийской научно–технической конференции «Актуальные проблемы ракетно-космического приборостроения и информационных технологий». М.:ФИЗМАТЛИТ, 2015.

6. Бурак П., Зворыкина Т., Кормалев Д.А., Жебель В. Методы извлечения информации из текстов для автоматизированного выявления потребностей экономики в новых научно-технических и технологических решениях // Вестник Российской Академии Естественных Наук. 2017. № 3. С. 4–8.

УДК 339.3
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-209

Поцулин Антон Дмитриевич[1],
магистрант;
Сергеева Ирина Григорьевна [2],
д-р экон. наук, профессор

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОЦЕНКИ ПОСТАВЩИКОВ

[1, 2] Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия,
[1] anton.potsulin@yandex.ru, [2] igsergeeva@gmail.com

Аннотация. В работе исследована проблема влияния субъективного фактора на выбор поставщика. Для принятия объективного решения по выбору поставщика предлагается использовать модели машинного обучения. За счёт использования моделей машинного обучения оценка поставщиков формируется исходя из анализа результатов их деятельности и тем самым минимизируется влияние субъективного фактора. Решение, основанное на конкретных предикторах, будет являться результатом конечной оценки (откликом) поставщика.

Ключевые слова: управление закупками, оценка поставщиков, методика оценки поставщиков, критерии выбора, система менеджмента качества, машинное обучение, цифровизация процессов.

Anton D. Potsulin[1],
Master Student;
Irina G. Sergeeva [2],
Doctor of Economics, Professor

THE USE OF MACHINE LEARNING MODELS IN THE EVALUATION OF SUPPLIERS

[1, 2] ITMO University, St. Petersburg, Russia,
[1] anton.potsulin@yandex.ru, [2] igsergeeva@gmail.com

Abstract. The paper investigates the impact of the subjective factor on the choice of the supplier. To make an objective solution on choosing a supplier, it is proposed to use machine learning models. By using machine learning models, the assessment of suppliers is formed based on the analysis of the results of their activities, and thereby the influence of the subjective factor is minimized. The decision based on specific predictors will be the result of the final assessment (response) of the supplier.

Keywords: procurement management, evaluation of suppliers, supplier assessment methodology, selection criteria, quality management system, machine learning, digitalization of processes.

1. Введение

Управление закупками является важной составной частью производственной цепи. Данный процесс занимает одно из первых мест среди расходов компании и ставит своей целью удовлетворение потребностей производства путём приобретения материально-технических ценностей необходимого качества с минимальными затратами. Нахождение наиболее приемлемых способов приобретения и поставки продукции является одним из значимых условий повышения конкурентоспособности организации.

Одной из главных проблем, возникающих при закупке товаров, является выбор поставщиков. На современном рынке функционирует большое количество поставщиков, производящих подобную продукцию, поэтому особенно актуально решение проблемы их идентификации, оценки и выбора.

Важность решения данной проблемы определяется тем, что поставщик должен быть надежным партнером для организации-потребителя, производить поставки точно в срок, а поставляемая им продукция соответствовать требованиям качества и безопасности при разумном соотношении цены и качества [1].

Проведение оценки поставщиков и мониторинга результатов их деятельности являются обязательными условиями для внедрения и поддержания систем менеджмента качества и безопасности пищевой продукции в организации. Следовательно, организациям, демонстрирующим эффективные методы управления для получения ряда преимуществ в конкурентной борьбе, в том числе при участии в различных тендерах, необходимо определить и применять на практике критерии оценки и выбора внешних поставщиков.

2. Использование моделей машинного обучения при проведении оценки поставщиков

2.1. Постановка задачи

Отбор поставщиков состоит из двух частей: определение весовых коэффициентов критериев и ранжирование поставщиков.

Методика ранжирования поставщиков с учетом их качественных характеристик, на сегодняшний день, не регламентирована. Преимущественно на практике используется метод рейтинговых оценок, как наиболее простой и удобный в воспроизведении. Обычно процесс оценивания поставщиков требует вынесения экспертных оценок специалистами нескольких подразделений предприятия. Данный процесс несет определенные риски, связанные с влиянием человеческого фактора [1].

В настоящее время происходит интенсивная цифровизация процессов, связанных с деятельностью предприятий, и закупочная деятельность не является исключением. Цифровые технологии способствуют форми-

рованию «гибкого» производства, способного менять характеристики производственного процесса, методы управления, учитывать меняющиеся потребности потребителя, тем самым создавая конкурентные преимущества [2].

Распространение технологий больших данных и искусственного интеллекта побудило многих исследователей рассмотреть их применение в таких аспектах исследования операций, как управление рисками цепочки поставок и выбор поставщиков. Следовательно, все больше и больше менеджеров по закупкам склоняются к тому, чтобы рассматривать применение методов искусственного интеллекта в процессах выбора поставщиков.

Использование методов машинного обучения в управлении закупками стало объектом исследования ряда ученых. В частности, A. Abdulla, G. Baryannis и I. Badi описали и применили модель машинного обучения для наиболее подходящего поставщика. Набор данных для машинного обучения взят из практики деятельности двух нефтегазовых компаний Ливии: Sri Oil и Lifeco [3]. R. Harikrishnakumar, A. Dand, S. Nannapaneni и K. Krishnan опубликовали алгоритмы контролируемого обучения (классификации), которые применяются для задачи оценки поставщиков, где модель обучается на основе предыдущих исторических данных, а затем тестируется на новом наборе [4]. Перечисленными выше авторами были разработаны модели, способные проводить оценку поставщиков и ранжировать их с учетом их качественных характеристик.

В рамках работы проведено исследование, заключающееся в обосновании возможности использования методов машинного обучения при оценивании поставщиков.

Целью исследования является нахождение и интерпретация доли верных оценок привлекательности поставщиков, полученных с использованием методов машинного обучения.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- сформировать выборку;
- обучить и протестировать модели оценки поставщиков;
- сделать выводы о целесообразности применения машинного обучения в решении задачи оценки поставщиков.

Теоретическая значимость работы заключается в развитии темы применения моделей машинного обучения в решении проблем в части управления закупками. Практическая значимость исследования сводится к возможности использования, примененной в работе методики исследования для оценки поставщиков.

По своей сути оценка поставщика заключается в том, чтобы классифицировать его, как привлекательную организацию, способную производить поставки точно в срок при условии, что поставляемая продукция

соответствует требованиям качества и безопасности, или же, как непривлекательную организацию.

В рамках решения задач классификации методами машинного обучения используются классификаторы, которые в свою очередь обучаются на наборе заранее подготовленных данных (атрибутах и присвоенных им классах), после чего классификатор может назначать классы новым объектам [6].

Для реализации приведенных выше методик необходимо получение входного набора данных по большому количеству объектов. Так, для обучения модели необходима аналитика прошлых результатов деятельности большого числа организаций. При этом данный набор должен содержать оценки по ряду критериев. Следовательно, на первом шаге необходимо выявить наиболее значимые критерии оценки поставщиков. Критерии отбора поставщиков, как правило, сильно зависят от отдельных отраслей и компаний, поскольку разные компании имеют разные стратегии управления, корпоративную культуру и конкурентоспособность.

В процессе оценки поставщиков возникает конфликт количественных и качественных критериев. Например, такие критерии, как качество поставляемой продукции, стоимость и сроки поставки являются количественными, а репутация поставщика и условия платежа – качественными. Для перевода качественных критериев в количественные используют балльно-рейтинговую систему оценки.

2.2. Проведение исследования

Авторами статьи проведено исследование на наборе данных. Источниками данных для исследования стала открытая информация, опубликованная на сайте Россельхознадзора, а также взятая из каталогов производителей мясной продукции. За критерии приняты следующие показатели: стоимость продукции, качество продукции, срок доставки, наличие реакций на отзывы.

Основные этапы исследования:

1. Нахождение и извлечение из источников открытого доступа выборки для обучения моделей. В качестве атрибутов были приняты данные лабораторного контроля, размещённые на сайте Россельхознадзора, цены, представленные в каталогах производителей мясной продукции, отзывы потребителей и ответы на них, проанализированы сайты поставщиков с целью выявления срока доставки продукции.

2. Работа с данными для приведения их в форму, пригодную для использования. Перечисленные выше данные были соединены в единую таблицу с помощью программного обеспечения Microsoft Office Excel.

3. Формирование обучающей выборки из полученного на предыдущем этапе набора. В качестве выборки из таблицы извлечены данные по

78 предполагаемым поставщикам. На основе оценок по критериям, каждому поставщику присвоен статус: 1 – привлекательный для сотрудничества, 0 – непривлекательный. Статус присвоен согласно ранжированному списку критериев по степени важности, представленному в работе [1].

4. Преобразование таблицы Excel в CSV файл и выгрузка данных в Microsoft Azure Learning Studio.

5. Разделение выборки случайным образом с помощью блока Split Data на тренировочную и тестовую части в отношении 80/20. Тестовая выборка использовалась на следующем шаге для проверки точности классификации.

6. Обучение выборки с помощью модели дерева принятия решений (decision trees).

7. Построение дерева решений (рис. 1).

После обучения модели она будет способна с той или иной степенью точности классифицировать организацию-поставщика по данным критериям, как привлекательную или нет.

Организации, заинтересованные в использовании методик машинного обучения с целью оценки и выбора надёжного партнёра, могут использовать не только данные, представленные в открытом доступе, но и собственные базы данных поставщиков.

Использование методов машинного обучения для оценки и выбора поставщиков возможно для организаций любого типа. На сегодняшний день большое количество информации о предприятиях уже находится в открытом доступе, что может быть использовано для создания классификаторов, оценивающих поставщиков.

Заключение

В работе было проведено исследование с целью обоснования возможности использования методов машинного обучения при оценке поставщиков. Построено дерево принятия решений, с помощью которого модель будет классифицировать поставщика, как привлекательного или непривлекательного.

Предложенная модель оценки полностью соответствует принципу системы менеджмента качества «Принятие решений, основанное на свидетельствах», изложенному в стандарте ГОСТ Р ИСО 9000-2015.

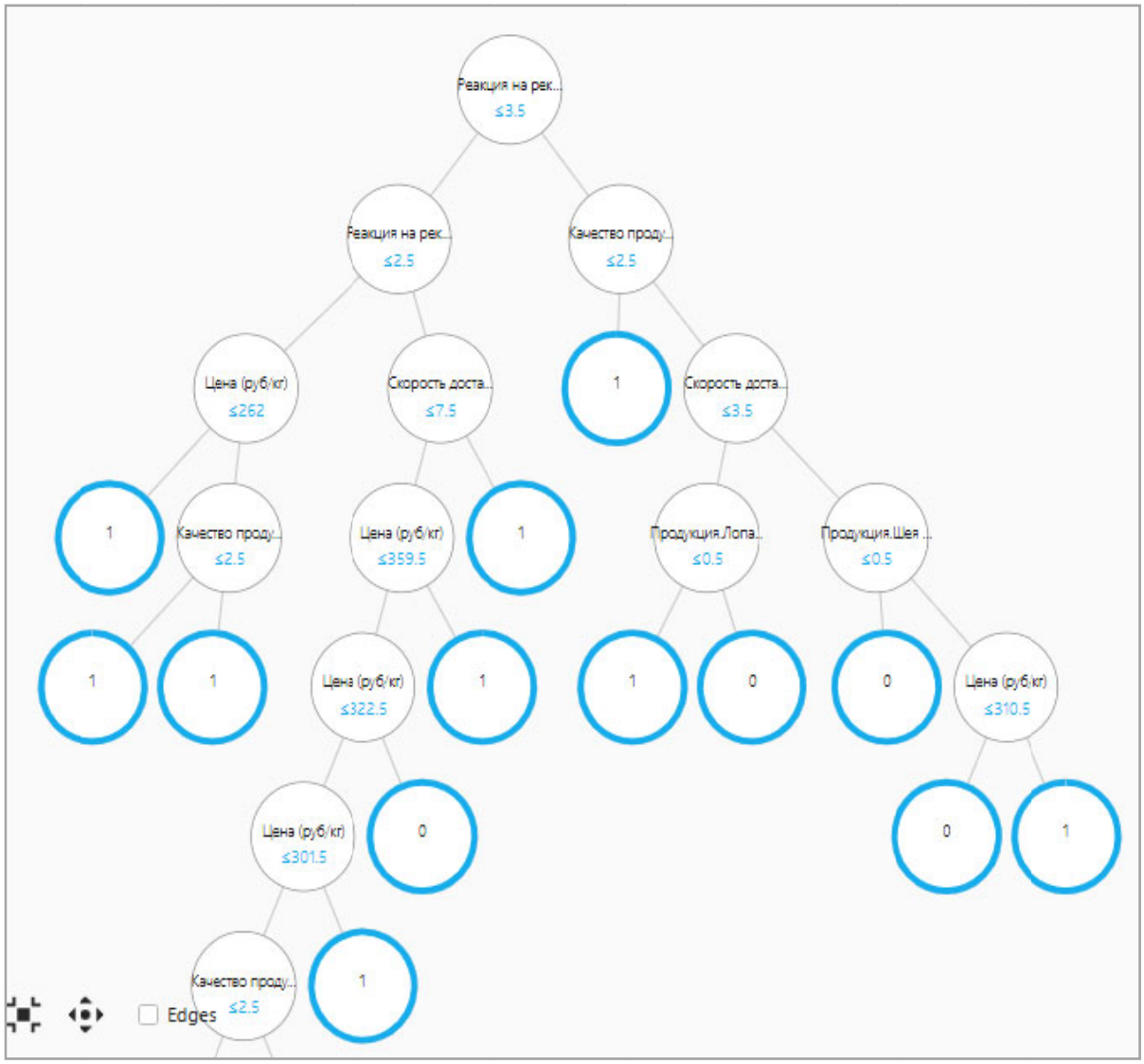


Рис. 1. Фрагмент дерева решений

Список литературы

1. Сергеева И.Г., Поцулин А.Д. Совершенствование системы выбора и оценки поставщиков товаров // Modern Economy Success. 2019. № 6. С. 194–198.

2. Поцулин А.Д. Применение цифровых технологий в процессе выбора поставщиков продукции. [Электронный ресурс] // Сборник тезисов докладов молодых учёных. Электронное издание. 2020. URL: https://kmu.itmo.ru/digests/article/3374 (дата обращения: 11.05.2020).

3. Abdulla A., Baryannis G., Badi I. Weighting the key features affecting supplier selection using machine learning techniques // Proceedings of the 7th International conference on Transport and Logistics. 2019. DOI: 10.20944/preprints201912. 0154.v.

4. Harikrishnakumar R., Dand A., Nannapaneni S., Krishnan K. Supervised Machine Learning Approach for Effective Supplier Classification // 18th IEEE International Conference On Machine Learning And Applications (ICMLA). 2020. DOI: 10.1109/ICMLA.2019.00045.

5. Краснянский М.Н., Обухов А.Д., Соломатина Е.М., Воякина А.А. Сравнительный анализ методов машинного обучения для решения задачи классификации документов научно-образовательного учреждения // Вестник Воронежского государственного университета. 2018. № 3. С. 173–182.

6. Баклушинский В.В., Пустынникова Е.В. Машинное обучение как инструмент корпорации для выбора поставщиков // Вестник университета. 2019. № 9. С. 48–53. DOI: 10.26425/1816-4277-2019-9-48-53.

УДК 65.018
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-210

Гурылев Олег Александрович[1],
аспирант;
Черненькая Людмила Васильевна [2],
д-р техн. наук, профессор, профессор ВШ КФСиУ ИКНТ

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОТГРУЗОЧНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

[1, 2] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия,
[1] gurylev.o.a@gmail.com, [2] ludmila@qmd.spbstu.ru

Аннотация. Рассматривается процесс разработки модуля оперативного учета для информационной системы производственного предприятия.

Сокращение оборота физических копий отчетной документации положительно сказывается на динамике делопроизводства. Одним из вариантов реализации данного требования является внедрение на производственном предприятии системы терминалов, расположенных непосредственно на рабочих местах. В частности, рассматривается работа отдела готовой продукции и склада.

Ключевые слова: готовая продукция, терминальный доступ, ресурсы, оптимизация, производство, отчетность.

Oleg A. Gurylev[1],
Postgraduate Student;
Liudmila V. Chernenkaya[2],
Doctor of Technical Science, Professor

DEVELOPMENT OF A MODULE FOR FORMING OF SHIPPING DOCUMENTATION AT A MANUFACTURING ENTERPRISE

[1, 2] Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia,
[1] gurylev.o.a@gmail.com, [2] ludmila@qmd.spbstu.ru

Abstract. The paper considers the process of developing an operational accounting module for the information system of a manufacturing enterprise.

Reducing the turnover of physical copies of reporting documentation has a positive effect on the dynamics of the office work. One of the options for implementing of this requirement is the introduction of a system of terminals at the manufacturing enterprise located directly at workplaces. In particular, the work of the finished products department and the warehouse is considered.

Keywords: finished production, terminal access, resources, optimization, manufacturing, reporting.

Размещение терминала доступа к информационной системе предприятия в отделе готовой продукции мотивировано необходимостью упростить работу сотрудников, ежедневно выполняющих однотипные действия.

Модуль «Оперативный учет» разработан специально для терминального использования в производственных отделах предприятия. Исключая необходимость ручного заполнения расходных ордеров на товары, мы существенно сокращаем вероятность возникновения ошибок при взаимодействии с заказчиком. Оперативное внесение данных об упаковке продукции (номенклатура из заказа покупателя, количество отгружаемых единиц) упрощает взаимодействие со службами доставки.

Также была автоматизирована система формирования документации для транспортной компании. Заказчик, номенклатура, номер заказа, количество коробок, их габариты и вес вносятся в расходный ордер на товары.

Для каждой из коробок с готовой продукцией формируется информационная наклейка с наименованием и количеством содержимого, датой отгрузки (полный список выводимых данных отображён на рисунке 3).

Также на наклейку выводится штрих-код с аналогичной информацией. Данная доработка позволяет ускорить и облегчить работу сотрудников при отгрузке изделий и снизить количество ошибок за счёт применения сканеров штрих-кодов. Штрих-коды распознаются модулем «Оперативного учета» и используются при учёте материалов на складах, а также проверках количества отгруженных изделий.

Для сотрудников склада был разработан дополнительный модуль информационной системы «Оперативный учёт: склад» (рис. 4).

Данный модуль позволяет оптимизировать работу сотрудников склада, сводя к минимуму потребность занесения данных вручную. Материалы, поступающие на производство, ссылочно связаны с заказами отдела снабжения, которые, в свою очередь, основываются на документах заказов на производство и спецификациях номенклатур.

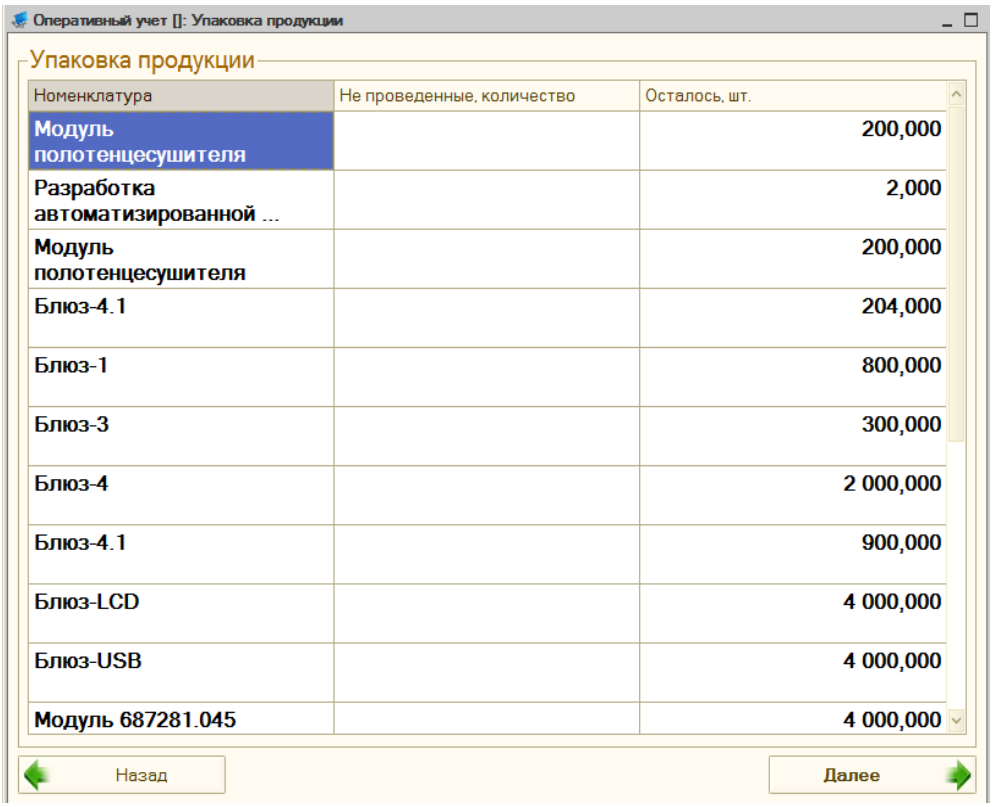


Рис. 1. Интерфейс упаковки продукции

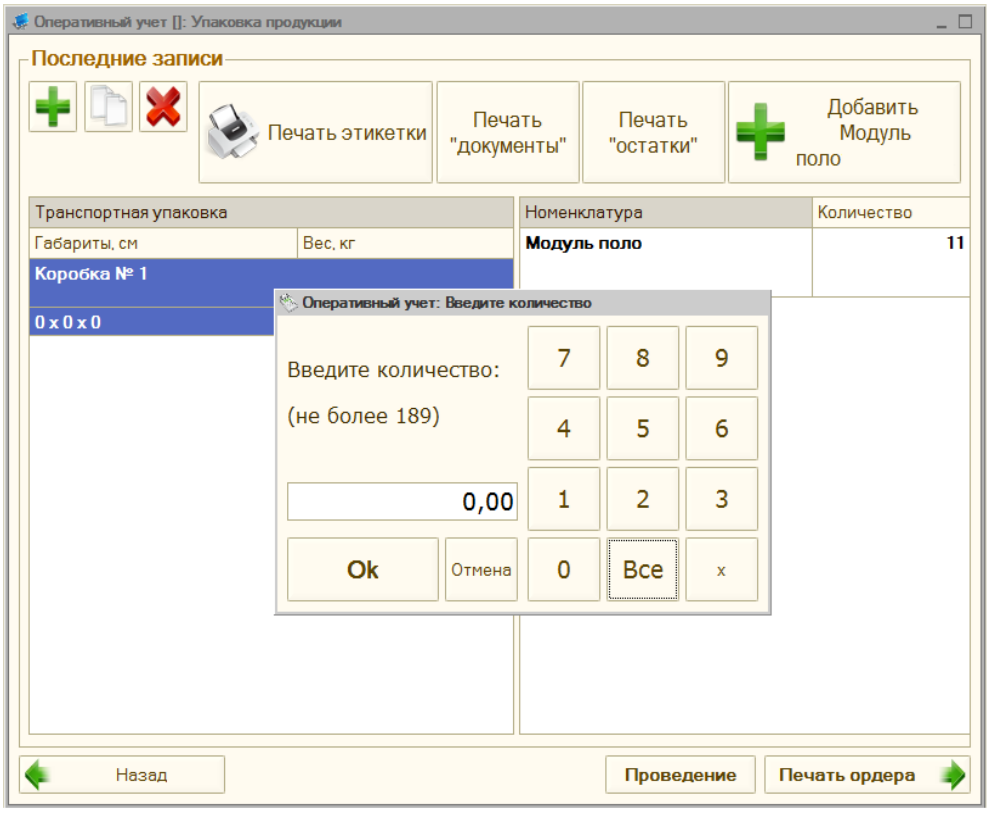


Рис. 2. Интерфейс упаковки продукции (транспортный)

1	<Поставщик>
2	**<ЗаказПокупателя>**
3	
4	*<Коробка>*
5	<ГабаритныеРазмеры>
6	<Вес>
7	
8	**<Заказчик>**
9	
10	
11	**<Номенклатура>**
12	
13	
14	
15	
16	<ДатаУпаковки>
17	**<Штрих-код>**

Рис. 3. Макет информационной наклейки

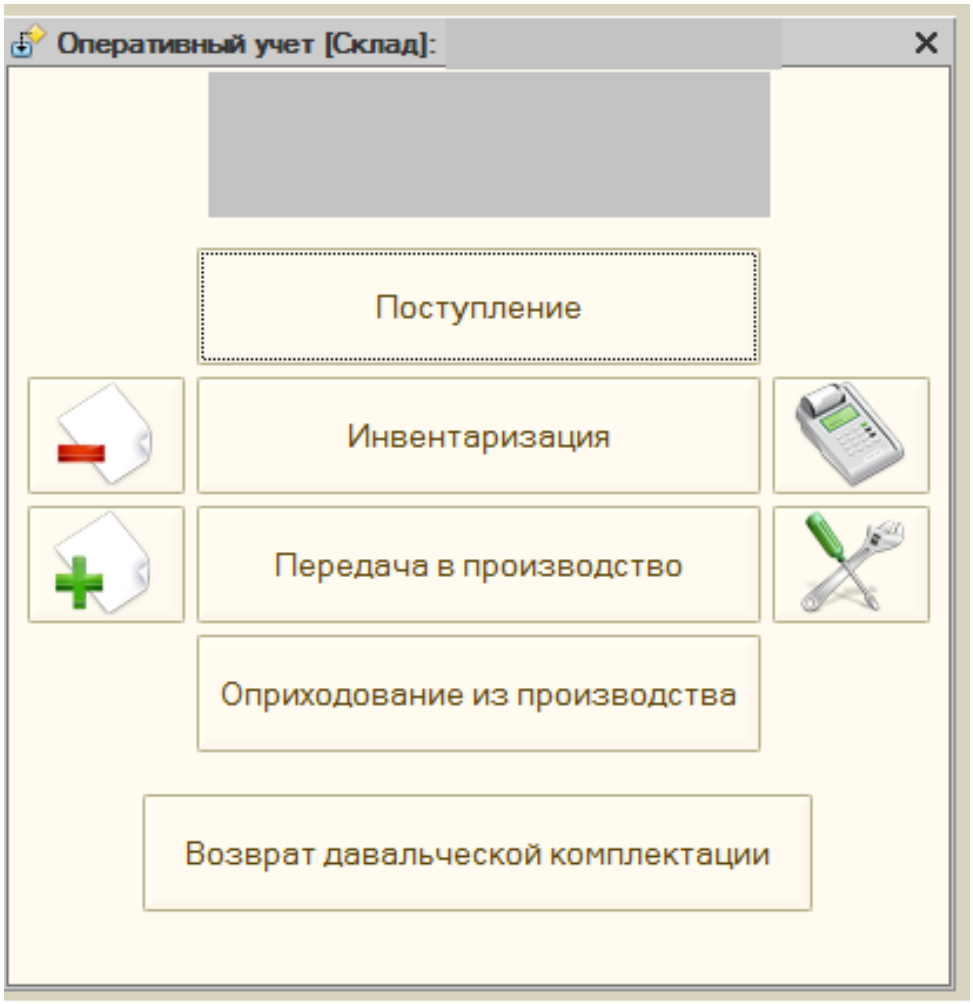


Рис. 4. Стартовое окно модуля «Оперативный учет: Склад»

Данный подход позволяет избежать перерасхода однотипных материалов, применяемых в различных изделиях. А также вносит ясность в оприходование давальческих и покупных материалов. На рисунках 5–8 показана одна из последовательностей вариантов работы раздела «Поступление».

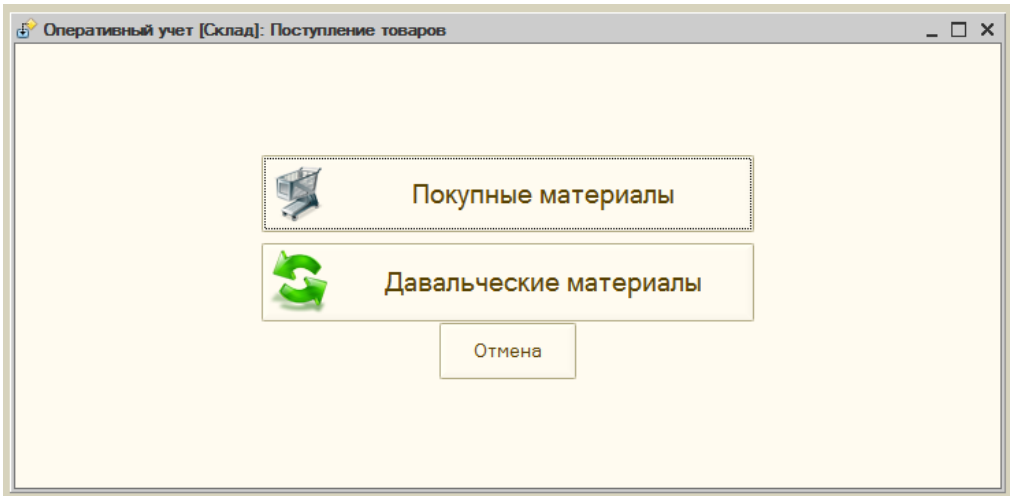


Рис. 5. Поступление товаров (тип поступления)

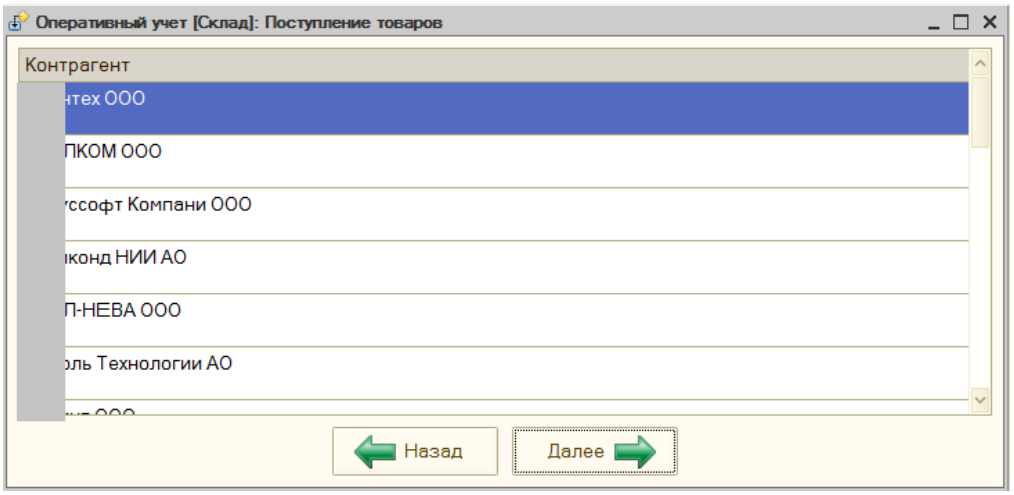


Рис. 6. Поступление товаров (контрагенты)

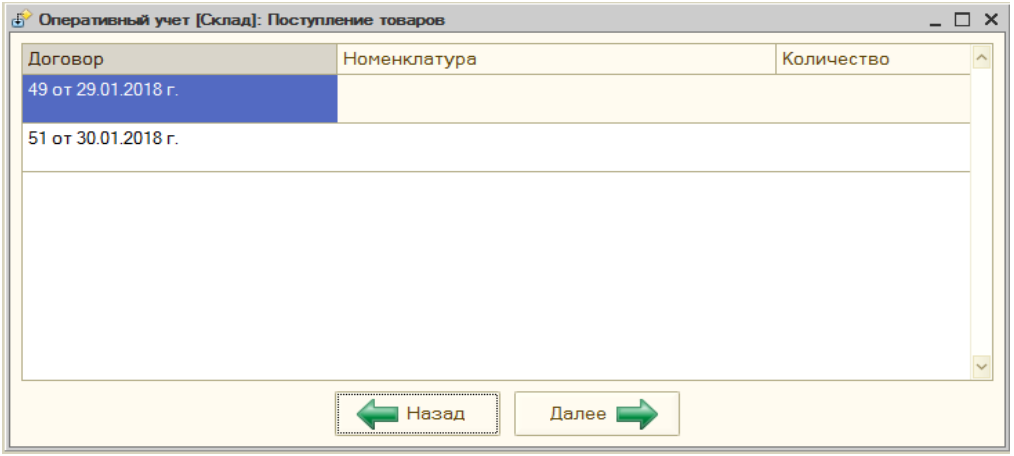


Рис. 7. Поступление товаров (договоры контрагента)

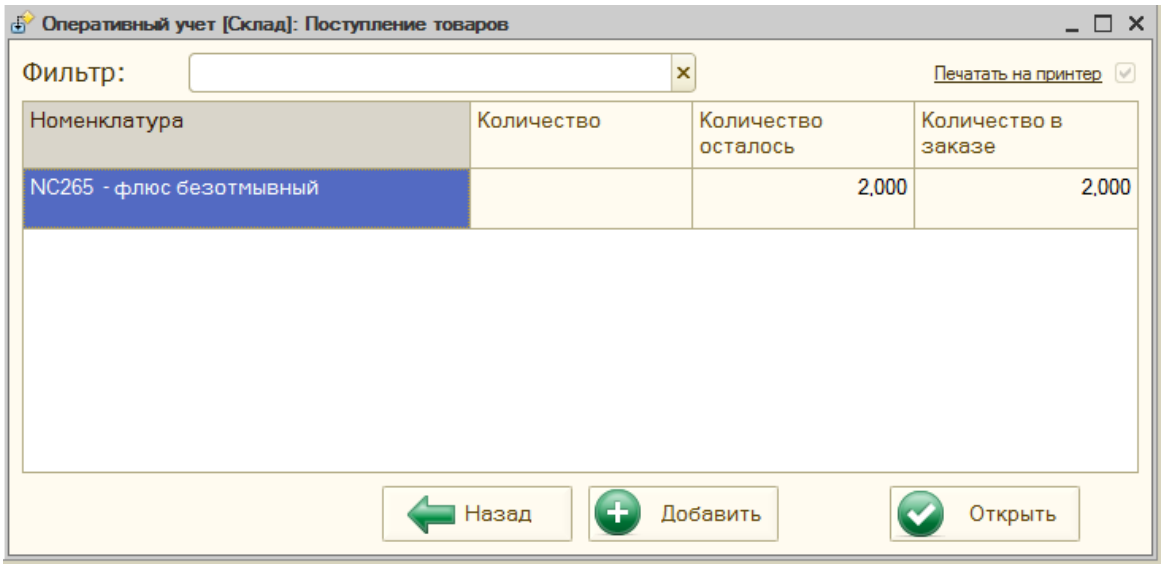


Рис. 8. Поступление товаров (материалы)

Была добавлена интеграция с принтером этикеток со штрих-кодами для поступивших материалов. Этикетка содержит сведения о поступившей номенклатуре, её количестве и дате поступления.

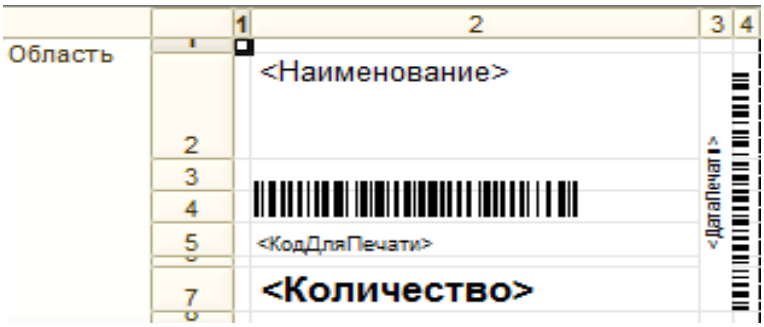


Рис. 9. Макет складской этикетки

Для сборочного производства печатных плат характерно большое количество однотипной номенклатуры на складе. В нашем случае это электронные компоненты, с едва заметными глазом отличиями (особенно элементы поверхностного, а не объёмного монтажа).

С целью уменьшения возможных ошибок, вызванных человеческим фактором, в модуль «Оперативного учета» была добавлена интеграция со сканером штрих-кодов с целью автоматического распознавания номенклатуры хранимых материалов.

При передаче материалов со склада на различные отделы производства также учитываются ссылки документов на заказы покупателей. Это позволяет автоматически заполнять списки выданных материалов согласно спецификациям заказов. Аналогично выстраивается связь документов для оприходования избытка материалов с производства на склад.

Список литературы

1. Балашов А.И. Производственный менеджмент (организация производства) на предприятии. СПб.: Питер, 2009. 160 с.

2. Бегун Т.В. Методика оценки устойчивого развития градообразующего предприятия // Проблемы современной экономики. 2015. № 4 (56). С. 358–361.

3. Гуняр Ф.Ж., Нелли Д.Н. Преобразование организаций. М.: Дело, 2000. 370 с.

4. Гурылев О.А., Черненькая Л.В. Оперативный учет в сборочном производстве печатных плат // Сборник научных трудов XXIII научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении», 10-11 июня 2019 г., Санкт-Петербург. Ч. 3. СПб.: Политех-Пресс, 2019. С. 299–304.

5. Карданская Н.Л. Принятие управленческого решения. М.: Юнити, 2005. 416 с.

6. Рудаков А.В., Федорова Г.Н. Технологии разработки программных продуктов. М.: Издательский центр Академия, 2010. 192 с.

7. Черненькая Л.В., Магер В.Е., Черненький А.В. Системный подход в управлении качеством // Сборник научных трудов XXII Международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении», 22–24 мая 2018 г., Санкт-Петербург. Ч. 2. СПб.: Изд-во СПбПУ, 2018. С. 135–139.

УДК 004.02
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-211

Потапова Людмила Геннадьевна[1],
студент;
Черненькая Людмила Васильевна[2],
д-р техн. наук, профессор;
Биченкова Оксана Федоровна[3],
аспирант

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ КОНСТРУКТОРСКОГО БЮРО

[1, 2, 3] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия,
[1] ludmila9708@mail.ru, [2] ludmila@qmd.spbstu.ru

Аннотация. Рассматривается разработка информационного комплекса в соответствии с требованиями пользователей на основании уже используемой на предприятии системы. Для оценки соответствия двух систем необходимым требованиям используется метод экспертных оценок на иерархических структурах. В соответствии с основным ограничением даны рекомендации разработчикам для дальнейшей работы.

Ключевые слова: информационный комплекс, структура целей и функций, метод экспертных оценок, иерархические структуры.

Ludmila G. Potapova[1],
Student;
Liudmila V. Chernenkaya[2],
Doctor of Technical Science, Professor;
Oksana F. Bichenkova[3],
Postgraduate Student

DEVELOPMENT OF THE INFORMATION COMPLEX FOR THE DESIGN BUREAU

[1, 2, 3] Peter the Great St.Petersburg polytechnic university,
St. Petersburg, Russia,
[1] ludmila9708@mail.ru

Abstract. The article is aimed at the development of the Information complex in accordance with the requirements of the Design bureau employees on the basis of the active enterprise system. To assess the compliance of two systems — existed and developed — with the necessary requirements, the method of expert assessments used for hierarchical structures is implemented. In accordance with the stated restriction, recommendations for further work are given to developers.

Keywords: information complex, goals and functions structure, method of expert assessments, hierarchical structures.

Введение

Для успешного развития любой организации необходимо приложить немало усилий, чтобы оставаться конкурентоспособной в условиях рыночной экономики. Многие организации для повышения конкурентоспособности используют средства автоматизации, которые представлены на рынке, поскольку такое решение проще и в ряде случаев выгоднее, нежели разработка и создание собственной информационной системы. Однако часто представленные на рынке системы не удовлетворяют всем необходимым требованиям, поэтому необходимо проводить глубокий анализ соответствия представленных систем требованиям организации. Для успешного внедрения новых технологий и управления любой организацией необходимо иметь четкое понимание ее структуры, целей и функций.

В качестве организации для анализа был выбран Ленинградский завод полиграфических машин, специализирующихся на производстве продукции точного машиностроения и приборостроения. Завод также изготавливает полиграфическое оборудование, светодиодную технику, оборудование для пищевой промышленности, мебель, изделия из пластика и др.

Обычно организации начинают автоматизацию наиболее значимых функций предприятия с последующим объединением нескольких решений в единую систему [1]. Именно поэтому в качестве объекта исследо-

вания будет выбран не весь завод, а конструкторское бюро. Для разработки новой системы необходимо провести анализ требований, предоставляемых конструкторами, рассмотреть возможность их удовлетворения в разрабатываемом программном продукте.

1. Постановка задачи

Целью данной работы является разработка информационного комплекса, удовлетворяющего требованиям специалистов, работающих в конструкторском бюро. Информационный комплекс (ИК) – это совокупность предметно-ориентированных информационных систем, ориентированная на достижение определенных целей ИК и требований к предметно-ориентированным информационным системам [1 – 3].

Объект исследования – конструкторское бюро Ленинградского завода полиграфических машин.

Для формализованной постановки задачи будем использовать определение системы [4]:

$$S = <Z, STR, TECH, COND, N>, \quad (1)$$

где $Z = \{z_i\}$ – совокупность или структура целей;

$STR = \{STR_{\text{пр}}, STR_{\text{орг},\ldots}\}$ – совокупность структур, реализующих цели;

$TECH = \{meth, means, alg, \ldots\}$ – совокупность технологий, реализующих систему;

$COND = \{\varphi_{\text{ext}}, \varphi_{\text{int}}\}$ – условия существования системы (среда), т. е. факторы, влияющие на ее создание и функционирование;

N – «наблюдатель», лицо, принимающее и исполняющее решения, осуществляющее структуризацию целей, корректировку организационной и производственной структуры, осуществляющее выбор методов и средств моделирования.

Необходимо разработать новое программное обеспечение (ПО), т. е. $TECH_{new}$, по функционалу полностью перекрывающее уже используемое на предприятии, включая дополнительные требования для улучшения качества работы конструкторов:

$$TECH_{new} = \{TECH, INN\}, \quad (2)$$

где $INN = \{INN_1, INN_2, INN_3, \ldots\}$ – дополнительные требования для улучшения качества работы.

Затем необходимо рассмотреть внедрение разрабатываемого программного продукта $TECH_{new}$, провести оценки и сделать выводы.

Цель решения задачи – обеспечение пользователей программным продуктом, удовлетворяющим требованиям и целям $Z = \{z_i\}$ работников конструкторского бюро завода полиграфических машин.

Лица, принимающие участие в решении задачи: конструкторы завода, программисты для разработки нового ПО.

Ограничения:

1) разработка ИК должна занять ограниченное количество времени t^*;

2) в разработке участвует ограниченное количество разработчиков $R = \{r_q\}$.

Критерии: в разрабатываемом ПО необходимо отразить дополнительные требования конструкторов, не потеряв при этом уже реализуемый функционал информационной системы, используемой на предприятии $TECH_{new} = \{TECH, INN\}$.

Средства:

1) информационная система, уже используемая на предприятии, $TECH$;

2) единая система конструкторской документации (ЕСКД), стандарты которой должны учитываться при разработке $TECH_{new}$.

Выражение, связывающее цель со средствами, выглядит следующим образом:

$$K(Z) = f\{k_{1j}(TECH), k_{2i}(INN)\}, \quad (3)$$

где $K(Z)$ – критерий достижения цели Z;

k_{1j}, k_{2i} – оценки используемых технологий и нововведений.

Для достижения цели необходимо, чтобы выполнялись следующие соотношения:

1. Из-за ограничения времени разработки должны быть реализованы, в первую очередь, самые необходимые требования с максимальной оценкой, при этом необходимо выполнить как можно больше требований в целом:

$$k_{1j} \vee k_{2i} \to max, \quad (4)$$
$$j = \overline{1,m}; i = \overline{1,n}.$$

2. Для учета ограничений необходимо, чтобы выполнялось условие:

$$\sum_{q=1}^{s} t_{r_q}\left(TECH_{new} \mid k_{1j}, k_{2i} \to \max\right) \le t^*, \quad (5)$$

где t_{r_q} – время, затраченное на выполнение поставленной задачи разработчиком r_q (с учетом выбора наиболее значимых задач).

Структура методики разработки информационной системы (ИС) представлена на рисунке 1.

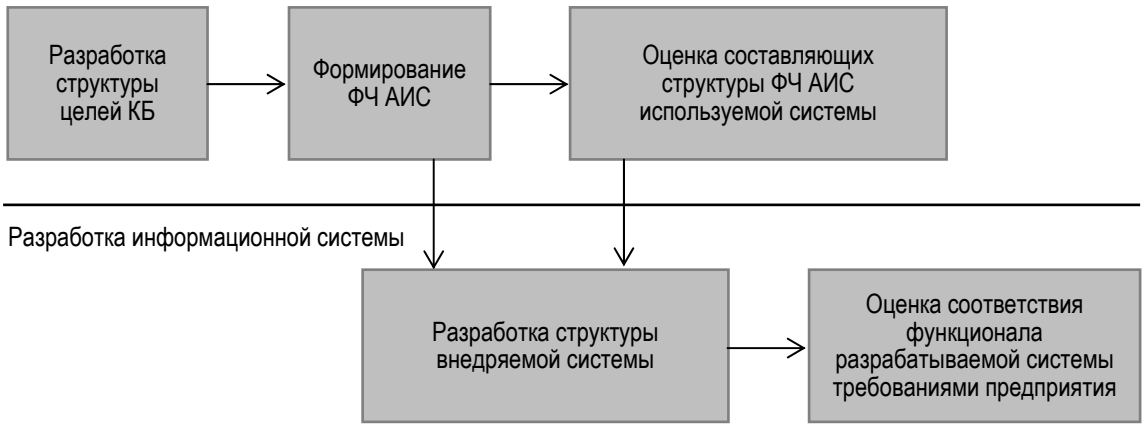


Рис. 1. Структура методики разработки ИС

2. Структура целей и функций

Для формирования новой информационной системы сначала сформируем структуру функций, выполняемых в конструкторском бюро. Поскольку стоит задача улучшения (замены) конкретного программного продукта «1С: PDM Управление инженерными данными 3.1», будем рассматривать функционал, выполняемый именно этим программным продуктом. Упрощенная схема работы конструктора представлена на рисунке 2.

Продукт «1С:PDM Управление инженерными данными» предназначен для автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства предприятий, организаций и их подразделений, деятельность которых связана с НИОКР, а также модернизацией, доработкой или ремонтом изделий [5, 6]. Решение относится к классу PDM-систем (англ. Product Data Management – система управления данными об изделии).

Работу конструкторов можно разделить на соответствующие этапы. Будем рассматривать каждый укрупненный этап как сферу деятельности бюро. Для каждого этапа можно сформулировать требования, которые должны быть удовлетворены в информационной системе.

Сформируем структуру целей и функций на основании деятельности конструкторского бюро, описанной ранее, а также требований, предъявляемых к разрабатываемому программному продукту.

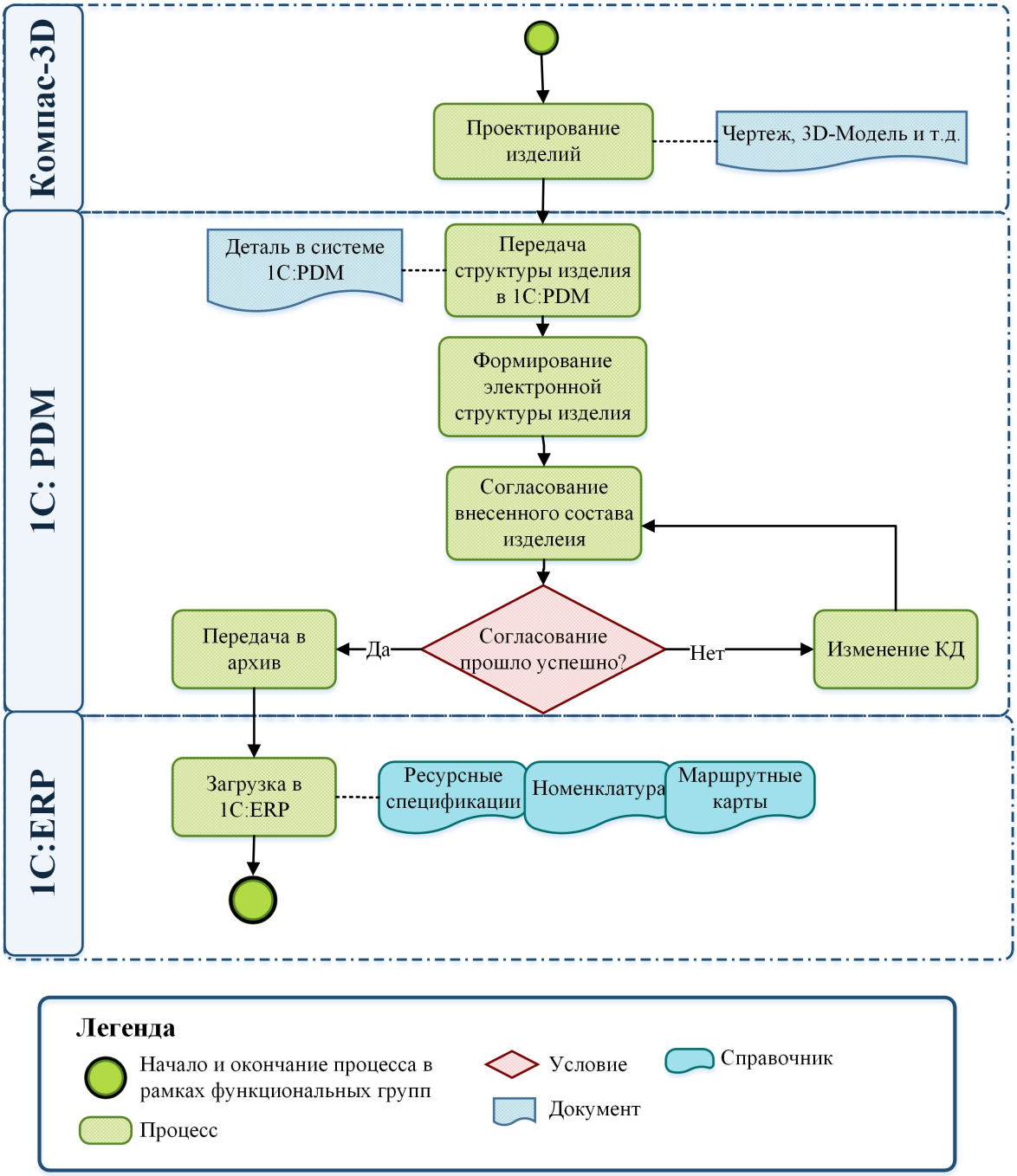


Рис. 2. Схема работы конструктора в конструкторском бюро

Проведем промежуточный анализ используемой системы 1С:PDM на соответствие требованиям работников конструкторского бюро (см. рис. 3).

В результате получили структуру целей и функций, которые должны быть реализованы в разрабатываемой системе в соответствии с требованиями конструкторов и уже реализованным функционалом системы «1С:PDM Управление инженерными данными».

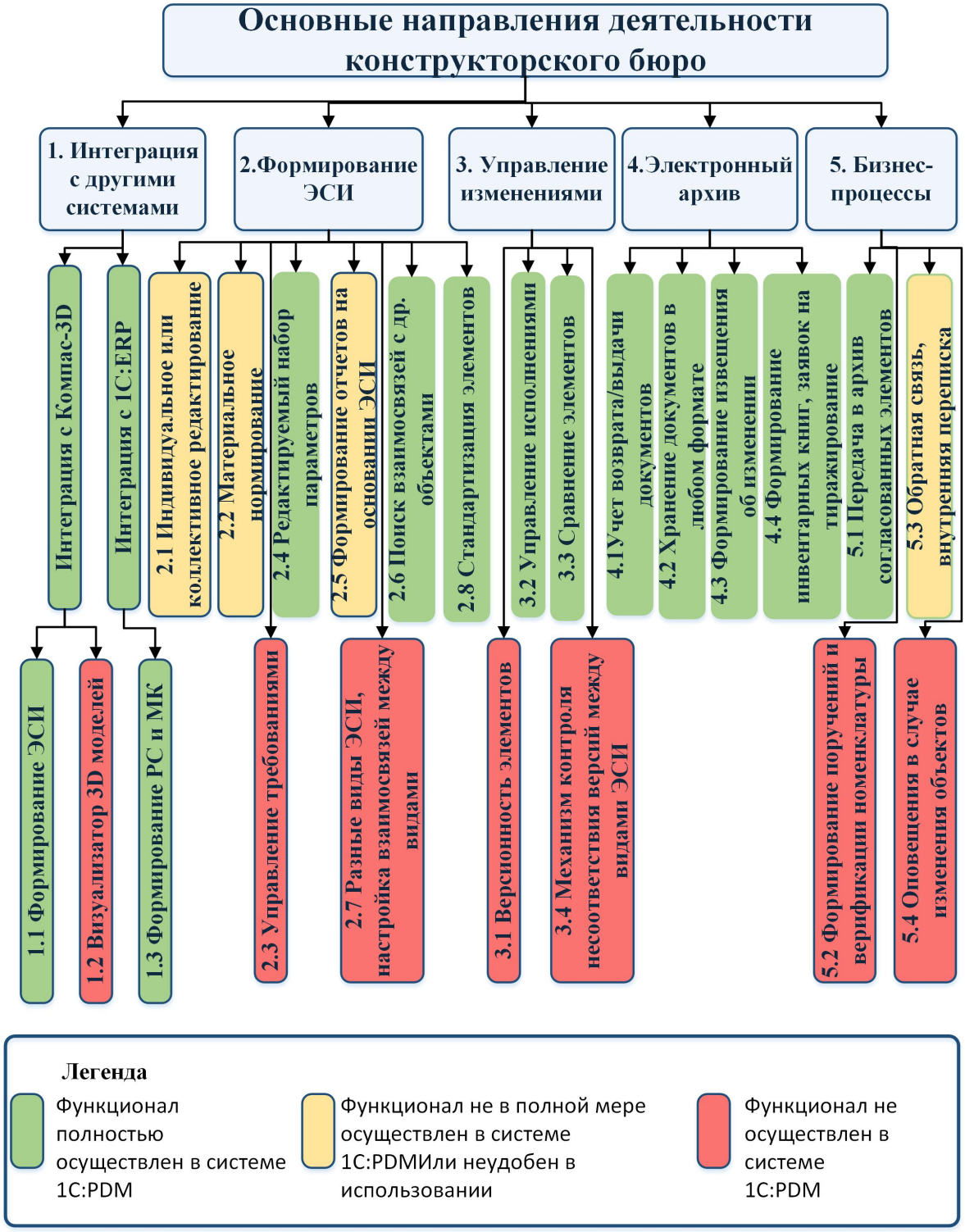


Рис. 3. Структура целей и функций, выполняемых в конструкторском бюро

Как мы видим, не все требования работников конструкторского бюро завода полиграфических машин реализованы в системе «1С:PDM Управление инженерными данными». Некоторые требования реализованы не в полной мере, например, в 1С:PDM представлено исключительно индивидуальное редактирование элементов (конструкторам необходима также возможность группового редактирования).

3. Использование метода экспертных оценок на иерархических структурах

На основании сформированной структуры целей и функций проведем оценку соответствия используемой системы требованиям работников конструкторского бюро. Для этого воспользуемся методом экспертных оценок на иерархических структурах. При экспертной оценке будем использовать относительную важность с учетом весовых коэффициентов критериев с целью определения значимости каждой подсистемы в программном продукте. При использовании экспертных оценок обычно предполагается, что мнение группы экспертов надежнее, чем мнение отдельного эксперта. Особенностью экспертных оценок является то, что они несут в себе не только узко-субъективные черты, присущие отдельным экспертам, но и коллективно-субъективные черты, которые не исчезают при обработке результатов опроса [7, 8].

Для применения данного метода необходимо:

1. Сформировать взаимосвязь между структурой целей и функций и структурой ПО, соответствие требованиям которого необходимо оценить.

2. Оценить нижний уровень структуры целей и функций с учетом веса родительских элементов (сумма полученных оценок должна равняться «1»).

3. Оценить степень соответствия рассматриваемого ПО функциям, используя приведенные экспертные оценки. Далее необходимо произвести «пересчет»: при помощи сформированных взаимосвязей рассчитать оценки для элементов верхнего уровня нижней структуры, учитывая количество связей с элементами верхней структуры и оценки, сформированные на втором шаге.

Алгоритм метода экспертных оценок представлен на рисунке 4.

Применим описанный метод для программного продукта «1С:PDM Управление инженерными данными», используемого в настоящее время на Ленинградском завод полиграфических машин (см. рис. 5).

В результате использования метода экспертных оценок на иерархических структурах для оценки соответствия программного продукта «1С:PDM Управление инженерными данными» требованиям конструкторского бюро получили суммарную оценку системы **0,765**. Полученное значение говорит о том, что используемая система не в полной мере соответствует требованиям работников.

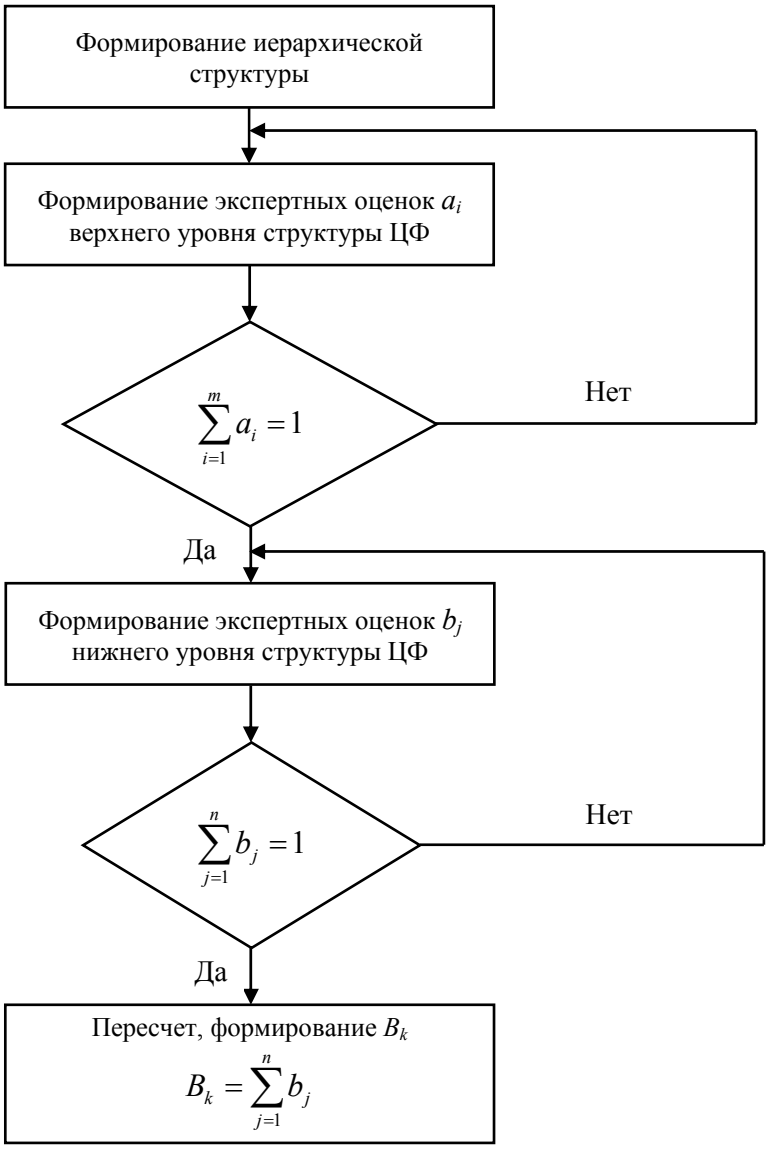


Рис. 4. Алгоритм использования метода экспертных оценок на иерархических структурах

В качестве программного продукта-замены предлагается использовать программный продукт «1С:PLM Управление жизненным циклом изделия», разрабатываемый компанией «КТ-Сегмент». Система «1С: PLM Управление жизненным циклом изделия» предназначена для решения задач, связанных с контролем состояния изделия на всех стадиях жизненного цикла, в том числе на стадии конструкторско-технологической подготовки производства.

Поскольку программный продукт «1С:PLM Управление жизненным циклом изделия» в настоящее время находится на стадии разработки, весь необходимый конструкторам функционал может быть реализован в системе.

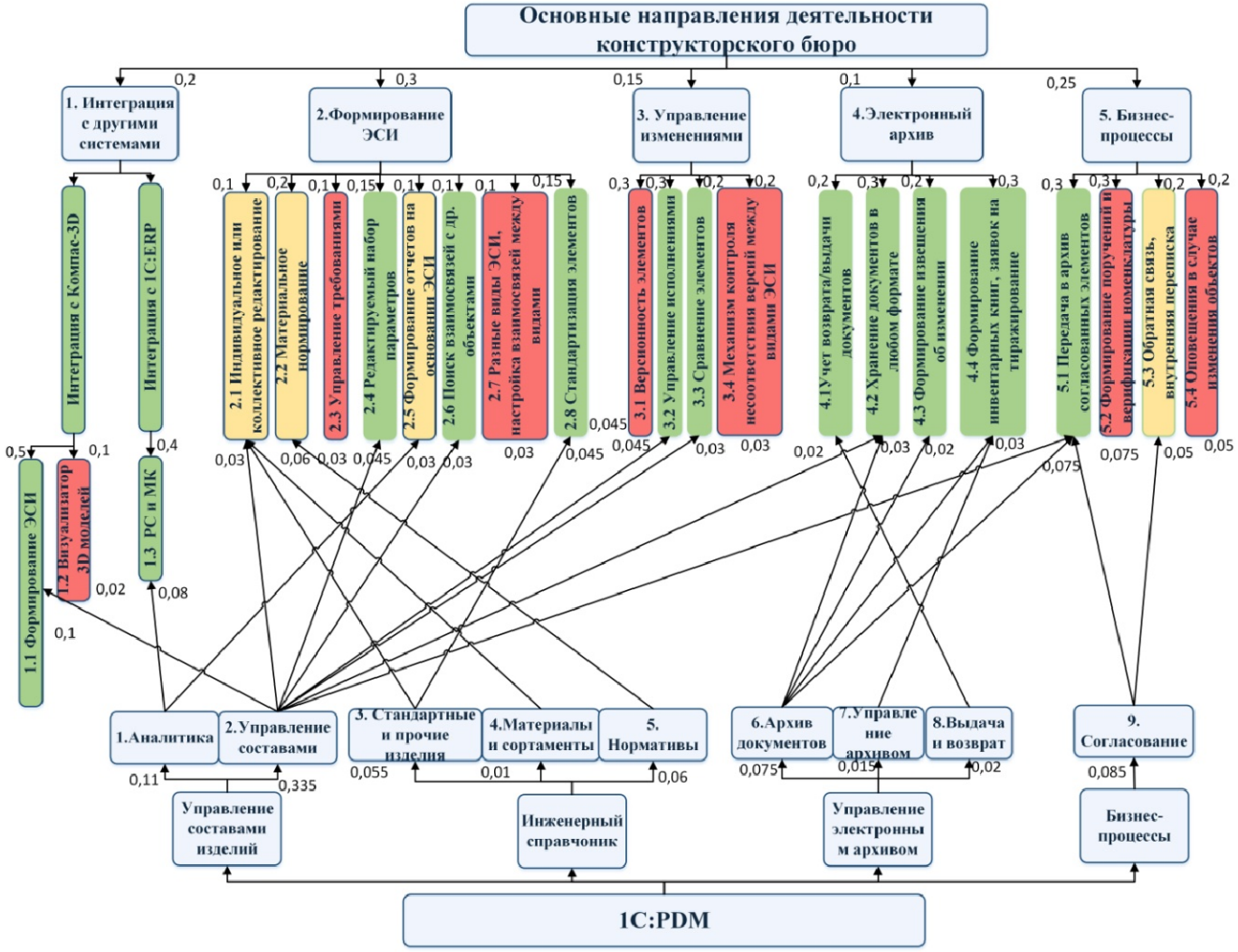


Рис. 5. Оценка используемого программного продукта 1С:PDM

Подразумевается, что система должна состоять из следующих разделов, полностью удовлетворяющих поставленным требованиям:

- управление составами изделий,
- управление требованиями,
- инженерный справочник,
- управление электронным архивом,
- бизнес-процессы.

Аналогично применим описанный ранее метод для программного продукта «1С:PLM Управление жизненным циклом изделия».

В результате использования метода экспертных оценок на иерархических структурах для оценки соответствия программного продукта «1С:PLM Управление жизненным циклом изделия» требованиям конструкторского бюро получили следующую оценку системы **1**.

Как мы видим, проведенный анализ доказывает необходимость внедрения программного продукта 1С:PLM. Система получила наивысшую оценку, т.к. она разрабатывается на основании потребностей конструкторов завода полиграфических машин, соответственно предполагается, что в ней реализуются все требования конструкторов.

Исходя из главного ограничения разработки, времени, необходимо в первую очередь разрабатывать подсистемы, получившие наивысшую суммарную экспертную оценку:

1) управление составами изделий;
2) бизнес-процессы;
3) управление электронным архивом.

Заключение

В результате работы была сформирована структура целей и функций, выполняемых в конструкторском бюро Ленинградского завода полиграфических машин, проведен анализ используемой информационной системы, на основе которой была разработана структура нового программного продукта. Проведена сравнительная оценка разрабатываемой и используемой систем: с помощью экспертных оценок была оценена степень целесоответствия существующего и разрабатываемого информационного комплекса.

Было доказано, что использование системы «1С:PLM Управление жизненным циклом изделия» при конструкторской подготовке производства повышает степень соответствия информационного комплекса требованиям конструкторов, что приводит к увеличению скорость работы и повышению качества работы конструкторов.

Учитывая ограничение на время разработки, разработчикам системы необходимо, в первую очередь, разрабатывать подсистемы с наивысшими оценками, а именно: «Управление составами изделий», «Бизнес-процессы», «Управление электронным архивом».

Список литературы

1. Волкова В.Н. Системный анализ информационных комплексов: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. университета, 2014. 336 с.

2. Volkova V.N., Loginova A.V., Chernenkaja L.V., Romanova E.V., Chernyy Y.Y., Lankin V.E. Problems of sustainable development of socio-economic systems in the implementation of innovations // Proceedings of the 3rd International Conference Ergo-2018: Human Factors in Complex Technical Systems and Environments (Ergo 2018), July 4–7, 2018, Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", St. Petersburg, Russia. Publisher: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018. P. 53–56.

3. Chernenkaya L.V., Desyatirikova E.N., Belousov V.E., Chepelev S.A., Sergeeva S.I., Slinkova N.V. Optimal planning of distributed control systems with active elements. // 2017 IEEE II International Conference on Control in Technical Systems (CTS) 2017 IEEE II International Conference on Control in Technical Systems (CTS). Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI". Publisher: IEEE, 2017. P. 37–40.

4. Сачко Н. С., Организация и оперативное управление машиностроительным производством: учебник. Мн.: Новое знание, 2005. 636 с.

5. 1С:Предприятие 8. Конфигурация «PDM Управление инженерными данными 3». Редакция 3.1: Руководство пользователя. М.:Фирма «1С», 2019. 254 с.

6. Биченкова О.Ф., Потапова Л.Г., Черненькая Л.В. Оперативное управление дискретным производством при помощи полиномиального алгоритма. // Сборник научных трудов XXIII Международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении». Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. В 3 ч. Ч. 3. СПб.: Политех-Пресс, 2019. С. 119–124.

7. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем: учеб. пособие для студентов вузов. М.: Высшая школа, 2006. 512 с.

8. Волкова В.Н., Денисов А.А. Методы организации сложных экспертиз: учебное пособие. Изд. 4-е, переработанное и дополненное. СПб.: Издательство Политехн. университета, 2010. 128 с.

УДК 004.02 : 004.05 : 65.011.56
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-212

Судакова Лидия Владимировна[1],
студент;
Биченкова Оксана Федоровна[2],
аспирант;
Черненькая Людмила Васильевна[3],
д-р техн. наук, профессор, профессор ВШ КФСиУ ИКНТ

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ СЛУЖБЫ ГЛАВНОГО ТЕХНОЛОГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ОЦЕНОК

[1, 2, 3] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия,
[1] lida_sudakova@mail.ru, [3] ludmila@qmd.spbstu.ru

Аннотация. Рассматривается задача разработки информационного комплекса для Службы главного технолога предприятия. Особенностью данной задачи является необходимость оценки вероятности достижения цели существующего и

предлагаемого информационных комплексов. Целью работы является разработка информационного комплекса, удовлетворяющего целям сотрудников с учетом ограничений, накладываемых на разработку. В результате представлен состав новой информационной системы для предприятия и проведена ее оценка.

Ключевые слова: информационные оценки, метод организации сложных экспертиз, система управления данными об изделии, PDM.

Lidia V. Sudakova[1],
Student;
Oksana F. Bichenkova[2],
Post-graduate student;
Liudmila V. Chernenkaya[3],
Doctor of Technical Sciences, Professor

DEVELOPMENT OF THE INFORMATION COMPLEX FOR THE DEPARTMENT OF THE MAIN TECHNOLOGIST WITH USING OF INFORMATION ASSESSMENTS

[1, 2, 3] Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia,
[1] lida_sudakova@mail.ru, [3] ludmila@qmd.spbstu.ru

Abstract. The problem of the development of the Information complex for the department of the Main technologist of the enterprise is considered. A peculiarity of the problem formulation is the necessity for estimation of the probability of achieving the goal by existing and proposed information systems. The purpose of the work is to develop an Information complex that meets the goals of employees, taking into account the restrictions imposed on the development. As a result, the structure of the new information system of the enterprise is presented and its assessment is carried out.

Keywords: information assessments, complex examinations organizing method, Product Data Management, PDM.

Введение

Технологическая подготовка производства является важным этапом жизненного цикла изделия, который заключается в составлении технологического процесса изготовления продукции. Разработка информационного комплекса, удовлетворяющего потребностям сотрудников Службы главного технолога (СГТ), позволяет управлять производством на основании оперативной и достоверной нормативно-справочной информации об изделии, применяя такие технологии цифрового производства, как цифровое проектирование изделий и технологических процессов, а также создание цифровых двойников продукта.

1. Постановка задачи

Используя определение информационного комплекса (ИК) (1), запишем формализованную постановку задачи [1]:

$$S \overset{\equiv}{_{def}} <Z, STR, TECH, COND, \Delta T, N>, \quad (1)$$

где $Z = \{z_i\}$ – совокупность (структура) целей;

$STR = \{STR_{\text{пр}}, STR_{\text{орг}}, ...\}$ – совокупность организационных структур, реализующих цели;

$TECH = \{meth, means, alg, ...\}$ – совокупность технологий, реализующих систему;

$COND = \{\varphi_{\text{ext}}, \varphi_{\text{int}}\}$ – условия существования системы (среда);

ΔT – фактор времени;

N – «наблюдатель» (лицо, принимающее решения в области организационного управления).

Цель решения задачи – создание ИК, удовлетворяющего целям пользователей $Z = \{z_1, z_2, z_3, ...\}$.

Пользователи ИК – сотрудники Службы главного технолога, т. е. N = {технологи, главный технолог}.

Критерий – состав программных продуктов ИК после предложенных корректировок $P' = \{p'_1, p'_2, p'_3, ...\}$, должен удовлетворять большему числу целей пользователей по сравнению с используемым в данный момент программного обеспечения (ПО) $P = \{p_1, p_2, p_3, ...\}$.

Основным ограничением в разработке ИК являются финансовые затраты, поэтому необходимо минимизировать суммарные затраты на внедрение нового ПО: $P' = \{p'_1, p'_2, p'_3, ...\}: D(P') \to \min$.

Ресурсами для решения задачи являются используемые в настоящий момент программные продукты $P = \{p_1, p_2, p_3, ...\}$.

Постановка задачи связывает поставленную цель с необходимыми для ее реализации средствами. Таким образом, формализованную постановку задачи можно записать следующим образом:

$$K(Z) = f\{k_i(p_i)\},$$

где K – критерий достижения цели,

p_i – оценки.

Исходя из постановки задачи можно сформировать методику проводимого исследования (рис. 1).

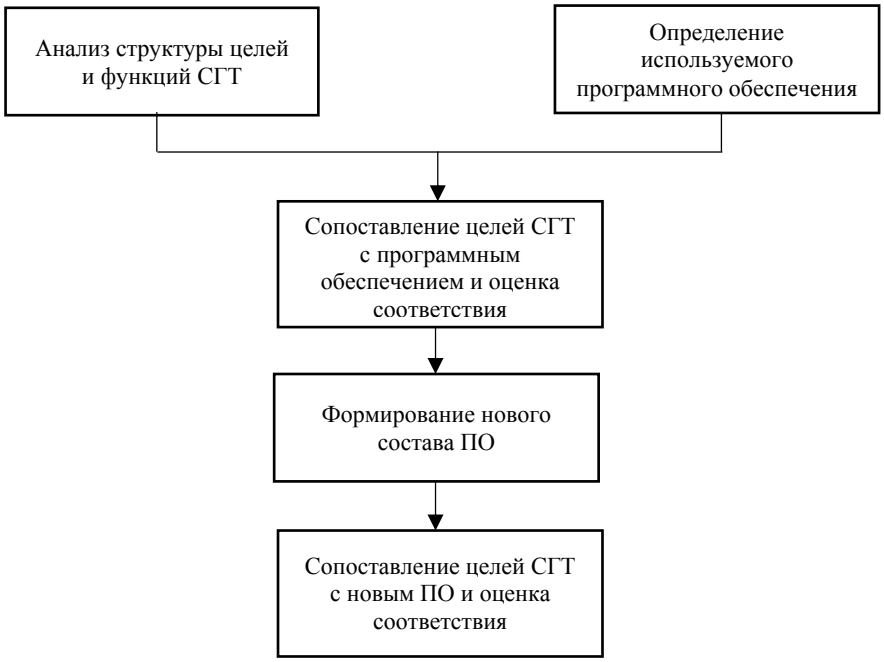


Рис. 1. Методика исследования

2. Структура целей и функций

Построим структуру целей и функций Службы главного технолога [2], для этого воспользуемся методикой, базирующейся на концепции деятельности. Понятие деятельности в той или иной форме используется в любой методике структуризации, разрабатываемой для отображения и анализа организационных систем управления [3, 4]. В этой методике концепция деятельности является основой формирования структур целей, т. е. используется на верхних уровнях структуры [5, 6].

Структура целей и функций СГТ приведена на рисунке 2.

3. Оценка используемого информационного комплекса

В настоящий время основная технологическая подготовка производства, осуществляемая СГТ рассматриваемой организации, проводится в системе «1С: Управление производственным предприятием» (1С:УПП), программном продукте, позволяющем автоматизировать все подразделения и контуры учета производственного предприятия [7].

Для дальнейшей оценки вероятности достижения цели (целесоответствия) существующего ИК приведем схему сопоставления используемого программного обеспечения с выделенными целями и функциями рассматриваемого отдела (рис. 2).

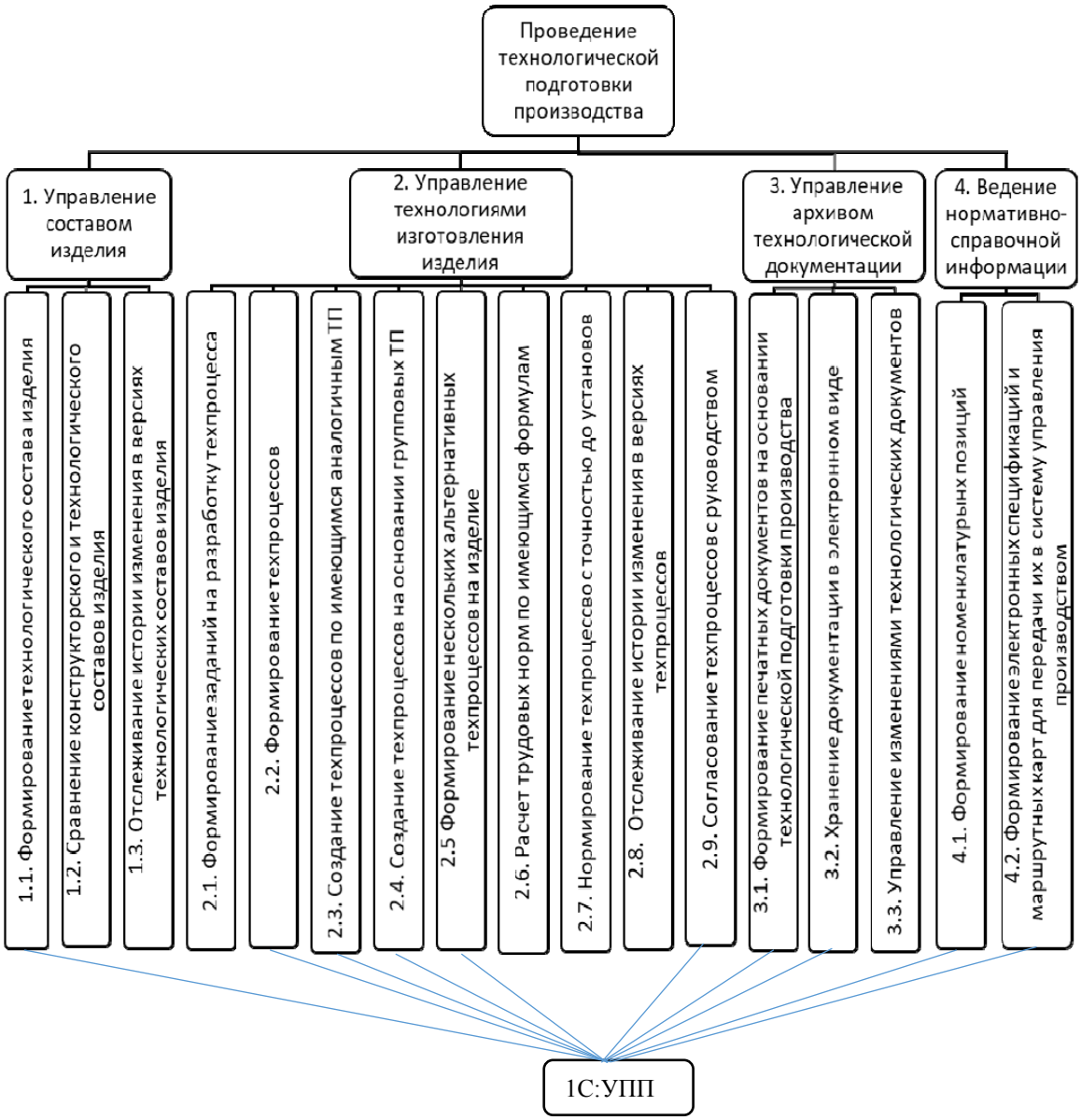


Рис. 2. Сопоставление функций и используемого ПО

Проведем оценку степени целесоответствия используемого информационного комплекса с помощью метода организации сложных экспертиз, основанного на использовании информационных оценок А.А. Денисова.

В соответствии с информационным подходом для оценки программного продукта вводятся оценки степени целесоотвествия (вероятности достижения цели) p_i', и вычисляется потенциал (значимость) H программного продукта по формуле [6]:

$$H_i = -\log(1 - p_i'), \qquad (3)$$

где p_i' – вероятность достижения i-й цели. Вероятность p_i' лежит в диапазоне от 0 до 1.

Совокупное влияние программных продуктов определяется следующей формулой:

$$H = \sum_{i=1}^{n} H_i. \quad (4)$$

Алгоритм реализации метода организации сложных экспертиз, основанный на использовании информационных оценок А.А. Денисова, приведен на рисунке 3.

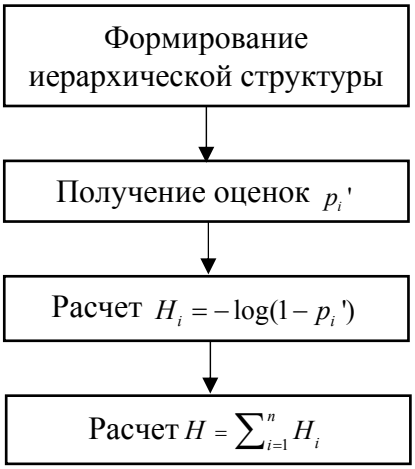


Рис. 3. Алгоритм реализации метода организации сложных экспертиз, основанный на использовании информационных оценок А.А. Денисова

Оценки степени целесоответствия p_i' приведены на рисунке 4.

В результате применения метода организации сложных экспертиз, основанного на использовании информационных оценок А.А. Денисова, получили значение суммарной значимости для системы 1С:УПП – 2,16.

Из сопоставления целей и функций СГТ с используемым информационным комплексом и оценки степени целесоответствия можно сделать вывод о том, что система 1С:УПП удовлетворяет самым важным целям Службы главного технолога, но при этом степень ее целесоответствия достаточно мала.

4. Оценка предлагаемого информационного комплекса

Исходя из вышесказанного, основной рекомендацией для дальнейшего развития информационного комплекса СГТ является замена системы 1С:УПП на более подходящую для выделенных целей систему.

Так как основным ограничением в задаче являются финансовые затраты, необходимо минимизировать суммарные затраты на внедрение нового ПО, т. е. необходимо подобрать недорогое ПО, не требующее при внедрении существенных доработок для повышения степени целесоответствия. Наиболее подходящим программным продуктом, способным заменить систему 1С:УПП в СГТ, является «1С: Управление данными об

изделии» (1С:УДИ). Система представляет собой комплексную информационную систему, которая включает функциональность систем класса PDM (Product data management) и позволяет реализовать методологию PLM (Product lifecycle management).

Также проведем оценку степени целесоответствия предлагаемого информационного комплекса с помощью метода организации сложных экспертиз, основанного на использовании информационных оценок А.А. Денисова (рис. 5).

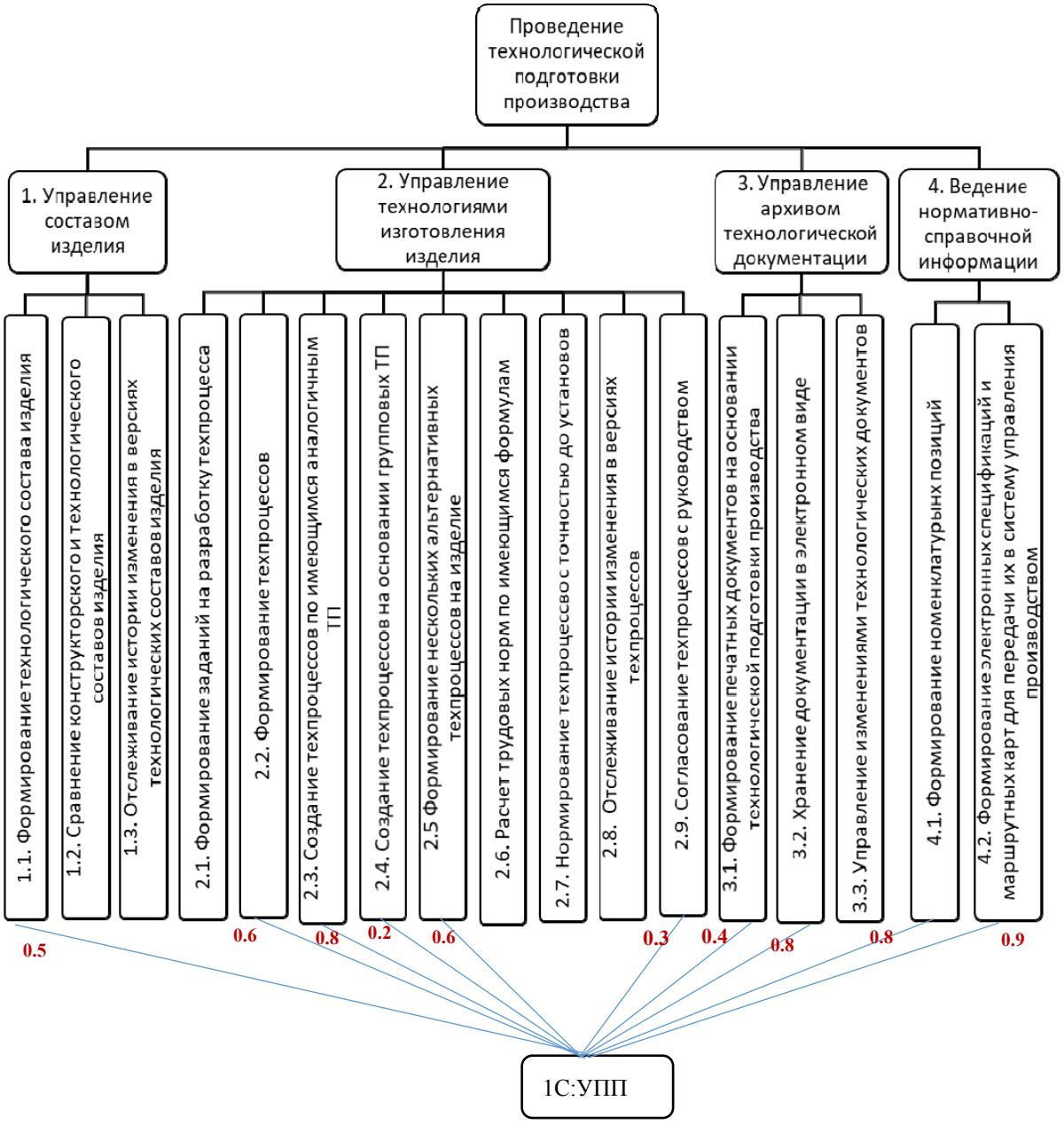


Рис. 4. Оценка степени целесоответствия используемого ПО

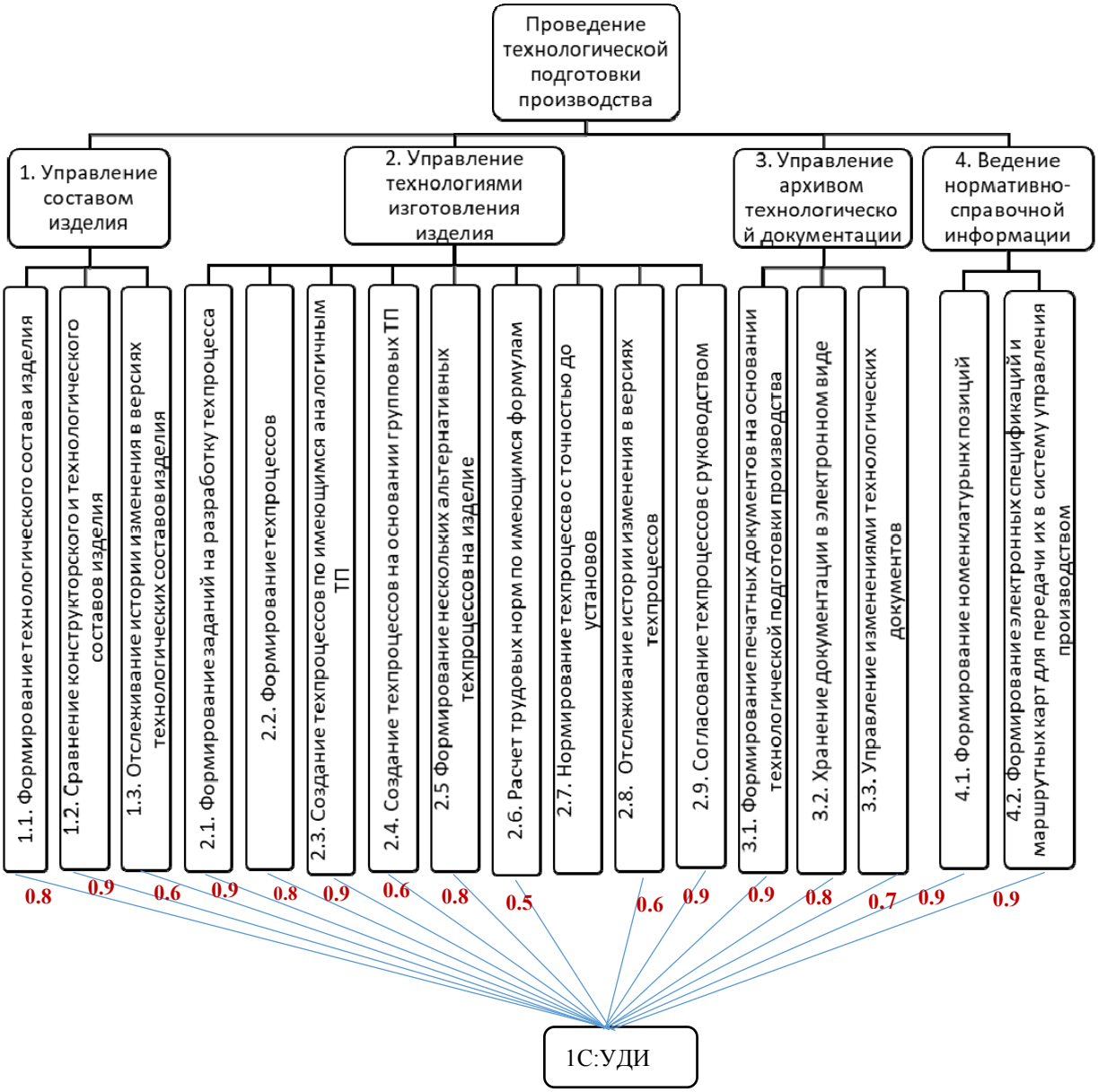


Рис. 5. Оценка степени целесоответствия используемого ПО

Сопоставим выделенные цели и функции с предлагаемым информационным комплексом и приведем оценки степени целесоответствия p_i' (см. рис. 5).

В результате применения метода организации сложных экспертиз, основанного на использовании информационных оценок А.А. Денисова, получили следующие значения суммарной значимости для предлагаемого информационного комплекса: для системы 1С:УДИ – 25,79.

Заключение

Таким образом, существенным изменением в структуре информационного комплекса Службы главного технолога является замена системы 1С:УПП на систему 1С:УДИ, что позволит значительно увеличить степень целесоответствия потребностям сотрудников (более чем в 10 раз), а следовательно, облегчит работу сотрудников и улучшит качество технологической подготовки производства.

При этом система 1С:УДИ требует внесения лишь несущественных доработок в ходе ее внедрения (например, внесение возможности нормирования техпроцесса с точностью до установленных норм), которые также позволят увеличить степень соответствия системы целям СГТ.

Список литературы

1. Волкова В. Н. Системный анализ информационных комплексов: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2014. 336 с.

2. Сачко Н.С. Организация и оперативное управление машиностроительным производством: учебник. Мн.: Новое знание, 2005. 636 с.

3. Volkova V.N., Loginova A.V., Chernenkaja L.V., Romanova E.V., Chernyy Y.Y., Lankin V.E. Problems of sustainable development of socio-economic systems in the implementation of innovations // Proceedings of the 3rd International Conference Ergo-2018: Human Factors in Complex Technical Systems and Environments (Ergo 2018), July 4–7, 2018, Saint Petersburg Electrotechnical University “LETI”, St. Petersburg, Russia. Publisher: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018. P. 53–56.

4. Chernenkaya L.V., Desyatirikova E.N., Belousov V.E., Chepelev S.A., Sergeeva S.I., Slinkova N.V. Optimal planning of distributed control systems with active elements // Proceedings of the 2017 IEEE II International Conference on Control in Technical Systems (CTS 2017). Saint Petersburg Electrotechnical University “LETI”, St. Petersburg, Russia. Publisher: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2017. P. 37–40.

5. Волкова В. Н., Денисов А.А. Теория систем: Учеб. пособие. М.: Высш. шк., 2006. 511 с.

6. Волкова В.Н., Денисов А.А. Методы организации сложных экспертиз: учебное пособие. Издание 4-е, переработанное и дополненное. СПб.: Издательство Политехн. университета, 2010. 128 с.

7. Биченкова О.Ф., Судакова Л.В., Черненькая Л.В. Построение оптимального расписания с учетом условия предшествования // Сборник научных трудов XXIII Международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении». Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург. В 3 ч. Ч. 2. СПб.: Политех-Пресс, 2019. С. 315–320.

УДК 005
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-213

Сидорук Сергей Сергеевич,
магистрант, бакалавр

ВЫБОР ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ФУНКЦИЙ ОТДЕЛА КАДРОВ

Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия,
sergei.sidoruck@yandex.ru

Аннотация. В статье решается задача выбора программно-ориентированной информационной системы для автоматизации функций отдела кадров организации М. Задача решалась методом оценки степени автоматизации и функциональных возможностей автоматизированной системы и методом организации сложных экспертиз, основанным на использовании информационных оценок А.А. Денисова. Целью работы является решение задачи выбора информационной системы и сравнение выбранных методов в рамках поставленной задачи.

Ключевые слова: метод организации сложных экспертиз, информационные оценки, целесоответствие, потенциал программного обеспечения, возможности информационной системы, структура функций.

Sergey S. Sidoruk,
Master Student, BSc

SELECTION OF INFORMATION SYSTEM FOR AUTOMATION OF FUNCTIONS OF THE PERSONNEL DEPARTMENT

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia,
sergei.sidoruck@yandex.ru

Abstract. The article solves the problem of choosing a program-oriented information system for automating the functions of the personnel department of the organization M. The problem is solved by evaluating the degree of automation and functionality of the automated system and organizing complex examinations based on the use of information assessments by A.A. Denisov. The aim of the work is to solve the problem of choosing an information system and comparing the selected methods in the framework of the task.

Keywords: complex expertise organization method, information evaluations, compliance with the goals, software capacity, information system opportunities, function structure.

Введение

В настоящее время на рынке программного обеспечения (ПО) наблюдается большая конкуренция различных компаний и продуктов, работающих в одних отраслях. Задача выбора информационной системы осложняется по двум причинам:

1) рост конкуренции среди программных продуктов;

2) рост возможностей программных продуктов.

В статье предлагается рассмотреть применение методики выбора программно-ориентированных информационных систем (ПОИС), представленной на рисунке 1 [4], для решения задачи подбора подходящей информационной системы для автоматизации функций отдела кадров.

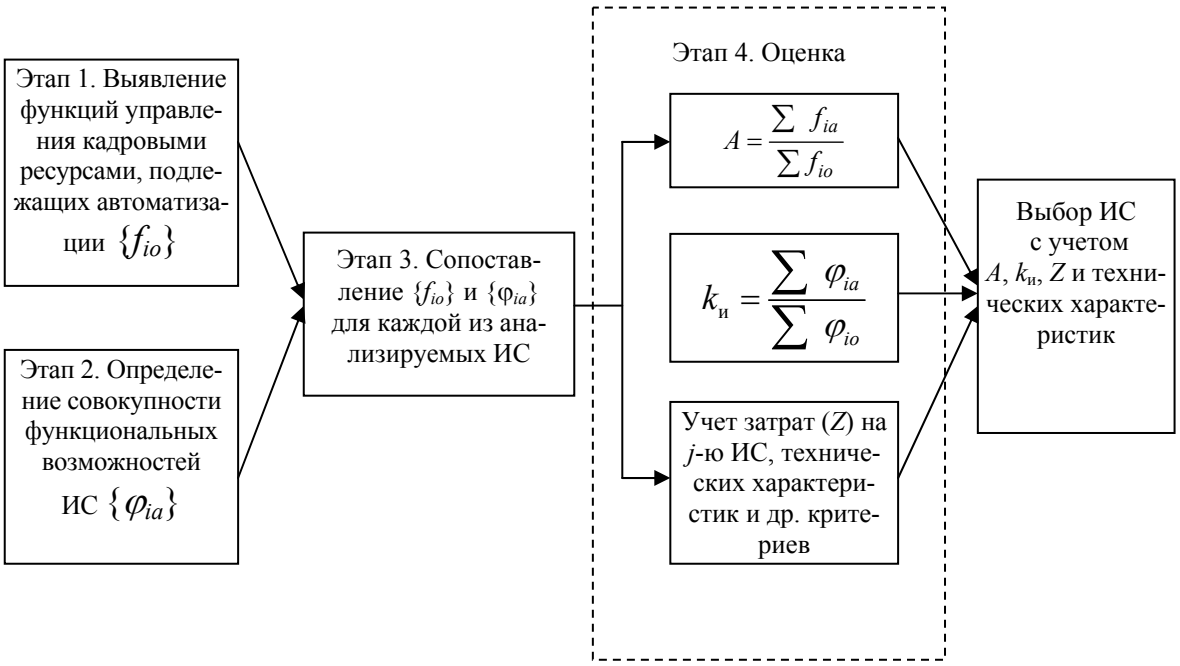


Рис. 1. Методика выбора ПОИС

1. Постановка задачи

1.1. Описание предметной области

Выявим множество функций $\{f_{io}\}=\{f_{1o}, f_{2o}, \ldots, f_{no}\}$, выполняемых отделом кадров, с целью дальнейшего выбора информационных систем, выполняющих функции $\{f_{1o}, f_{2o}, \ldots\}$. Структура функций отдела кадров приведена на рисунке 2.

Таким образом, мы выявили множество функций ($f_{ia}=\{f_{1o}, f_{2o}, \ldots, f_{no}\}$, где $n = 15$) выполняемых отделом кадров.

1.2. Формализованная постановка задачи

На основе методики выбора ИС, решить задачу автоматизации функций управления кадровыми ресурсами для консультативно-диагностического центра М.

Формализованная постановка задачи:

$$n_{\max} = \left\{ n \in N : \max\left(A = \frac{\sum f_{ia}}{\sum f_{io}} \right), \max\left(k_{и} = \frac{\sum \varphi_{ia}}{\sum \varphi_{io}} \right), min(C) \right\}, \quad (1)$$

где N – множество информационных систем, удовлетворяющих цели и функции диагностического центра;

n – элемент множества N, т.е. конкретная информационная система, критериями оценки которой являются A, k_i, C;

A – степень автоматизации;

f_{ia} – одна (i-я) автоматизированная функция за счет информационной системы;

$\sum f_{io}$ – общее число функций организации;

$k_и$ – степень использования функциональных возможностей автоматизированной системы;

$\sum \varphi_{ia}$ – число используемых функциональных возможностей информационной системы;

$\sum \varphi_{io}$ – общее число функциональных возможностей системы;

C – стоимость информационной системы;

n_{max} – решение задачи.

Таким образом, для решения поставленной задачи, необходимо разрешить равенство (1) относительно n_{max}.

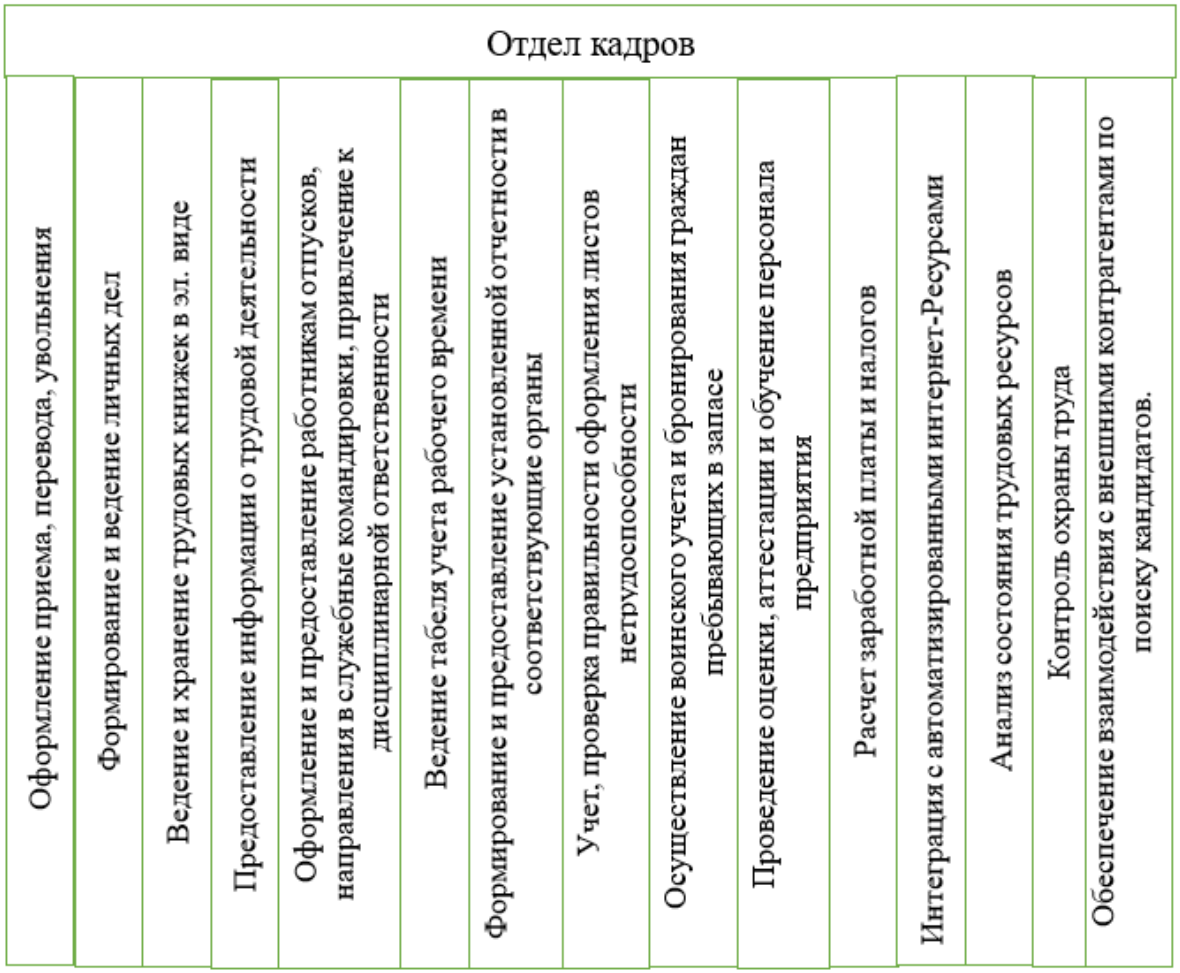


Рис. 2. Структура функций отдела кадров

2. Сопоставление функций и возможностей информационных систем

Пусть выбор стоит между следующими информационными системами: Отдел Кадров Плюс, 1С: Зарплата и Управление Персоналом 8, БОСС-Кадровик.

Сопоставим функции, требующие автоматизации с возможностями систем и применим две методики для решения задачи. Сначала применим методику, основанную на расчете степени автоматизации A и степени функциональных возможностей автоматизированной системы k. После чего применим метод организации сложных экспертиз, основанный на использовании информационных оценок А.А. Денисова (2) [5].

$$H_i = -\log(1 - p_i'), \tag{2}$$

где p_i' – оценки степени соответствия,

H – потенциал программного продукта.

2.1. Отдел Кадров Плюс

На рисунке 3 представлено сопоставление функций, требующих автоматизации, и возможности рассматриваемой информационной системы. Возможности информационной системы были получены из официального сайта продукта «Отдел Кадров Плюс» [2].

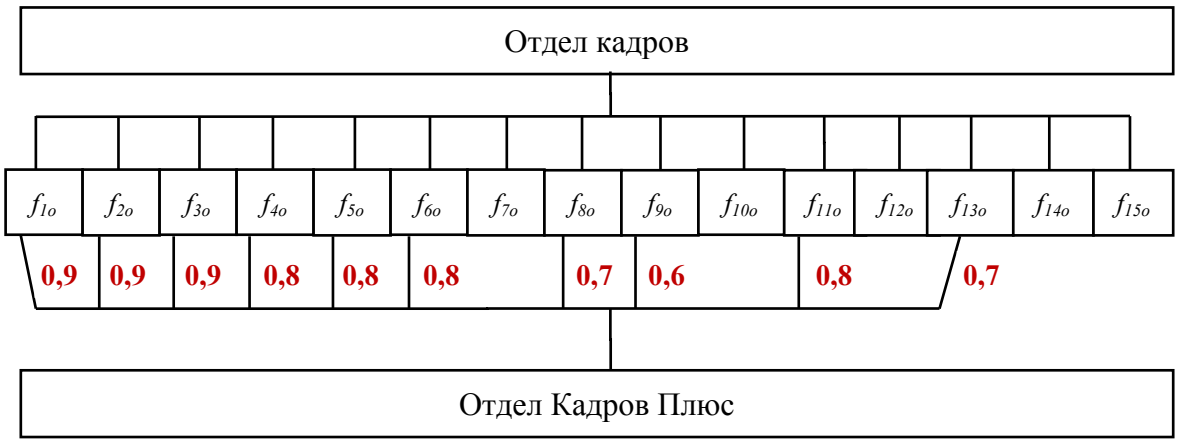


Рис. 3. Возможности «Отдел Кадров Плюс»

2.2. БОСС-Кадровик

На рисунке 4 представлено сопоставление функций, требующих автоматизации, и возможности рассматриваемой информационной системы. Возможности информационной системы были получены из официального сайта продукта «БОСС-Кадровик» [1].

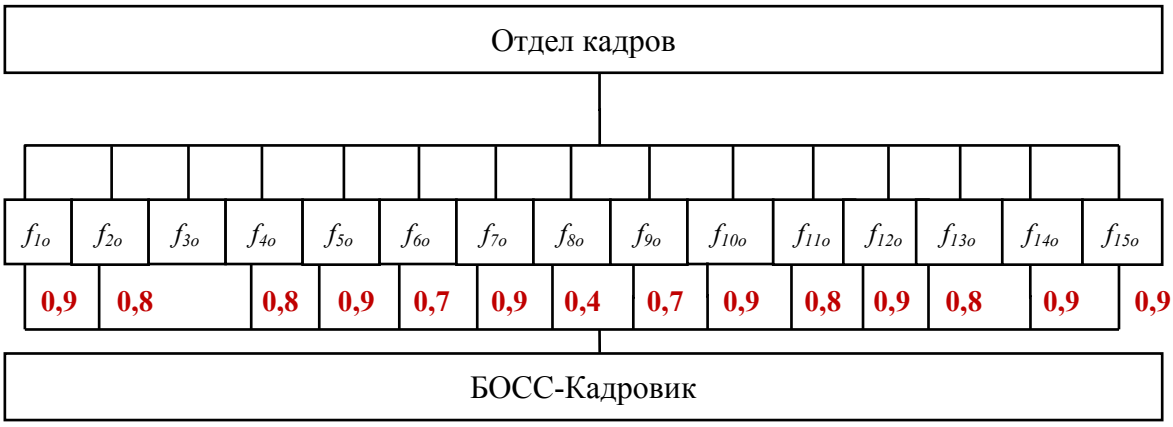


Рис. 4. Возможности «БОСС-Кадровик»

2.3. 1С: Зарплата и Управление Персоналом 8

На рисунке 5 представлено сопоставление функций, требующих автоматизации, и возможности рассматриваемой информационной системы. Возможности информационной системы были получены из официального сайта продукта «1С: Зарплата и Управление Персоналом 8» [3].

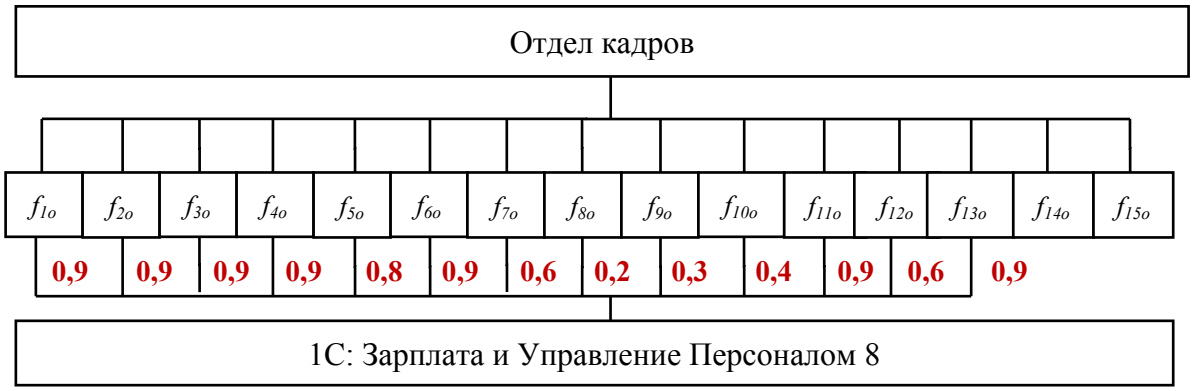


Рис. 5. Возможности «1С: Зарплата и Управление Персоналом 8»

3. Применение методов

3.1. Оценка степени автоматизации и степени функциональных возможностей

Решения задачи (1), полученные первым методом оценки [4], представлены в выражении (3). Стоимость программных продуктов взята с официальных сайтов производителей программных продуктов.

$$\begin{aligned} n_1 &= \{n \in N : A_1 = 0,666; k_1 = 0,4; C_1 = 11900\text{руб.}\}, \\ n_2 &= \{n \in N : A_2 = 0,933; k_2 = 0,28; C_2 = 9500\text{руб.}\}, \\ n_3 &= \{n \in N : A_3 = 0,866; k_3 = 0,65; C_3 = 11300\text{руб.}\}, \end{aligned} \quad (3)$$

где n_1 – Отдел Кадров Плюс, n_2 – БОСС-Кадровик, n_3 – 1С: Зарплата и Управление Персоналом 8.

Решения $n_{1\text{-}3}$ представлены в виде гистограммы, изображенной на рисунке 6.

Как видно на рисунке 6, данный метод не даёт однозначного решения задачи (1), так как решение задачи (1) должно иметь максимумы по двум параметрам оценки программного обеспечения и минимум по стоимости среди всех рассматриваемых продуктов. Но можно рассмотреть максимальное соответствие идеальному решению задачи (1) следующим образом: выбрать тот программный продукт, чье количество оцениваемых параметров больше подходит к формулировке задачи (1). Таким продуктом будет являться «БОСС-Кадровик», так как он имеет превосходство над другими продуктами по двум параметрам из трех.

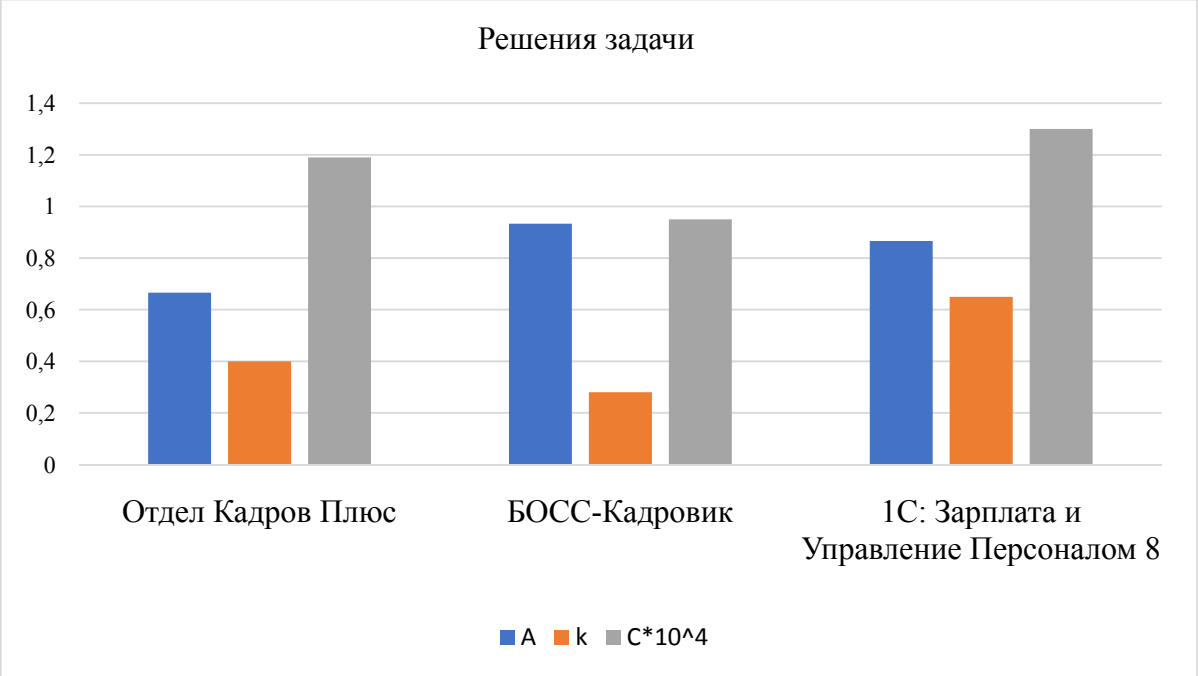


Рис. 6. Гистограмма решений (3)

3.2. Метод организации сложных экспертиз, основанный на использовании информационных оценок А.А. Денисова

Метод основан на информационной теории А.А. Денисова [6], в соответствии с которой оценивается степени целесоответствия, выставленных в каждом сопоставлении функций, требующих автоматизации, возможностям информационных систем, после вычисления потенциалов программного обеспечения по алгоритму, представленному на рисунке 7 [5], имеем следующий результат, представленный на гистограмме, изображенной на рисунке 8.

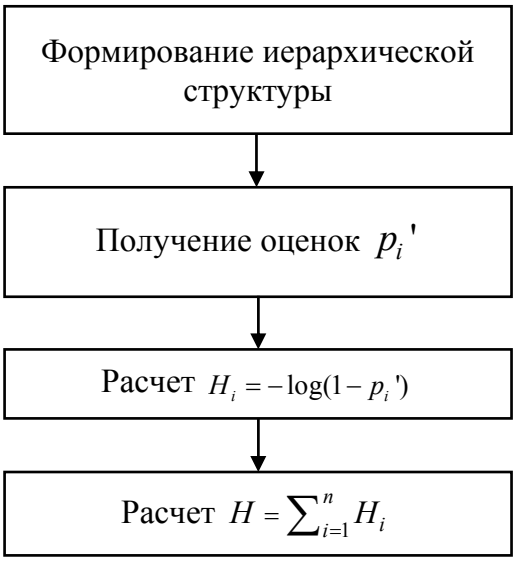


Рис. 7. Схема реализации метода

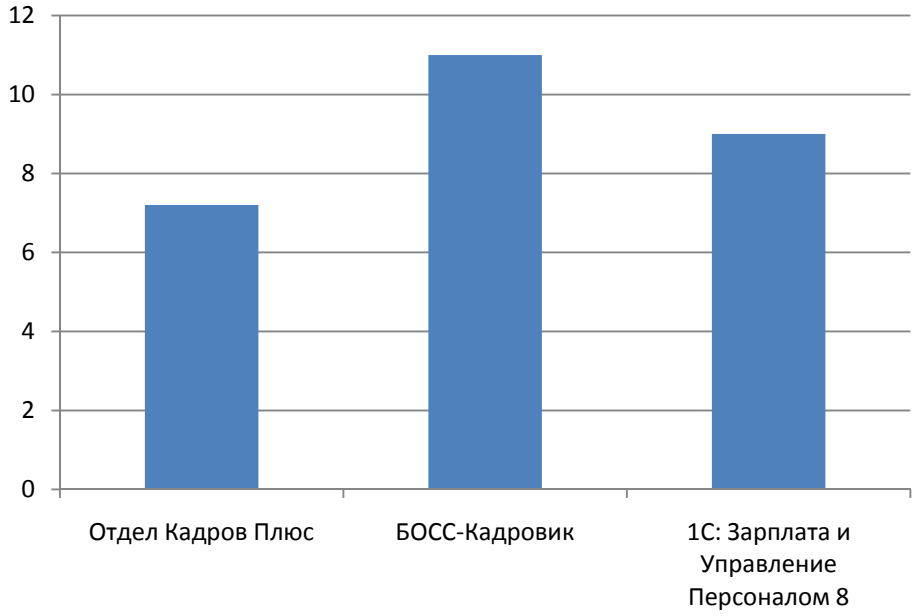


Рис. 8. Гистограмма потенциалов программного обеспечения

Как видно из гистограммы, изображенной на рисунке 8, программное обеспечение «БОСС-Кадровик» является наиболее подходящим решением для автоматизации функций отдела кадров, рассматриваемой организации. Также, можно сделать вывод о том, что из рассматриваемых вариантов информационных систем «Отдел Кадров Плюс» является наименее подходящим решением.

Заключение

В ходе работы была поставлена формализованная задача выбора информационной система для решения задач отдела кадров организации М. Была представлена структура функций отдела кадров и произведена

процедура сопоставления функций и возможностей информационных систем.

В результате работы были получены оценки информационных систем, на основании которых был осуществлен выбор информационной системы «БОСС-Кадровик». Стоит отметить, что первый метод не дал однозначного ответа по выбору информационной системы, в отличии от метода организации сложных экспертиз, основанного на информационных оценках А.А. Денисова.

Список литературы

1. Возможности программного продукта «БОСС-Кадровик» [Электронный ресурс] URL: https://boss.ru/products/bk-about/functionality/ (дата обращения 05.05.2020).

2. Возможности программного продукта «Отдел Кадров Плюс» [Электронный ресурс] URL: https://www.okpartner.ru/features/ (дата обращения 05.05.2020).

3. Возможности программного продукта «1С: Зарплата и Управление Персоналом 8» [Электронный ресурс] URL: https://solutions.1c.ru/catalog/hrm/features (дата обращения 05.05.2020).

4. Волкова В. Н., Денисов А. А. Методы организации сложных экспертиз: учебное пособие. Издание 4-е, переработанное и дополненное. СПб.: Издательство Политехн. университета, 2010. 128 с.

5. Волкова В. Н., Денисов А. А. Теория систем: Учеб. пособие. М.: Высш. шк., 2006. 511 с.

6. Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: Учебник. Изд. 3-е, перераб. и дополн. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. 304 с.

УДК 721.021.2
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-214

Букунов Александр Сергеевич,
аспирант Высшей школы киберфизических систем и управления

ДЕКОНСТРУКЦИЯ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия,
sasbukunov@yandex.ru

Аннотация. Активное внедрение информационного моделирования зданий (BIM) в процессы проектирования, строительства и эксплуатации зданий позволяет предложить альтернативные варианты окончания срока службы зданий. Рассматриваются функциональные возможности BIM в обеспечении процесса эффективного проектирования для деконструкции. Выделены основные компоненты функциональной структуры: визуализация процесса демонтажа, улучшение сотрудничества между заинтересованными сторонами, идентификация извлекаемых материалов, разработка плана демонтажа конструкции, анализ производительности и

моделирование альтернативного использования зданий с истекшим сроком эксплуатации, улучшение управления жизненным циклом здания и развитие совместимости с существующим программным обеспечением BIM.

Ключевые слова: информационное моделирование зданий, BIM, устойчивое строительство, жизненный цикл здания, сокращение отходов, проектирование для деконструкции, повторное использование компонентов.

Alexander S. Bukunov,
Postgraduate of Higher School of Cyber-Physical Systems and Control

LIFECYCLE MANAGEMENT

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia,
sasbukunov@yandex.ru

Abstract. Active implementation of building information modeling (BIM) in the processes of design, construction and operation of buildings allows you to offer alternative options for the end of life of buildings. We consider the functionality of BIM in providing an effective design process for deconstruction. The main components of the functional structure are highlighted: visualization of the dismantling process, improvement of cooperation between stakeholders, identification of recoverable materials, development of a design dismantling plan, performance analysis and modeling of alternative use of buildings with expired service life, improvement of building lifecycle management and development of compatibility with existing BIM software.

Keywords: Building Information Modeling, BIM, sustainable construction, building life cycle, waste reduction, design for deconstruction, reuse of components.

Введение

С внедрением киберфизических систем в автоматизированные системы предприятия и распространением информационного моделирования зданий (англ. Building Information Modeling, BIM) изменился подход к современному проектированию в строительстве [1]. BIM – это нужным образом организованная информация об объекте, используемая как на стадии проектирования и строительства здания, так и в период его эксплуатации и даже сноса [2]. Информационное моделирование постоянно развивается, особенно в отношении проектирования зданий, оценки затрат, 3D-координации, технического обслуживания, анализа производительности зданий и т. д. [3]. Но применение BIM для зданий с истекшим сроком эксплуатации пока не сильно распространено [4]. Это связано с тем, что в большинстве выполненных моделей реализованы этапы проектирования, строительства и обслуживания здания и только планируется использование BIM для утилизации и реконструкции зданий с истекшим сроком эксплуатации.

Актуальность, цели и задачи исследования. Поскольку на отходы по сносу приходится более половины общего объема полученных отходов при строительстве [5], необходимо уделять больше внимания окон-

чанию срока службы здания, особенно с точки зрения минимизации отходов. Верное перераспределение отходов может привести к экономии затрат. Необходимость сокращения отходов в конце срока службы требует, чтобы снос, как метод утилизации зданий, был заменен на деконструкцию зданий. «Деконструировать» означает разбирать, перекладывать и упорядочивать [6]. Проектирование для деконструкции на основе BIM касается не только восстановления компонентов здания в конце срока эксплуатации, но и возможности сделать здание легко собираемым и разбираемым. Несмотря на усилия по уменьшению отходов посредством деконструкции, пока нет активного проектирования деконструкции. Даже в Европе сегодня менее 1 % зданий полностью демонтируемы [5], в России эта проблема вообще не решена.

Проектные решения на основе BIM могут оказать влияние на эксплуатационные характеристики зданий в конце срока эксплуатации и на минимизацию отходов. Необходимо активнее использовать BIM для управления деконструкцией здания. Исходя из этого, целью исследования стала идея раскрыть, как на основе BIM можно проектировать процесс деконструкции, и выявить основные функциональные возможности, которые должны иметь основанные на BIM инструменты для деконструкции, и которые обеспечат эффективные механизмы принятия решений по управлению процессом. Поэтому задачи исследования включают в себя: оценку эффективности и ограничения существующих инструментов проектирования для деконструкции; выявление возможностей, которые можно получить от BIM для проектирования деконструкции; определение основных функций BIM-инструментов для этого.

1. Процесс деконструкции как завершающий этап в жизни здания

Деконструкция – это плановые мероприятия со зданием с истекшим сроком эксплуатации, которые способствуют восстановлению компонентов здания с целью повторного использования, переработки или восстановления компонентов здания [6]. Деконструкция возникла как формальное средство увеличения утилизации и повторного использования строительных материалов в результате работ по реконструкции и сносу, позднее деконструкция стала стратегией по демонтажу конструкции для извлечения максимального количества материалов многократного использования.

Процесс деконструкции приводит к разделению опасных материалов для правильной утилизации и отдает приоритет многоразовым материалам. Деконструкцию можно охарактеризовать как экологически предпочтительное управление процессом удаления всего здания и его материалов, в отличие от выборочного разрушения, при котором удаляются только самые дорогостоящие материалы перед обычным механиче-

ским разрушением, уничтожением материалов и утилизацией. С экономической точки зрения, многие сносы включают в себя различные степени переработки металлов и бетона, с минимальным использованием или без повторного использования.

2. Деконструкция зданий и BIM

Переработка и восстановление строительных компонентов в настоящее время практикуется все чаще, однако, более выгодной и сложной задачей является возможность переместить здание или повторно использовать его компоненты без повторной обработки. Это связано с тем, что перемещение зданий и повторное использование компонентов требуют минимальных затрат энергии по сравнению с переработкой и восстановлением [6]. Кроме того, повторное использование компонентов здания гарантирует условие замкнутого материального цикла, когда запрос на новые ресурсы и генерация отходов при строительстве и сносе сводятся к минимуму. На рисунках 1 и 2 на четырех этапах показано, как деконструкция обеспечивает состояние замкнутого материального цикла в конце срока службы конструкций. Замкнутая материальная петля устраняет линейную модель движения материала при сносе, что является более устойчивой моделью строительства. Повторное использование всего здания крайне сложно и немного идеализировано. Но деконструкция основных компонентов здания экономична, целесообразна и реальна.

Одной из целей деконструкции является устранение сноса как варианта утилизации здания с истекшим сроком эксплуатации. Помимо содействия восстановлению компонентов здания и уменьшению отходов на свалках, разборка более выгодна, чем снос другими способами. Во-первых, деконструкция устраняет загрязнение окружающей среды и образование отходов при строительстве и сносе [5]. Другие преимущества включают снижение вредных выбросов, сохранение реализованной энергии, уменьшение нарушений в работе и т. д.

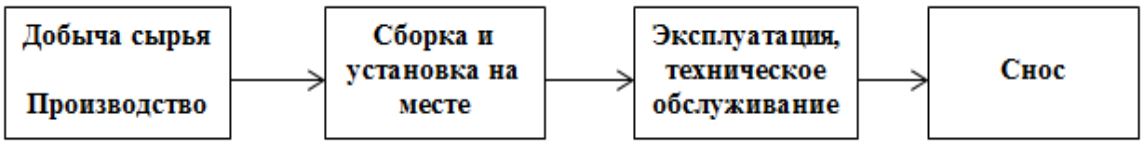


Рис. 1. Вариант окончания срока службы со сносом и утилизацией

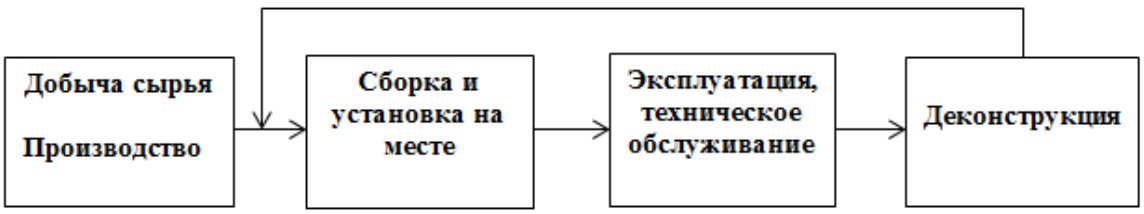


Рис. 2. Сценарий окончания срока службы в замкнутом материальном цикле с переработкой и повторным использованием

Эффективная стратегия замкнутого контура извлечения и повторного использования строительных материалов предусматривает ряд требований: здание должно быть разборным и демонтируемым; строительные материалы должны быть пригодны для вторичной переработки; производство и использование материалов должно быть безвредным; сами материалы, полученные в результате процесса переработки, должны быть безвредными [6]. Тем самым подчеркивается необходимость совершенствования процессов проектирования и строительства для повышения эффективности и устойчивости.

Однако выбор материалов для повторного использования или переработки не следует начинать в конце жизненного цикла (ЖЦ) здания, он должен начинаться на стадии проектирования. Архитекторы и инженеры должны держать весь ЖЦ здания в поле зрения и выбирать строительные материалы на основе их способности быть повторно использованными или переработанными после ликвидации здания. Текущая тенденция в устойчивой архитектуре подразумевает, что планирование деконструкции может быть реализовано во время проектирования зданий. Простые методы строительства в сочетании с высококачественными, долговечными материалами лучше всего подходят для проектирования деконструкции зданий. Здания, которые были изначально разработаны с учетом деконструкции, часто легче поддерживать и адаптировать к новым целям применения.

3. Функциональные возможности BIM-проектирования для инструментов деконструкции

Учитывая возрастающую роль проектирования и информационного моделирования на строительство, следует разобраться, как проектные решения влияют на сборку и разборку здания. Решение этой проблемы требует определить взаимосвязи между практикой, методами и инструментами проектирования деконструкции [4]. Сложно переоценить влияние компьютерных инструментов на оценку устойчивости строительства.

К существующим инструментам для проектирования деконструкции можно отнести: стоимость ЖЦ, оценку разрушаемости зданий, оценку использованной энергии, оценку воздействия на конец срока службы, углеродный след, моделирование процесса деконструкции, генерацию плана деконструкции, оценку восстановления материала, оценку воздействия на окружающую среду в течение ЖЦ, оптимизацию выбора материала. Инструменты проектирования деконструкции охватывают инструменты оценки ЖЦ, инструменты экологической устойчивости и инструменты калькуляции ЖЦ. Главным из ограничений инструментов является то, что они не совместимы с BIM. Аналогично, ни одна из существующих программ BIM не предлагает функциональные возможности для проектирования деконструкции [4].

Рассмотрим функциональные возможности для инструментов проектирования деконструкции на основе BIM. Выявленные функции могут использовать существующие возможности BIM через интерфейс прикладного программирования (API) программного обеспечения (ПО) BIM [3]. Выделим следующие основные компоненты функциональной структуры: улучшение сотрудничества между заинтересованными сторонами; визуализация процесса деконструкции; количественная оценка извлекаемых материалов; разработка плана реконструкции; анализ эффективности и моделирование альтернативных вариантов для зданий с истекшим сроком эксплуатации; улучшенное управление ЖЦ здания; совместимость с существующим ПО для BIM.

Степень сотрудничества и взаимодействия проектных групп имеет решающее значение для успеха строительных проектов. В этом отношении BIM может обеспечить, чтобы все заинтересованные стороны принимали участие в принятии решений, связанных с деконструкцией, прямо от планирования и в течение всего ЖЦ здания. BIM обеспечивает надежную платформу для общения и обмена информацией между всеми заинтересованными сторонами, а также координацию проектирования, согласование задач, обнаружение коллизий и мониторинг процесса управления отходами строительства [1].

Общий поток информации проходит через все ПО BIM, и именно функциональность параметрического моделирования позволяет визуализировать эстетику и функции зданий [16]. Параметрическое моделирование использует объектно-ориентированный подход, который позволяет повторное использование частей объекта в построении моделей, поддерживая атрибуты объекта, поведение и ограничения. Визуализация форм и характеристик зданий снижает потребность в переделках, которые служат основным источником строительных отходов. Кроме того, BIM позволяет визуализировать процесс сноса и разборки здания во время проектирования. Пока ни один инструмент BIM не предлагает эту возможность. Можно предположить, что платформа BIM, позволяющая визуализацию процесса деконструкции, поможет оптимизировать процесс проектирования деконструкции для сравнения альтернативных вариантов и минимизации воздействия на окружающую среду зданий с истекшим сроком эксплуатации.

Реализация BIM выходит за рамки трехмерного компьютерного моделирования и визуализации [1]. Особенностью, которая выделяет BIM, является интеллектуальное моделирование, которое предоставляет возможность встраивать информацию о процессах в модели здания с самого раннего этапа планирования и в течение всего срока службы здания. Информация сохраняется в рамках единой модели для улучшения принятия решений при строительстве, обслуживании зданий и в конце срока экс-

плуатации. Информация о строительных материалах может быть дополнена прогнозами по изменению характеристик материалов в течение всего срока службы. Это позволит использовать BIM для определения типов и количества извлекаемых материалов в течение всего срока службы зданий и прогнозировать количество восстанавливаемых и невосстанавливаемых материалов в конце срока службы зданий. Это даст возможность заинтересованным сторонам прогнозировать объемы материалов, которые могут быть использованы повторно, которые могут быть переработаны, и подлежащие утилизации.

Важным преимуществом BIM является автоматический сбор параметров проектирования для генерации отчетов. Использование BIM во время проектирования позволит устранить человеческие ошибки при вводе данных. Пока нет никакого инструмента, способного генерировать планы деконструкции из моделей зданий, но функции BIM, которые позволяют создавать по требованию проектные документы (такие как чертежи планов, разрезы, графики и т. д.) из модели зданий, могут быть использованы для разработки плана деконструкции. Это улучшит координацию проектирования, управление временем и технические возможности по осуществлению проектирования деконструкции.

Важная функция BIM, способствующая его широкой применимости, это способность анализировать и моделировать эффективность зданий, производить оценку затрат, энергопотребление, анализ освещения и т. д. [4]. Анализ эффективности здания обеспечивает платформу для функциональной оценки моделей здания до начала строительства [2]. Это позволяет сравнивать альтернативные варианты проекта при выборе наиболее экономически эффективного и устойчивого решения. Многочисленные анализы эффективности доступны для выявления потенциальных ошибок проектирования и эксплуатационных проблем на этапе, когда изменения в проекте обходятся намного дешевле. Несмотря на преимущества анализа эксплуатационных характеристик зданий и воздействия строительных отходов на экологию и экономику, нет ПО для BIM по деконструкции. При выборе наиболее благоприятного для окружающей среды варианта деконструкция здания, он может быть не самым экономически выгодным [6]. Итак, BIM можно использовать для моделирования эффективности затрат и затрат при деконструкции, чтобы принять решение о подходящем проекте и вариантах окончания срока службы.

Наконец, улучшенное управление ЖЦ здания, предлагаемое BIM, способствует прозрачности данных, одновременному просмотру и редактированию единой модели и контролируемой координации доступа к информации. BIM помогает устранить междисциплинарную неэффективность [2] в рамках строительства. Эффективность команды растет при

одновременном снижении стоимости проекта и отсутствии дублирования усилий. Хотя для создания единой модели требуется больше времени, ее преимущества превышают затраты. Поскольку отходы образуются на всех этапах проектируемой работы, применение BIM для управления отходами позволит эффективно собирать данные, связанные с отходами от проектирования до окончания срока эксплуатации зданий.

Из-за сложностей в передаче данных между разным ПО проектные команды тратят много усилий на выбор соответствующих программ для эффективного сотрудничества и коммуникации [3]. Использование стандарта IFC улучшило обмен моделями между программами для проектирования и анализа конструкции. Будущие инструменты проектирования для деконструкции должны быть совместимы с BIM и поддерживать формат IFC. Стоит отметить, что IFC позволяет расширять свои теги для охвата различных параметров строительных объектов. Несмотря на эту возможность, формат IFC не был оснащен механизмом для оптимизации процесса анализа строительных отходов и деконструкции, что требует расширения IFC для поддержки обмена данными между инструментами проектирования для деконструкции и ПО для BIM.

Заключение

Итак, существующие инструменты не могут эффективно поддерживать проектирование для деконструкции. Данное исследование выявило основные функциональные возможности инструментов проектирования для деконструкции на основе BIM.

Основанные на BIM инструменты для деконструкции включают такие основные функциональные возможности, как улучшение совместной работы заинтересованных сторон, визуализацию процесса деконструкции, идентификацию извлекаемых материалов, разработку плана деконструкции, анализ производительности и моделирование альтернативных вариантов окончания жизни, улучшенное управление жизненным циклом здания и совместимость с существующим программным обеспечением BIM.

В настоящее время большинство зданий не предназначены для разборки. Возможности BIM позволяют спроектировать оптимальное здание и по критериям деконструкции. При изначально спроектированных для деконструкции зданиях, можно было бы успешно восстановить гораздо больше материалов для повторного использования. Это даст значительные экономические и экологические преимущества.

Список литературы

1. Гинзбург А.В. BIM-технологии на протяжении жизненного цикла строительного объекта // Информационные ресурсы России. 2016. № 5. С. 28–31.

2. Букунов А.С. Технологии работы с информацией при моделировании зданий // Инженерный вестник Дона. 2019. №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y 2019/5960/ (дата обращения: 30.04.2020).

3. Bukunov A. Functional Modeling of an Integration Information System for Building Design // Arseniev D., Overmeyer L., Kälviäinen H., Katalinić B. (eds.) Cyber-Physical Systems and Control. CPS&C 2019. Lecture Notes in Networks and Systems. Vol 95. Springer, Cham, 2020. P.525–535. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-34983-7_51.

4. Akinade O.O., Oyedele L.O., Bilal M., Ajayi S.O., Owolabi H.A., Alaka H.A., Bello S.A. Waste minimisation through deconstruction: a BIM based Deconstructability Assessment Score (BIM-DAS) // Resources, Conservation and Recycling. 2015. Vol. 105. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.10.018.

5. Giglio F. Controlling environmental impacts in the dismantling phase. Design for deconstruction and materials reuse // Proc. of the CIB task group 39 – Deconstruction Meeting. Vol. 272. Karlsruhe, 2002. URL: iip.kit.edu/downloads/CIB_Publication_ 272.pdf (access date: 30.04.2020).

6. Kibert C. J. Deconstruction's role in an ecology of construction. Design for deconstruction and materials reuse // Proc. of the CIB task group 39 – Deconstruction Meeting. Vol. 272. Karlsruhe, 2002. URL: iip.kit.edu/downloads/CIB_Publication_ 272.pdf (access date: 30.04.2020).

УДК 621.75.04 : 621.91.04 : 004.9
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-215

Колыбенко Евгений Николаевич,
канд. техн. наук, ведущ. науч. сотр.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА СРЕДСТВ ДЛЯ ПЕРЕХОДА К ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРАКТИКИ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА МЕХАНООБРАБОТКИ

Донской государственный технический университет,
Ростов-на-Дону, Россия,
e.n.kolybenko@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены условия преобразования существующих знаний в технической подготовке механообрабатывающего производства для перехода к информационной технологии автоматизации решения задач практики высокого уровня. Традиционные знания основаны на использовании конструкторской элементной базы средств решения задач, что препятствует достижению необходимого уровня автоматизации и целей экономической эффективности. Необходима специфическая технологическая элементная база средств, определяемая в структуре базовых объектов по семи их уровням в предложенной базе знаний. Рассмотрены инструментальные средства решения задач практики, в основу которых положены методы и средства технологической элементной базы.

Ключевые слова: техническая подготовка производства, обработка резанием, системный анализ, информационная технология, моделирование решений, системология, технология.

Evgeniy N. Kolybenko,
Candidate of Technical Sciences, Chief Researcher

TECHNOLOGICAL ELEMENT BASE OF TOOLS FOR TRANSITION TO INFORMATION TECHNOLOGY OF AUTOMATION FOR SOLVING PRACTICAL TASKS OF PREPARATION TO MACHINING PRODUCTION

Don State Technical University, Rostov on Don, Russia,
e.n.kolybenko@mail.ru

Abstract. The paper considers the conditions of transformation of existing knowledge in the technical preparation to machining production for the transition to information technology automation of solving tasks of high-level practice. The basis of traditional knowledge is the use of a design element base for problem solving, which hinders the achievement of necessary level of automation and goals of economic efficiency. A specific technological elemental base of tools is required, which is determined in the structure of basic objects at their seven levels in the proposed knowledge base. The tools for solving practical tasks are examined, which are developed around the methods and tools of the technological element base.

Keywords: technical preparation to machining, cutting processing, system analysis, information technology, modeling solutions, systemology, technology.

Конструкторская подготовка производства (КПП) оперирует с объектами {детали, сборочные узлы}. Технологическая подготовка механообрабатывающего производства (ТПП) оперирует с объектами {исходные заготовки, заготовки}, {режущие инструменты}, {станки}, {приспособления для установки заготовок}, {приспособления для установки режущих инструментов} в их информационной и логической связи с объектами (детали, сборочные узлы) стадии КПП. В предшествующих и существующих знаниях для оперирования с объектами обеих стадий КПП и ТПП по-прежнему используется функционально единая конструкторская элементная база средств соответствующая методам определения указанных объектов. Средства определены в пяти группах основных элементов интеграции структуры объектов {детали, сборочные узлы} для их обеспечения параметрами проектного качества (рис. 1).

Исходя из предлагаемых методов отображения и преобразования возможного множества элементов формы в структуре объектов обеих стадий КПП и ТПП, вводим ограничение – задаваемые каркасом точек в плоских сечениях объемные поверхности далее не рассматриваем.

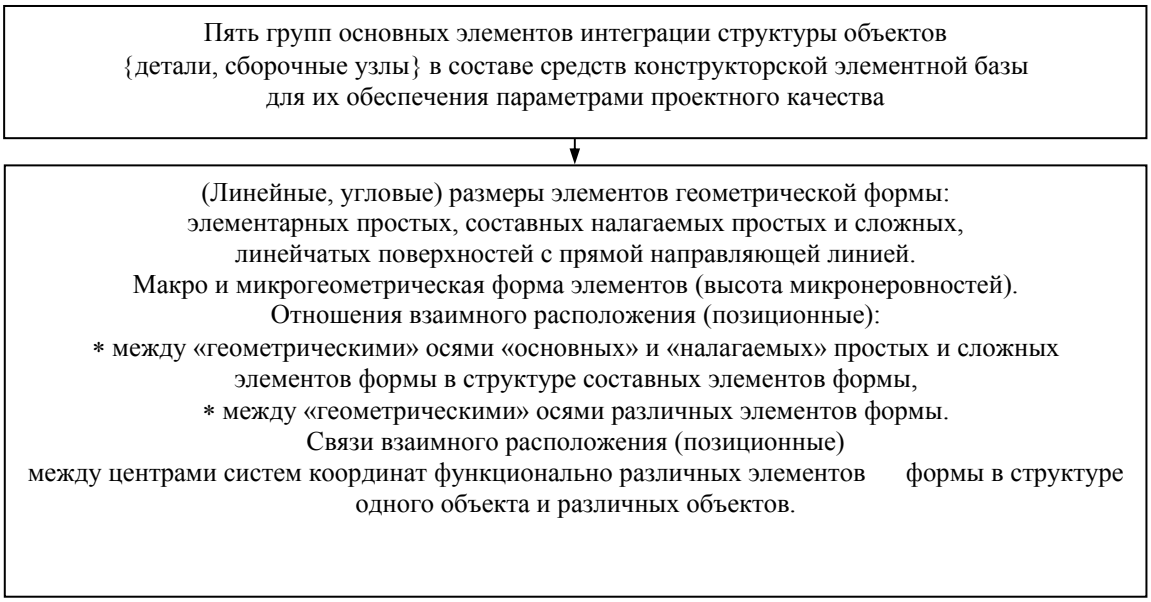


Рис. 1. Определение пяти групп основных элементов для интеграции структуры объектов конструирования в составе средств конструкторской элементной базы

Однако использование средств конструкторской элементной базы для определения объектов ТПП существенно затрудняет переход к информационной технологии автоматизации высокого уровня решения задач по всему циклу ее практики. В решении задач автоматизации принятия проектных решений в процессе преобразований исходных заготовок в детали накоплен обширный опыт знаний прошлых лет. В основу работ предшественников 60–80 годов были положены методы классификации деталей по подобию формы их конструктивных элементов (КЭ) в связи с технологией их изготовления, аппарат соответствующих понятий, а также справочная информация о станках и их технологическом оснащении.

Очень привлекательны идеи типизации проектных решений [1], группирования КЭ на основе определения «комплексной» детали [2], а также формирования групповых наладок (модулей) режущих инструментов [3]. Именно эти идеи заслуживают развития в классические академические знания по функциям формализации знаний для перехода к информационной технологии автоматизации решения задач ТПП. Для достижения экономической эффективности производства различной серийности необходимо их развитие по функциям прогрессивных форм организации производства (специализация, концентрация, кооперирование).

Попытки решения задач ТПП внесением в технологические знания свойств концептуальности делались в двух работах. В работе [4] для управления содержанием и последовательностью операций преобразований ставилась задача формулирования утверждений, информационно и логически связанных в законченную их систему. Однако сформулирован весьма ограниченный состав таких утверждений. В работе [5] в общем

виде на множестве примеров ставилась задача программирования взаимодействия между объектами обеих стадий на основе справочной информации. Использовалась обширная система понятий и логические операторы теории множеств с целью определения функций их информационной и логической связи. Последующие преобразования функций авторы осуществляли исходя из традиционных неформализованных знаний содержания и последовательности выработки проектных решений. Результаты преобразования полученных функций рассматривали как логические утверждения в процессе проектирования алгоритма в технологии принятия решений. По причине огромных сложностей управления содержанием и последовательностью операций преобразования исходных заготовок в детали, возникших в процессе проектирования алгоритмов в технологии автоматизированного принятия решений, обе указанные работы реализованы не были. В существующих знаниях акценты на формализацию КЭ остались. Однако, множественные попытки формализации алгоритмов в технологии автоматизированного принятия решений с использованием современного математического аппарата неудачны по причине наличия существенных трудностей в преодолении «барьера» для управления содержанием и последовательностью операций преобразования исходных заготовок в детали. Например, авторами работы [6] сделаны выводы, что формализация проектных решений затруднена. «Детализация приводит к стремительному увеличению количества проектных процедур и усложнению их анализа»; «…отсутствие целостного представления классификации технологических операций с позиций структурного многообразия делает невозможным создание обобщенной модели проектирования технологических операций со сложной структурой и не позволяет использовать эти модели и методы в САПлТП».

Принципиально важно. По объективным причинам информационные и логические связи существующих знаний ТПП прерваны по маршруту технологических операций при переходе от одной рабочей машины к другой. Также прерваны связи между стадиями КПП и ТПП – перевод информации о деталях, сборочных узлах, изделиях конструирования с бумажных носителей в электронную форму ее отображения для принятия решений преобразования исходных заготовок в детали ничего не меняет. Содержательно существует огромное разнообразие информационных и логических связей в функционально различных совокупностях параметров проектного качества основных элементов интеграции в структуре изделий стадии КПП. Например, информационной и логической основой определения изделий стадии КПП являются {детали}, в общем случае, обладающие сложной структурой [7] (рис. 2). Исходя из этих об-

стоятельств, существует «барьер» для управления содержанием и последовательностью операций преобразования исходных заготовок в детали.

В существующей практике решения задач ТПП содержание знаний остается на прежнем уровне, носит описательный характер, понятия не связаны в необходимую их систему и часто не актуализированы для решения задач формализации знаний. Используются диалоговые технологии, в основу которых положены знания работ наших предшественников 60-80 годов в электронной форме представления справочной информации, выхода в САПР необходимого уровня автоматизации не имеющие.



Рис. 2. Состав в общем случае четырех возможных функциональных групп элементов геометрической формы в структуре объектов {детали} стадии КПП

Переход от описательного характера полного цикла знаний ТПП к сущностным изменениям их содержания и последовательности необходим по функциям формализации знаний с привлечением концепции технологии системной инженерии, которая формировалась в практике успешных разработок. Для реализации этих функций в работе [8] предложена иерархическая структура базы знаний по семи уровням классификации ее сложно организованных базовых объектов различных типов в их информационной и логической связи органического единства (рис. 3).

Эта база знаний предложена для замены традиционных знаний. Функции технологии системной инженерии в интерпретации автора этой работы как технология информационного логического моделирования в составе необходимых (методов, соответствующих средств, алгоритмов, операций) – управление процессами отображения и преобразования объектов информационной природы в технологических системах организа-

ции. Только математически строгая постановка задачи на автоматизированное решение задач практики ТПП по всему ее циклу средствами предложенной базы знаний предметной области позволяет определить действительно необходимую технологическую элементную базу средств.



Рис. 3. Определение базы знаний предметной области в ее иерархии по семи уровням структуры базовых объектов знаний функционально различных типов

Важнейшим условием успешного перехода к информационной технологии автоматизации в решении задач ТПП является разграничение понятий «логическое моделирование» и «математическое моделирование» [9]. Из разграничения этих понятий следует разграничение понятий «технология системной инженерии» – в системах организации информационных объектов и «технология системотехники» – в процессах управ-

ления преобразованиями соответствующих материальных объектов. Информационные объекты необходимо рассматривать в условиях статической настройки технологических схем взаимодействия объектов. Материальные объекты не идеальны, поэтому подлежат рассмотрению в условиях динамической настройки технологических процессов взаимодействия объектов функционально различной природы (технической, физической, химической, биологической) с учетом неизбежных функционально различных погрешностей. Погрешности параметров проектного качества для основных элементов интеграции материальных объектов подлежат определению экспериментальными измерениями размерных и геометрических погрешностей.

Основные элементы интеграции структуры объектов стадий (КПП ТПП) – элементы знаний как системная концептуальная основа познания структуры объектов, характеризующая функционально различные элементы структуры и связи между элементами структуры объектов {детали} стадии КПП и {исходные заготовки} стадии ТПП по шести видам их обеспечения (организационное, методическое логическое, нормативное, информационное, программное, техническое).

Проектное качество основных элементов интеграции в структуре объектов {детали} стадии КПП и {исходные заготовки} стадии ТПП – функция, подлежащая безусловному исполнению для совокупности параметров проектного качества, характеризующая возможное множество различных свойств объектов в их распределении по различным элементам структуры и связям между элементами структуры объектов.

Для решения всех тех задач практики (КПП, ТПП), которые связаны с понятием «технологическая система» необходимо два этапа технологии в их связи органического единства под управлением единого интегрального алгоритма. Первый этап – распределение параметров проектного качества основных элементов интеграции из структуры объектов {детали} в структуру объектов {исходные заготовки} по функциям решения двух задач. Структура объектов {детали} на входе в технологическую систему автоматизированной обработки информации на компьютере для решения задач стадии ТПП фактически предопределена. Первая задача – обеспечение единства и общности последовательной нумерации состава элементов геометрической формы в этих объектах. Вторая задача – интеграция структуры объектов {исходные заготовки} инструментальными средствами базы знаний ТПП (рис. 3) по технологии информационного логического моделирования в условиях статической настройки соответствующих технологических схем. Структуру объектов {исходные заготовки} необходимо рассматривать как по содержанию, так и по последо-

вательности преобразований параметров проектного качества для основных элементов интеграции структуры. Информация по содержанию и последовательности преобразований вполне может быть определена в пределах технологических операций средствами структуры базового объектов знаний второго типа для {рабочих машин}. Информация о последовательности преобразований по маршруту технологических операций в структуре {исходных заготовок} изначально определена быть не может. Инструментальные средства необходимы для определения информационных изделий (рабочие машины, системы рабочих машин, подразделения производства). Второй этап – дезинтеграция структуры объектов {исходные заготовки} методами и средствами технологии обработки резанием в условиях динамической настройки функционально различных {рабочих машин}.

Функции назначения средств конструкторской и технологической элементных баз различаются принципиально. Ничто не бывает бесцельным осознанно. Средства конструкторской элементной базы необходимы для обеспечения условий сборки изделия и его рабочих свойств в эксплуатации. Принципиально важно, что решение задач практики ТПП по всему ее циклу средствами конструкторской элементной базы не может обеспечить достижение основных целей экономической эффективности. Функции технологических элементов (переход, операция, позиция, процесс) (ЕСТД ГОСТ 3.1109-82 «Термины и определения основных понятий») – управление содержанием и последовательностью преобразований {исходных заготовок, заготовок}. Исходя из этих функций, параметры проектного качества основных элементов (интеграции, дезинтеграции) структуры объектов {исходные заготовки, заготовки} подвержены преобразованиям в общем случае в {системе рабочих машин}.

Конструкторская элементная база непригодна для преобразований параметров проектного качества основных элементов (интеграции, дезинтеграции) в структуре {исходные заготовки, заготовки} в параметры качества основных элементов интеграции в структуре {детали}.

Это возможно только методами и соответствующими средствами технологической элементной базы в информационной технологии автоматизации решения задач практики высокого уровня (рис. 4).

Информационные и логические задачи (отображения, преобразования) структуры объектов {исходные заготовки, заготовки} на их возможном множестве по маршруту операций в {системе рабочих машин} связаны между собой. Только решение их всех обеспечивает цельность автоматизированной информационной технологии.

Для информационной технологии автоматизации решения задач практики ТПП высокого уровня принципиально важно обеспечить информационные и логические связи органического единства между объектами {детали} стадии КПП, {рабочими машинами} и их технологическим обеспечением в составе: {исходные заготовки}, {режущие инструменты}, {станки}, {приспособления для базирования и закрепления исходных заготовок, заготовок, режущих инструментов} средствами соответствующих идентификаторов. Это возможно средствами технологической элементной базы определяемой в структуре основных базовых объектов базы знаний ТПП во взаимодействии элементов их структуры.

Основные базовые объекты знаний стадии ТПП – объекты базы знаний, определяемые в единой среде одного уровня структуры соответствующих технологических схем на основе взаимодействия элементов структуры «ведомого» объекта преобразования в общем случае с группой элементов структуры «ведущего» объекта как системная основа знаний функционально различных информационных изделий ТПП.

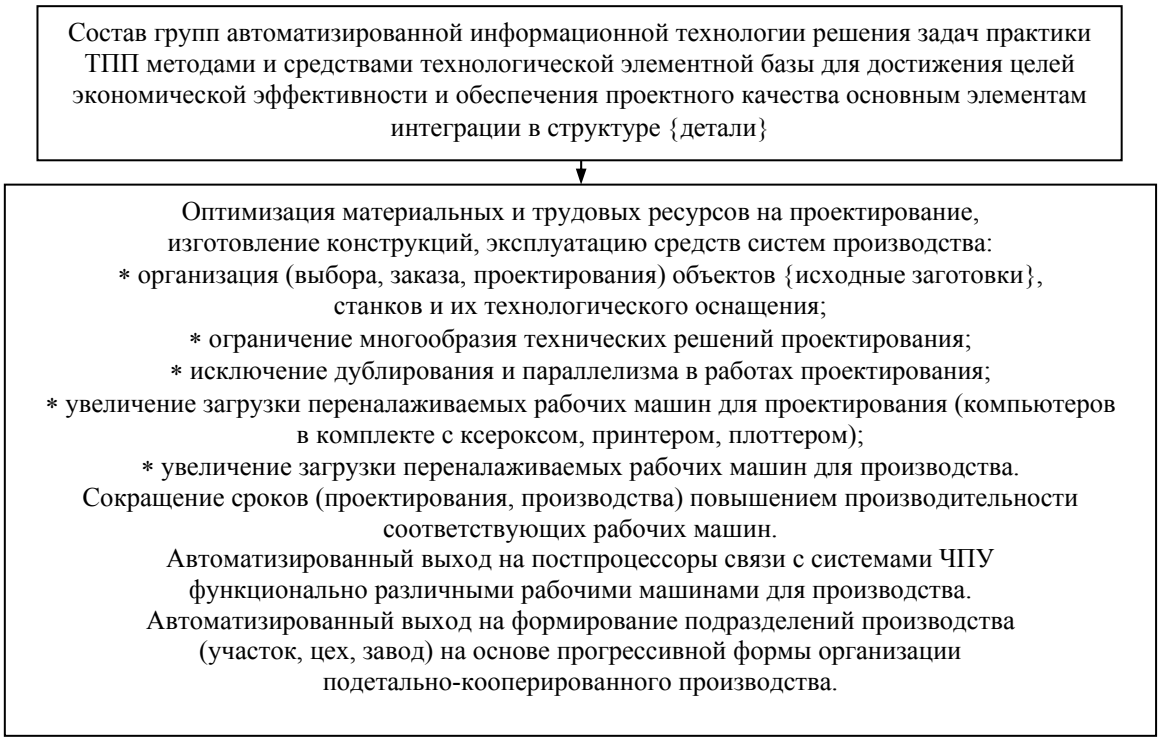


Рис. 4. Определение групп информационной технологии решений задач практики ТПП для достижения целей ее экономической эффективности

Рассмотрению далее подлежат основные первый и второй базовые объекты знаний первого типа (рис. 3). Соответствующие два «ведомых» объекта в структуре этих основных базовых объектов знаний рассматриваем в их информационной и логической связи органического единства

как две составные части каждого функционально единого объекта взаимодействия | исходная заготовка | определенного по его формализованному обозначению. Одна часть – для базирования в рабочие машины, другая – для (базирования, геометрического образования элемента геометрической формы) на рабочих машинах.

Объекты взаимодействия видны наглядно, а основные базовые объекты знаний во втором и пятом уровне иерархии структуры базы знаний (рис. 3) скрыты как по содержанию, так и по форме отображения, их определение возможно только на основе системного анализа взаимодействия объектов в технологических системах познания [8].

Только во взаимодействии объектов средствами технологической элементной базы возможно определение методов преобразования «ведомых» объектов и соответствующих им информационных средств. Существование структуры основных базовых объектов знаний обеспечивают только те исходные (ранее определенные) и полученные новые понятия, которые могут быть определены как формализованные и унифицированные аналоги элементов структуры и связей между элементами структуры подлежащие встраиванию в структуру. Формализация унифицированных понятий и их встраивание в структуру базовых объектов различных типов обеспечивает возможности математически строгого оперирования, как с понятиями, так и структурами базовых объектов знаний.

Формализация – целевая функция практической значимости знаний предметной области для преобразования традиционных понятий мыслительной природы по форме их отображения в понятия информационной природы на основе присвоения понятиям, характеризующим структуру базовых объектов знаний различных типов, формализованных обозначений пригодных для обработки их информации на компьютере при решении задач практики.

Унификация – целевая функция практической значимости знаний для приведения отдельных и составных понятий определенных по функциям соответственно семантических и синтаксических свойств к единообразию их структуры на формализованной основе с использованием тезауруса обозначений, в основу которого положено коренное понятие.

Для определения структуры основных базовых объектов знаний, в частности, используются две функции решения соответствующих задач. Одна функция – определение (вида, метода наложения, рабочих функций) связей; параметров различных свойств элементов геометрической формы участвующих в решении задач. Другая функция – определение структуры позиционных (отношений, связей) взаимного расположения соответственно между координатными «геометрическими» осями и

центрами систем координат функционально различных элементов геометрической формы участвующих в решении задач. В итоге определения структуры основных базовых объектов знаний, именно эти две функции решения задач необходимы для определения методов и соответствующих средств технологической элементной базы.

На основе возможного множества технологических схем взаимодействия объектов заданных в структуре каждого из основных базовых объектов знаний определяется соответствующая информационная модель и формируется база данных решений «прошлого» опыта проектирования, накопленного предприятиями механообработки. Информационные модели первого и второго базовых объектов знаний первого типа подлежат встраиванию в структуру базового объекта знаний второго типа для определения информационного изделия стадии ТПП $\Leftrightarrow$ {рабочие машины} материальной природы. Эти же модели, а также информационная модель базового объекта знаний четвертого типа стадии КПП подлежат встраиванию в структуру базового объекта знаний третьего типа для определения информационного изделия стадии ТПП $\Leftrightarrow$ {системы рабочих машин} материальной природы.

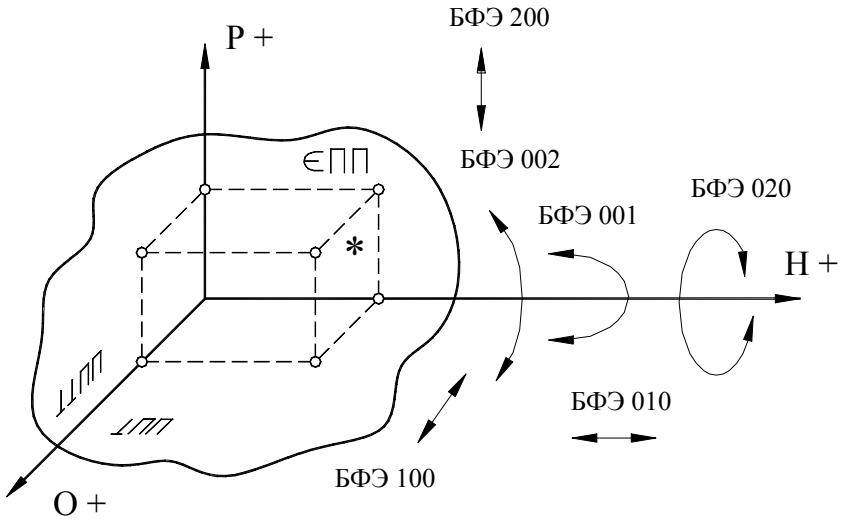
Средства технологической элементной базы – основа систематизации накопленного «прошлого» опыта проектных решений в базах данных предприятий механообработки.

Сформированные базы данных используются для информационного поиска необходимых решений и их заимствования в текущей практике проектирования по функциям работ ТПП. Информационный поиск в базах данных «прошлого» опыта решений должен быть ориентирован на то, чтобы найти «иголку в стоге сена».

Средства технологической элементной базы – основные элементы информационного поиска нужных решений в базах данных «прошлого» опыта проектирования, основа достижения целей экономической эффективности в решении задач практики ТПП по всему ее циклу (рис.4).

Объекты базирования {исходные заготовки, заготовки} в {рабочие машины} – информационные геометрические объекты, подлежащие рассмотрению вне времени в пространстве в общем случае совокупности информационно и логически связанных систем координат, идеально в условиях статической настройки технологических схем взаимодействия объектов без применения каких-либо сил. Структуре первого базового объекта знаний первого типа (рис. 3) соответствует структура технологических схем базирования объектов {исходные заготовки, заготовки} в {рабочие машины} на их возможном множестве. Для определения методов и средств технологической элементной базы в структуре технологи-

ческих схем базирования объектов используется схема распределения элементарных функций базирования между элементами структуры правой прямоугольной системы координат Декарта (рис. 5) [10].



КСБ – система координат объекта базирования;

КСБ: ∈ ПП (Н, Р), ⊥ ПП (Н, О), ⊥⊥ ПП (О, Р);

КСБЦ – центр системы координат;

∈ ПП (Н, Р) – направляющая плоскость;

Н: |∈ ПП | ⋂ |⊥ ПП| – «направляющая» ось;

О: |⊥ ПП| ⋂ |⊥⊥ ПП| – опорная ось;

БФЭ – элементарная функция базирования;

БФС – составная функция базирования;

ПП – плоскость параллелизма;

⊥ ПП (Н, О) – опорная плоскость;

⊥⊥ ПП (О, Р) – упорная плоскость;

Р: |∈ ПП | ⋂ |⊥⊥ ПП| – «упорная» ось;

(БФЭ, БФС) = |ХХХ|;

|∗| – точка положения наблюдателя.

Рис. 5. Схема распределения элементарных функций базирования между элементами структуры правой прямоугольной системы координат Декарта

Технологические схемы базирования объектов накоплены и реализованы в практике «прошлого» опыта проектных решений предприятий механообработки. Различие технологических схем базирования объектов на возможном их множестве необходимо рассматривать на системной основе в составе трех средств технологической элементной базы их интеграции. Первое средство – состав элементарных простых, составных налагаемых простых и сложных, линейчатых элементов формы участвующих в решении задачи базирования объектов и определенных по параметрам проектного качества их размерных и геометрических свойств в соответствии со средствами конструкторской элементной базы в оригинальном отображении. Второе средство – распределение элементарных функций базирования между элементами формы участвующими в реше-

нии задач базирования объектов. Третье средство – параметры проектного качества в структуре позиционных (отношений, связей) взаимного расположения соответственно между координатными «геометрическими» осями и центрами систем координат функционально различных элементов геометрической формы участвующих в решении задач.

Структуре второго базового объекта знаний первого типа (рис. 3) соответствует структура технологических схем на их возможном множестве, определяемая по функциям решения двух задач. Первая задача – базирование функционально различных элементов формы в {рабочие машины} для резания. Вторая задача – геометрическое образование {элементов формы} обработкой резанием на {рабочих машинах}. Указанные две функции решения задач реализуются одновременно в пространстве и времени в условиях динамической настройки технологических процессов управления преобразованиям функционально различных {исходных заготовок, заготовок}, необходимы для определения методов и соответствующих средств технологической элементной базы.

Решение задач базирования функционально различных элементов формы реализуется на основе выхода рабочих органов машины несущих исходную заготовку или заготовку и режущий инструмент в точку контакта режущей части инструмента с подлежащим преобразованиям резанием элементом формы средствами вспомогательных (позиционных, межпереходных) движений.

Решение задач геометрического образования элементов формы реализуется средствами исполнительных (движений, вращения), врезанием движений рабочих органов машины несущих заготовку и режущий инструмент по векторам ρ: $\langle\perp\rho_1; \rho_1; \rho_2\rangle$ относительно координатных плоскостей и «направляющей» оси {рабочих машин}. Решение этих задач иллюстрируем по функциям информационной и логической связи трех идентификаторов связи {К}, {Е}, {Н} объектов взаимодействия в структуре рассматриваемых технологических схем (рис. 6 – 9) [11].

Различие технологических схем (базирования, геометрического формообразования) элементов формы, реализованных в практике «прошлого» опыта проектирования предприятий механообработки необходимо рассматривать на системной основе в составе четырех средств технологической элементной базы их интеграции в оригинальной интерпретации. Первое средство – элементы структуры (линии) вспомогательных (позиционных, межпереходных) движений несущих заготовку и режущий инструмент. Второе средство – элементы структуры (линии) исполнительных (движений, вращения) рабочих органов станков несущих заготовку и режущий инструмент реализуемые методом следа в общем случае по векторам ρ: $\langle\perp\rho_1, \rho_1, \rho_2\rangle$ относительно координатных плоско-

стей и «направляющей» оси {рабочих машин}. Третье средство – элементы структуры (линии) движения врезания рабочих органов станков несущих заготовку или режущий инструмент реализуемые методом копирования в общем случае по векторам ρ: $\langle \perp\rho_1, \rho_1, \rho_2 \rangle$ относительно координатных плоскостей и «направляющей» оси {рабочих машин}. Четвертое средство – элементы структуры (линии) режущей части инструмента реализуемые методом копирования после окончания движения методом следа в общем случае по векторам ρ: $\langle \perp\rho_1, \rho_1, \rho_2 \rangle$ относительно координатных плоскостей и «направляющей» оси {рабочих машин}.

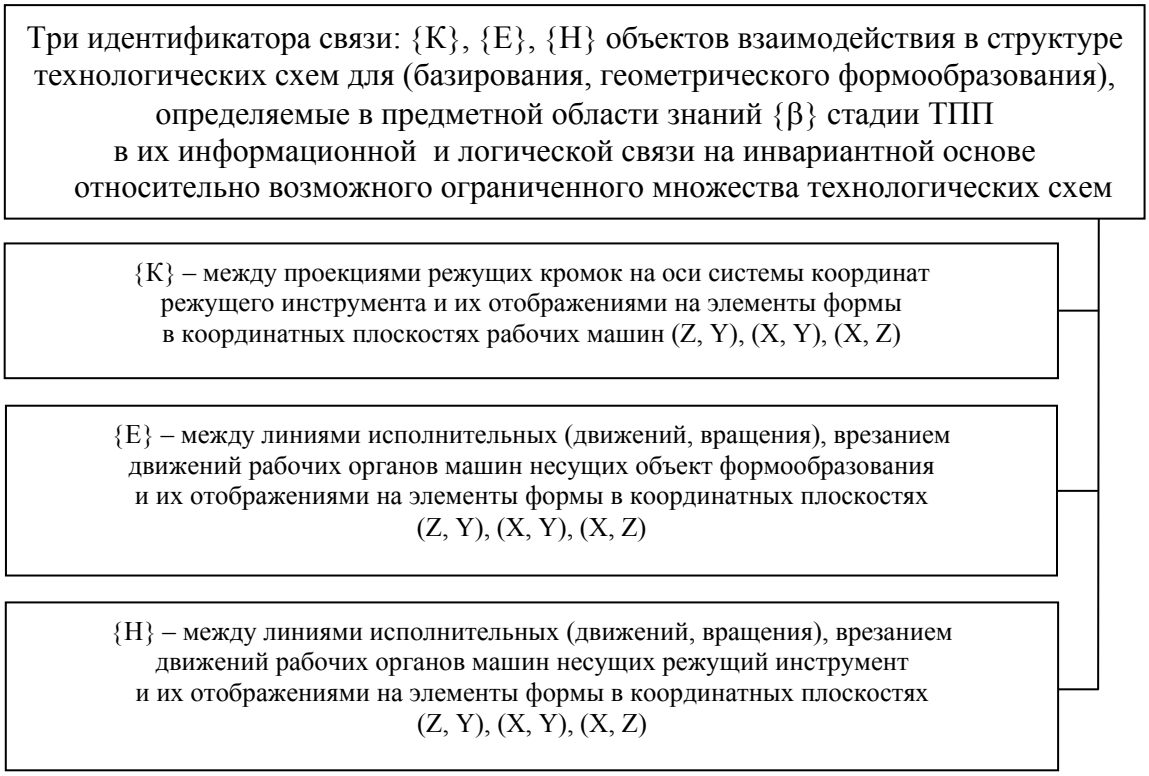


Рис. 6. Распределение функций решения задач базирования и геометрического формообразования в три направления их информационной и логической связи

Средства технологической элементной базы, определенные в рассмотренных двух технологических схемах взаимодействия «ведомых» и «ведущих» объектов – основа определения идентификаторов информационных и логических связей органического единства между всеми объектами взаимодействия. Это важнейшее условие связи информации различных баз данных объектов взаимодействия для достижения алгоритмами в информационной технологии автоматизации решения задач целевых функций их практической значимости (непрерывность, гибкость).

Важнейшим условием достижения информационной технологией автоматизации решения задач практики ТПП целей экономической эффективности является управление проектными решениями по функциям понятий «систематизация» и «группирование».

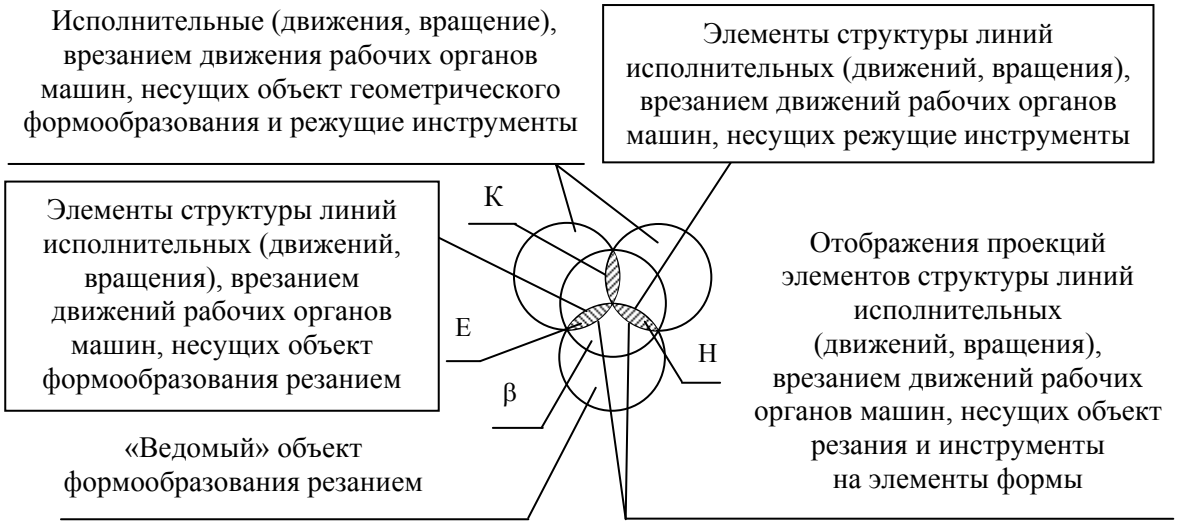


Рис. 7. Подход к отображению проекций элементов структуры линий исполнительных (движений, вращения), врезанием движений на элементы формы в плоскостях систем координат рабочих машин для обработки резанием

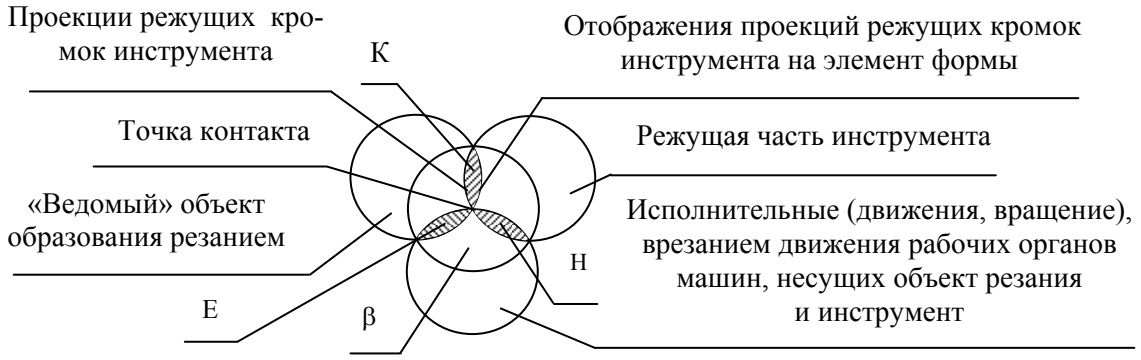


Рис. 8. Подход к отображению проекций режущих кромок инструмента на элементы формы в рабочих плоскостях систем координат машин для обработки резанием

Систематизация проектных решений задач практики ТПП – целевая функция практической значимости знаний для упорядочивания информации по содержанию преобразований «ведомых» объектов взаимодействия технологических схем методами и средствами технологической элементной базы в базах данных «прошлого» опыта проектных решений предприятий механообработки, основа группирования решений.

Группирование проектных решений задач практики ТПП – целевая функция практической значимости знаний для достижения целей эконо-

мической эффективности информационной технологии автоматизации по результатам информационного поиска в базах данных «прошлого» опыта таких идентификаторов связи объектов взаимодействия, которые обладают свойствами органического единства и общности содержания технологических преобразований «ведомых» объектов.

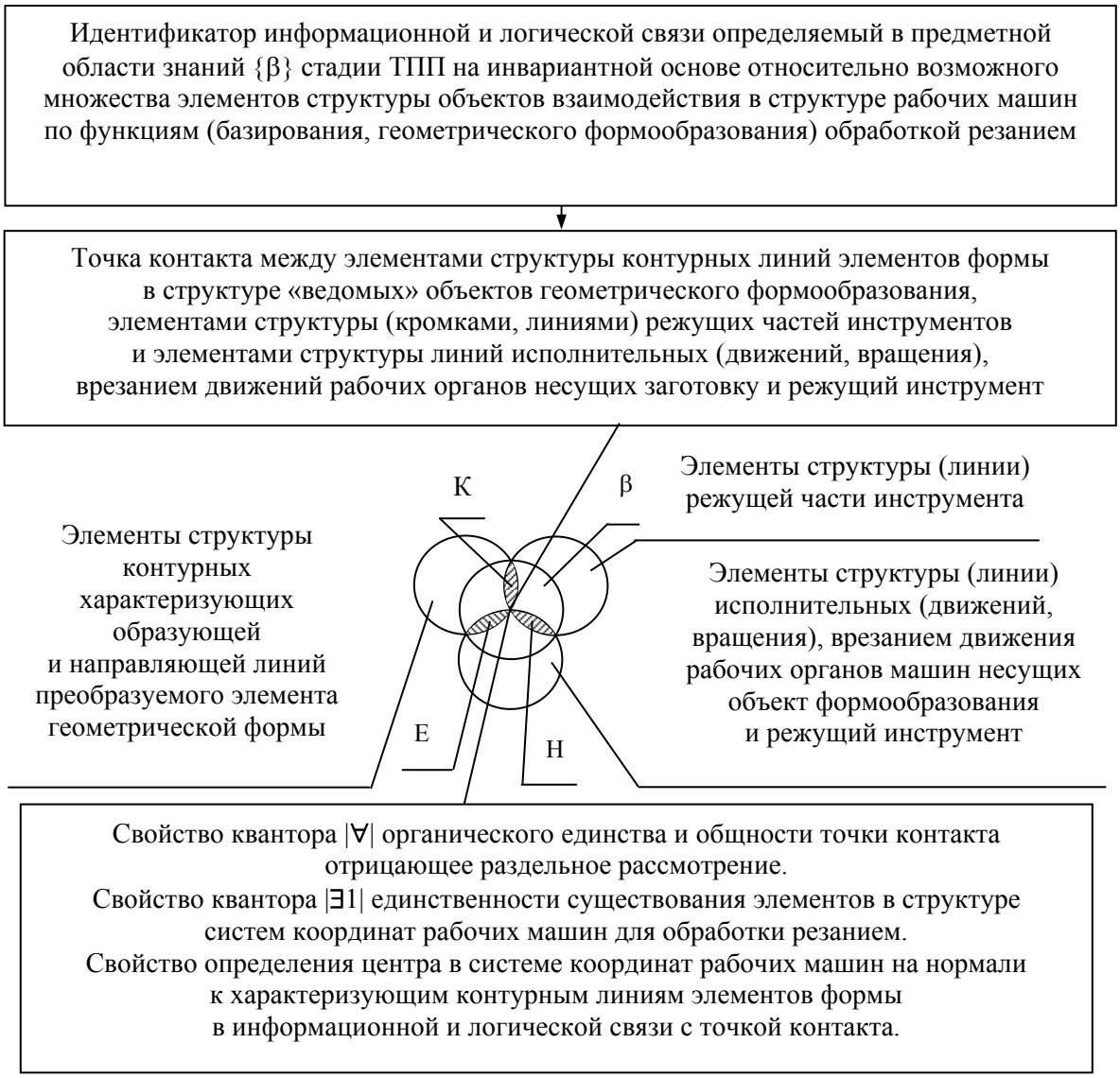


Рис. 9. Определение свойств точки контакта между элементами структуры объектов взаимодействия в структуре рабочих машин для геометрического формообразования

Важнейшим условием преобразования базы знаний ТПП для перехода к информационной технологии автоматизации решения задач высокого уровня является распределение структуры информационных моделей основных первого и второго базовых объектов знаний первого типа в две составные части информации (инвариантная, типовая объектно-

ориентированная параметрическая). Это необходимо, исходя из различия функций решаемых задач в каждой части информационных моделей.

Инвариантная безразмерная часть определена в условиях статической настройки технологических схем взаимодействия объектов. Информация инвариантной части отображена в базах данных решений задач практики ТПП по содержанию преобразования структуры соответствующих «ведомых» объектов взаимодействия технологических схем в пределах операций на {рабочих машинах}. Это является важнейшим условием достижения информационной технологией автоматизации решения задач ТПП по всему ее циклу целей экономической эффективности.

Типовая объектно-ориентированная параметрическая часть определена на основе (отношений, связей) взаимного расположения (позиционных) между элементами структуры базовых объектов знаний всех типов. Информация типовой объектно-ориентированной параметрической части основных первого и второго базовых объектов знаний первого типа включена в графы структуры базовых объектов знаний второго и третьего типа, составляет основу их определения. В типовых объектно-ориентированных параметрических частях учитываются погрешности или соответствующие им нормативно упорядоченные поля допуска для параметров проектного качества различных основных элементов (интеграции, дезинтеграции) структуры «ведомых» объектов взаимодействия технологических схем. В структуре базовых объектов знаний второго и третьего типа информация определена по последовательности преобразования функционально единых элементов формы в структуре «ведомых» объектов взаимодействия технологических схем по маршруту операций в {системе рабочих машин}. Это является важнейшим условием достижения информационной технологией автоматизации решения задач ТПП по всему ее циклу основной целевой функции: «Обеспечение основным элементам (интеграции, дезинтеграции) в структуре объектов {исходные заготовки} в конечном итоге их преобразований на {рабочих машинах} параметров качества соответствующих проектному качеству основных элементов интеграции в структуре объектов {детали}.

Список литературы

1. Соколовский А.П. Научные основы технологии машиностроения. М.: Машгиз, 1955. 514 с.

2. Митрофанов С.П. Групповая технология машиностроительного производства. В 2-х т. Т.1. Организация группового производства. 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Машиностроение. 1983. 407 с.

3. Базров Б.М. Модульная технология в машиностроении. М.: Машиностроение, 2001. 368 с.

4. Цветков В.Д. Системно-структурное моделирование и автоматизация проектирования технологических процессов. Минск: Наука и техника, 1979. 264 с.

5. Челищев Б.Е., Боброва И.В., Гонсалес-Сабатер А. Автоматизация проектирования технологии в машиностроении / Под ред. Н.Г. Бруевича. М.: Машиностроение, 1987. 264 с.

6. Митин С.Г., Бочкарев П.Ю. Проектирование операций со сложной структурой в многономенклатурных механообрабатывающих системах. Саратов: Саратовский ГТУ, 2016. 108 с.

7. Ракович А. Г. Основы автоматизации проектирования технологических приспособлений / Под ред. Е. А. Стародетко. Мн., Наука и техника, 1985. 285 с.

8. Колыбенко Е.Н., Мордовцев А.А. Функционально различные аспекты технологии системной инженерии в познании базы знаний предметной области в примере технологической подготовки механообрабатывающего производства // Сборник научных трудов XXIII Междунар. науч.-практич. конф., 10–11 июня 2019 г., Санкт-Петербург. В 3 ч. Ч. 3. СПб. Политех-Пресс, 2019. С. 281–293.

9. Колыбенко Е.Н. Разграничение понятий математического и логического моделирования // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. 2019. Т. 19, № 3. С. 262–267.

10. Колыбенко Е.Н., Богданова Н.Ю. Методы наложения связей базирования для определения положения элементов в системе координат объекта базирования. // Вестник машиностроения. 2005. № 10. С. 56–63.

11. Колыбенко Е.Н. Организация связей между объектами технологической системы производства. // СТИН. 2003. № 6. С. 9–14.

УДК 681.5
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-216

Саитова Гузель Асхатовна[1],
канд. техн. наук, доцент, доцент;
Елизарова Анастасия Валерьевна[2],
инженер каф. АСУ

АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ ИСПЫТАНИЙ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ

[1, 2] ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», Уфа, Россия,
[1] saitova@bk.ru, [2] elizarovaanastasia@gmail.com

Аннотация. Авиационные двигатели оснащены огромным количеством датчиков, которые генерируют тысячи сигналов. Одна из самых важных проблем, особенно во время тестирования, заключается в том, что объем этих данных настолько велик, что специалисты уже не в состоянии обрабатывать эти данные. В статье рассматриваются задачи интеллектуальной обработка и анализ данных блока электронной системы управления (ЭСУ) в процессе проведения испытания двигателя. С помощью методов искусственного интеллекта выявлены причинно-следственные связи и закономерности параметров турбореактивного двигателя (ТРД), а также проанализировано большое количество данных. Результаты

интеллектуального анализа данных будут использованы для дальнейшего обоснованного принятия решений и автоматизации аналитической деятельности эксперта.

Ключевые слова: искусственный интеллект, метод главной компоненты, кластерный анализ, электронный блок управления, турбореактивный двигатель, ТРД, система анализа данных.

Guzel A. Saitova[1],
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Anastasia V. Elizarova [2],
Engineer of the department of ACS

ALGORITHM FOR DESIGNING A SYSTEM ANALYZING ENGINE PERFORMANCE TEST DATA

[1, 2] Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia,
[1] saitova@bk.ru, [2] elizarovaanstasia@gmail.com

Abstract. Aircraft engines are equipped with a huge number of sensors that generate thousands of signals. One of the most important problems, especially during testing, is that the volume of this data is so large that specialists are no longer able to process this data. The article deals with the tasks of intellectual processing and analysis of data from the electronic control system (ESS) unit during engine testing. Using artificial intelligence methods, the cause-and-effect relationships and regularities of the parameters of the turbojet engine (turbojet engine) were identified, and a large amount of data was analyzed. The results of data mining will be used for further informed decision-making and automation of the expert's analytical activities.

Keywords: artificial intelligence, main component method, cluster analysis, electronic control unit, turbojet engine, TJE, data analysis system.

Введение

На сегодняшний день интенсивно развивается направление, связанное с интеллектуализацией методов обработки и анализа данных. Интеллектуальные системы анализа данных (ИСАД) призваны минимизировать усилия лица, принимающего решения, в процессе анализа данных, а также в настройке алгоритмов анализа. Многие ИСАД позволяют не только решать классические задачи принятия решения, но и способны выявлять причинно-следственные связи, скрытые закономерности в системе, подвергаемой анализу.

Электронный блок управления двигателем в течении всей работы двигателя получает, обрабатывает, управляет системами и датчиками, влияющими как на работу двигателя, так и на второстепенные элементы двигателя.

Для выявления закономерностей и причин возникновения отклонений и неполадок проводят большое количество испытаний. Продолжительность испытаний напрямую связана с методами проведения испыта-

ний, а также с теми аппаратными и программными средствами, которые используются для регистрации информации в процессе полета и анализе их материалов. Эффективное решение задач, связанных с определением необходимых характеристик, включает в себя проведение предварительных расчетов, анализ материалов летных испытаний, сопровождающее моделирование и сочетание этих методов для получения интегральных оценок [1].

Общая структурная схема организации испытаний показана на рисунке 1.



Рис. 1. Структурная схема организации испытаний

Поэтому целью работы является интеллектуальный анализ данных о состояниях двигателя и блока ЭСУ во время испытательных полетов, позволяющий выявить причины, влияющие на работоспособность двигателя, и снизить временные затраты.

Для достижения поставленной цели в работе необходимо решить следующие задачи:

– провести анализ существующих методов искусственного интеллекта (ИИ);

– рассмотреть двигатель и его ЭСУ как объекты исследования;

– разработать алгоритмы процесса интеллектуальной обработки данных и формирования системы анализа данных (САД).

Объектом исследования является двигатель ТРД и блок электронной системы управления двигателем (ЭСУ).

Предметом исследования работы являются методы анализа данных.

1. Турбореактивный двигатель и система управления двигателем

Несмотря на простоту конструкции, турбореактивный двигатель – это сложная система, которой практически полностью управляет «умная» автоматика. Пилот задает необходимую «тягу» с помощью одного только рычага, тогда как «электронная система управления», оперируя показаниями многочисленных датчиков и задавая команды на исполнительные механизмы выполняет остальную работу, подбирая параметры работы двигателя на нужные показатели тяги [2, 3 – 5].

Электронный блок управления двигателем получает, обрабатывает, управляет системами и датчиками, влияющими на работу двигателя.

Блок ЭСУ должен:

– принимать аналоговые параметры;

– принимать дискретные сигналы;

– выдавать управляющие сигналы и команды.

Основные режимы управления двигателями, задаваемые рычагом управления двигателем (РУД): запуск, малый газ (МГ), прогрев (0,3 *мах*), приемистость, 0,7 мах, учебный *max*, *max*. Режимы, которые нас больше всего интересуют, и на которых выявлена наибольшая вибрация в статичном положении РУД: малый газ (МГ), прогрев, *max*.

2. Проектирование системы анализа данных

Для разработки системы анализа данных необходимо разработать алгоритм проектирования САД функционирования двигателя (рисунок 2), для более точного поэтапного анализа.

1 этап. Выбор и обоснование методов анализа

Интеллектуальные системы способны синтезировать цель, принимать решение к действию, обеспечивать действие для достижения цели, прогнозировать значения параметров результата действия и сопоставлять их с реальными, образуя обратную связь, корректировать цель или управление.

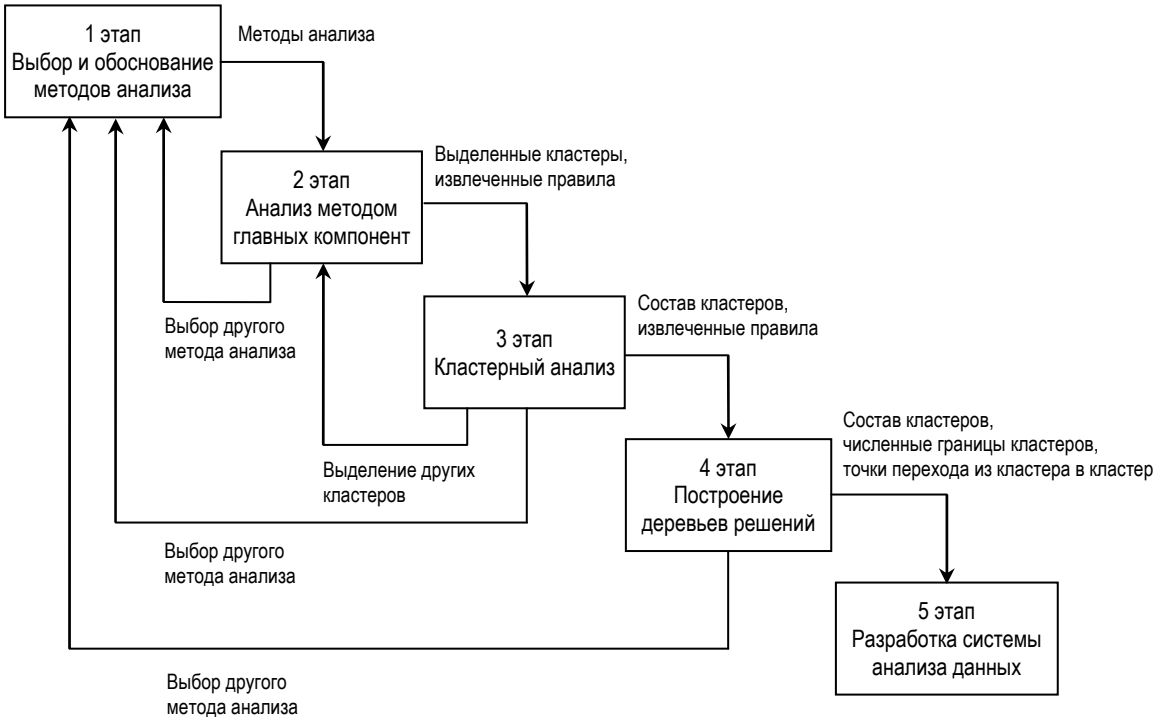


Рис. 2. Алгоритм этапов проектирования системы анализа данных

ИС могут решать интеллектуальные задачи, распознавать ситуации (образы), обучаться понятиям и навыкам, формировать модель обстановки (решаемой задачи), планировать поведение (принимать решение), определять управляющие воздействия и осуществлять их обработку. Возможности практической реализации ИС для решения различных задач зависят от производительности современных ЭВМ.

Для наглядности влияния параметров на работу двигателя использован метод *Data Mining*, который включает в себя всевозможные методы классификации, моделирования и прогнозирования.

Все методы *Data Mining* подразделяются на две большие группы по принципу работы с исходными обучающими данными. В этой классификации верхний уровень определяется на основании того, сохраняются ли данные после *Data Mining* либо они дистиллируются для последующего использования [6].

Так как в работе достаточно большое количество данных, то соответственно были выбраны методы компонентного и кластерного анализа.

2 этап. Анализ методом главных компонент

На этом этапе выполняется построение главных компонент. Для этого заданы переменные, которые должны участвовать в анализе. Сводка результатов анализа методом главных компонент представлена на рисунке 3.

Principal Components Analysis

Data variables:

Col_1
Col_2
Col_3
Col_4
Col_5
Col_6
Col_7
Col_8
Col_9
Col_10
Col_11
Col_12
Col_13
Col_14
Col_15
Col_16
Col_17
Col_18
Col_19
Col_20
Col_21
Col_22
Col_23
Col_24
Col_25
Col_26
Col_27
Col_28
Col_29
Col_30

Data input: observations
Number of complete cases: 20291
Missing value treatment: listwise
Standardized: yes

Number of components extracted: 3

Рис. 3. Сводка результатов анализа методом главных компонент

С помощью метода главных компонент видно, что при заданных переменных, которые участвуют в анализе, формируются главные компоненты (ГК). Далее представляется информация о собственных значениях главных компонент (*eigenvalue*), упорядоченных по величине; проценте дисперсии (*percent of variance*), приходящейся на каждую выделенную главную компоненту; накопленном проценте дисперсии (*cumulative percentage*).

Количество ГК зависит от накопленного процента дисперсии. Далее определяется зависимость признаков от ГК. С помощью расчета коэффициента информативности $К_и$ формируется набор влияния признаков для каждой ГК.

На рисунке 4 показан фрагмент двумерной диаграммы рассеивания, которая сформирована с помощью трех проведенных испытаний.

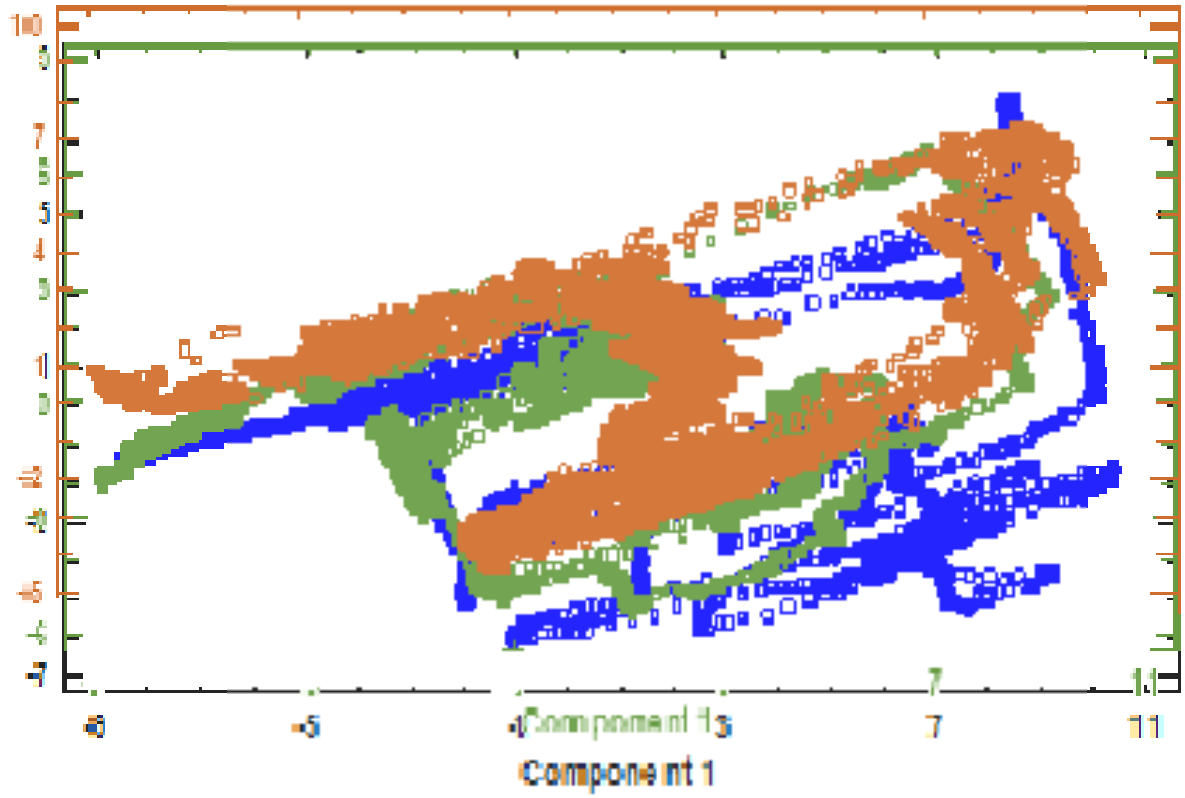


Рис. 4. Двумерная диаграмма рассеивания

3 этап. Кластерный анализ

Кластерный анализ – это метод классификационного анализа; его основное назначение – разбиение множества исследуемых объектов и признаков на однородные в некотором смысле группы, или кластеры. Это многомерный статистический метод, поэтому предполагается, что исходные данные могут быть значительного объема, т. е. существенно большим может быть как количество объектов исследования (наблюдений), так и признаков, характеризующих эти объекты [7, 8].

Проводится кластерный анализ методом Варда, метрикой *City-block*.

Фрагмент результатов кластеризации представлен на диаграмме рассеивания в пространстве признаков $J\_G_{т\_пр}$ и $G_{т\_пр}$ (рис. 5).

Диаграмма показывает, как группируются исследуемые наблюдения на плоскости двух переменных *J_G*т_пр и *G*т_пр. Каждый кластер обозначен на диаграмме собственным символом.

На основании выполнения компонентного и кластерного анализа строятся деревья решений.

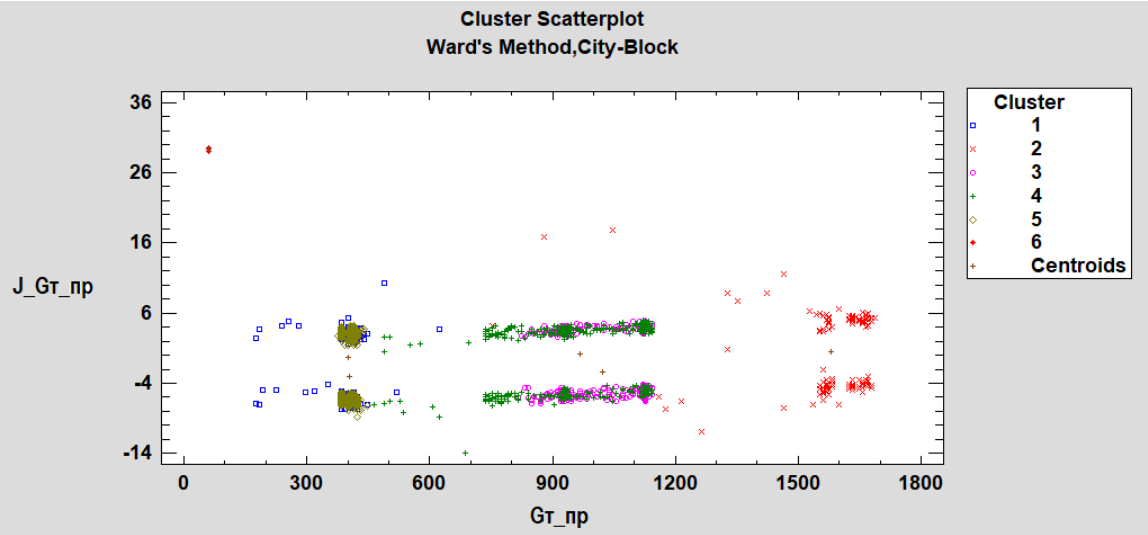


Рис. 5. Диаграмма рассеивания

4 этап. Построение деревьев решений

Результат построения дерева решений в виде структурированной записи представлен на рисунке 6.

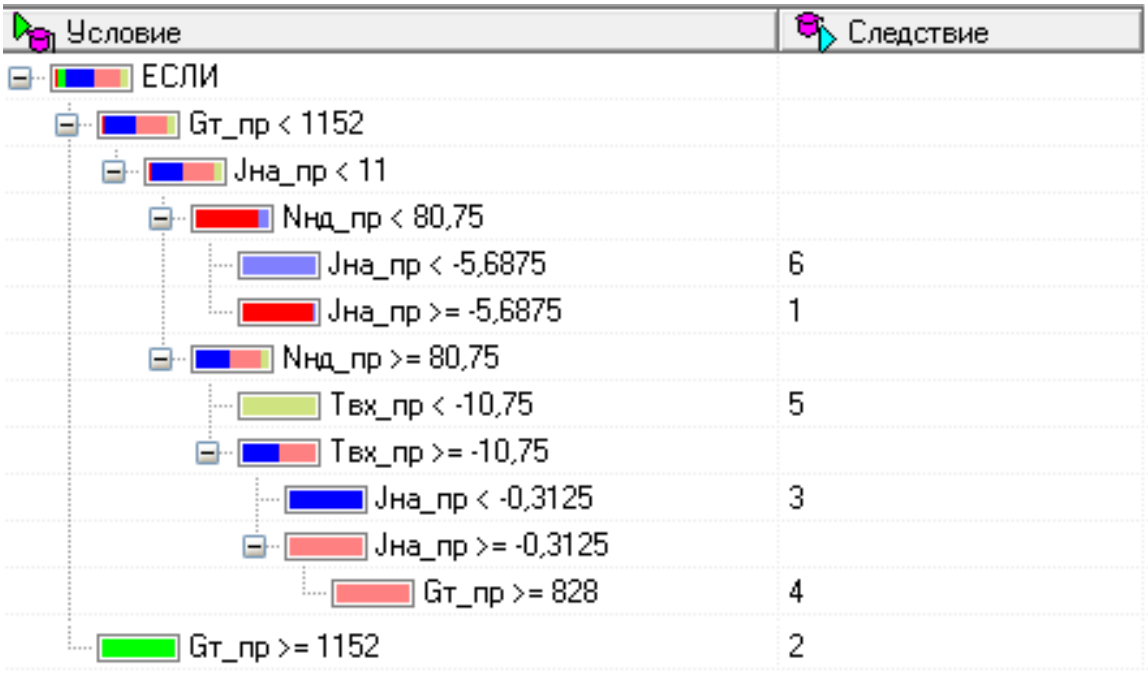


Рис. 6. Фрагмент дерева решений для ТРД

Построенное дерево решений состоит из *n* ветвей. Каждая ветвь ДР заканчивается с указанием номера класса, к которому она приводит.

Фрагмент извлеченных правил представлен на рисунке 7.

№	Номер правила	Условие			Следствие
		Показатель	Знак	Значение	9.0 Кластер
1	1	9.0 Gт_пр	<	1152	6
		9.0 Jна_пр	<	11	
		9.0 Nнд_пр	<	80,75	
		9.0 Jна_пр	<	-5,6875	
2	2	9.0 Gт_пр	<	1152	1
		9.0 Jна_пр	<	11	
		9.0 Nнд_пр	<	80,75	
		9.0 Jна_пр	>=	-5,6875	
3	3	9.0 Gт_пр	<	1152	5
		9.0 Jна_пр	<	11	
		9.0 Nнд_пр	>=	80,75	
		9.0 Tвх_пр	<	-10,75	
4	4	9.0 Gт_пр	<	1152	3
		9.0 Jна_пр	<	11	
		9.0 Nнд_пр	>=	80,75	
		9.0 Tвх_пр	>=	-10,75	
		9.0 Jна_пр	<	-0,3125	
5	5	9.0 Gт_пр	<	1152	4
		9.0 Jна_пр	<	11	
		9.0 Nнд_пр	>=	80,75	
		9.0 Tвх_пр	>=	-10,75	
		9.0 Jна_пр	>=	-0,3125	
		9.0 Gт_пр	>=	828	
6	6	9.0 Gт_пр	>=	1152	2

Рис. 7. Извлеченные правила классификации

Из рисунка 7 определяются числовые границы кластеров.

Далее на рисунке 8 представлена таблица, детализирующая результаты классификации.

По данным таблицы можно сделать выводы, что к первому кластеру классифицируются 1452 объекта, ко второму кластеру классифицируются 1974 объекта, к третьему кластеру классифицируются 4090 объектов и т. д.

5 этап. Разработка модели анализа данных

Для разработки модели анализа данных функционирования ТРД необходимо разработать базу знаний, которую будут составлять результаты компонентного, кластерного анализа и построения деревьев решений.

Структурная схема реализации системы анализа данных на основе базы данных и базы знаний представлена на рисунке 9.

	Классифицировано					
Фактически	1	2	3	4	5	Итого
1	2504					2504
2		6827				6827
3			3326			3326
4				1243		1243
5					2728	2728
Итого	2504	6827	3326	1243	2728	16628

Рис. 8. Таблица детализации результатов классификации

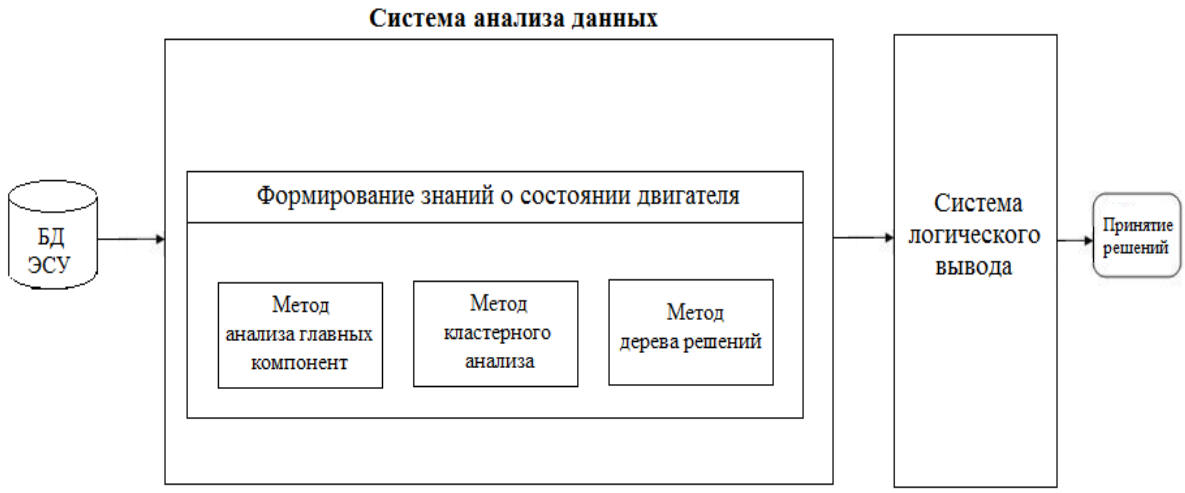


Рис. 9. Структурная схема реализации системы анализа данных

Исходная выборка данных, снятых с блока ЭСУ хранится в БД ЭСУ. Сформированные знания с помощью методов главных компонент, кластерного анализа и дерева решений переходят в систему логического вывода, которая выполняет логический вывод и формирует правила, по которым принимается решение о соответствии техническому заданию и САУ требуемым параметрам двигателя.

Таким образом, результаты проделанного анализа в дальнейшем помогут определить основные параметры, влияющие на вибрацию в блоке ЭСУ.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (Грант РФФИ №18-08-00702 А, Грант РФФИ № 18-08-01299 А).

Список литературы

1. Григорьев В.А., Гишварова А.С. Испытания авиационных двигателей: Учебник для вузов / Под общ. Ред. В.А. Григорьева и А.С. Гишварова. М.: Машиностроение, 2009. 504 с.
2. Гуревич О.С. Системы автоматического управления авиационными газотурбинными двигателями. М.: Торус Пресс, 2010. 264 с.
3. Климентовский Ю.А. Системы автоматического управления силовыми установками летательных аппаратов: Учебное пособие. Киев: Машиностроение, 2001. 400 с.
4. Макаров И.М., Лохин В.М., Манько С.В., Романов М.П. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления / Отв. ред. И.М. Макарова; Отделение информ. технологий и вычислит, систем РАН. М.: Наука, 2006. 333 с.
5. Шевяков А.А., Мартынова В.Ю., Рутковский В.Ю. Оптимизация многомерных систем управления газотурбинных двигателей летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1989. 256 с.
6. Ilyasov B.G., Saitova G.A. A systems approach to studying multi-connected automated control systems based on frequency methods // Automation and Remote Control. Vol. 3. Moscow: Russian Academy of Science, 2013. P. 456–470.
7. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000. 384 с.
8. Тихомирова О.Г. Управление проектом: комплексный подход и системный анализ: Монография. М.: НИЦ ИНФРА, 2013. 301 с.

УДК 004.042
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-217

Овсянникова Анна Константиновна[1],
ведущий инженер Лаборатории ПСПОД Центра НТИ, магистр;
Макаревич Никита Сергеевич[2],
техник Лаборатории ПСПОД Центра НТИ,
студент магистратуры, бакалавр

СИСТЕМА СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

[1, 2] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия,
[1] a.k.ovsyannikova@gmail.com, [2] nikita.makarevich@spbpu.com

Аннотация. Статья посвящена преимуществам использования систем автономного удалённого долговременного мониторинга различных газов для осуществления системного анализа данных. Рассмотрены области применения таких систем, требования к построению структуры, выбор технологии беспроводной передачи данных для обеспечения низкого энергопотребления.

Ключевые слова: непрерывный мониторинг, беспроводные датчики, концентрация газов, системный анализ данных.

Anna Ovsyannikova[1],
Lead Engineer the Laboratory of ISSDP of the SPbPU NTI Center,
Master Sc;
Nikita Makarevich[2],
Technician the Laboratory of ISSDP of the SPbPU NTI Center,
Graduate Student, BSc

DATA COLLECTION AND PROCESSING SYSTEM USING WIRELESS TECHNOLOGIES

[1, 2] Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia,
[1] a.k.ovsyannikova@gmail.com, [2] nikita.makarevich@spbpu.com

Abstract. The article is devoted to the advantages of using systems of autonomous remote long-term monitoring of various gases for the implementation of system data analysis. The areas of application of such systems, the requirements for the construction of the structure, the choice of wireless data transmission technology to ensure low power consumption are considered.

Keywords: continuous monitoring, wireless sensors, gas concentration, system data analysis.

Введение

Балансируя между стремлением оставаться конкурентоспособными и необходимостью соответствовать международным стандартам безопасности повсеместно разрабатываются и внедряются, цифровые технологии: интернет вещей, 3D-моделирование, моделирование и прогнозирование на основе анализа «больших данных», нейросети, облачные и туманные вычисления, машинное обучение, компьютерная имитация на основе цифровых двойников, интеллектуальные датчики, роботизация производства, аддитивные технологии. При этом в погоне за инновациями из виду упускается системный анализ огромных объемов информации – нынешние методы организации сбора данных не позволяют обеспечить сбор/обработку/отсев данных до того момента, как они станут неактуальными [1]. Одним из таких примеров в промышленном и энергетическом комплексах является сбор данных с газовых датчиков в труднодоступных, и опасных для человека, местах. Специалистам требуется в режиме реального времени получать информацию о составе газов в местах требующих непрерывного контроля. Оптимальным решением для данной задачи является создание и внедрение систем непрерывного мониторинга газовых сред.

Разработка системы сбора и обработки данных

1. Определение требований к системе

Выбор правильной технологии беспроводной связи является ключевым проектным решением, поскольку оно определит дальнейшие возможности совместимости и расстояние надежной передачи данных.

В нашем случае приоритетной задачей является обеспечение экономичности решения, а также увеличение времени автономной работы.

Таким образом, необходимо было разработать оптимальную архитектуру комплекса, включающего систему беспроводных датчиков, а также среду передачи и обработки информации.

Наша система беспроводных датчиков предназначена для долговременного автоматического мониторинга изменения концентрации газов. Система состоит из индивидуальных датчиков в месте сбора данных, и шлюза низкопотребляющей локальной беспроводной сети – Long Range Wireless Personal Area Networks (LRWPAN) [2].

Авторами сформированы ключевые требования к системе:

1. Автоматическая работа датчика. Требуется обеспечить достаточно длительное время автономной работы с постоянной периодической отправкой результатов измерений. Следовательно, необходимо использовать только малопотребляющие микросхемы датчиков и приемопередатчика LRWPAN.

2. Простота и экономическая эффективность датчика в установке и обслуживании. Авторами для решения этой проблемы в разрабатываемой системе используется датчик в виде единого устройства.

3. Необходимость сбора необработанных данных с датчиков. В данном режиме требуется увеличенная скорость передачи данных, но снижены требования по времени автономной работы. Также для настройки датчиков требуется функция конфигурации по воздуху.

2. Обоснование выбора стандарта беспроводной связи и частоты передачи сигнала

Для реализации системы датчиков с низким потреблением при постоянной периодической передаче данных с низкой интенсивностью используются специализированные стандарты беспроводной связи LRWPAN [3]. Они обеспечивают большую дальность передачи и высокую энергоэффективность (отношение переданного объема полезных данных к затраченной энергии) [4].

Ключевой характеристикой беспроводной сети является используемая частота. Для реализации системы выбрана частота 868 МГц, так как она обеспечивает более высокую пропускную способность, чем 433 МГц (это требуется для передачи необработанных данных). Также для этой частоты возможно использовать меньшие по размеру антенны, что важно для ограниченных габаритов датчиков.

Посредством LRWPAN-сети датчики объединены в беспроводную сеть передачи данных. Координатором сети выступает устройство шлюза. В данной системе узлы должны находиться в зоне действия шлюза, при этом наиболее важным показателем сети является энергопотребление конечных узлов. Для данной задачи целесообразно использовать топологию звезда.

Шлюз LRWPAN предназначен для сбора данных с газовых датчиков, передачи данных измерений в информационную систему и для управления беспроводной сетью датчиков. Передача данных в информационную систему выполняется либо посредством LAN (по Ethernet-сети), либо через сотовую сеть WWAN (3G).

3. Программное обеспечение системы сбора и обработки данных

Программное обеспечение шлюза выполняет следующие функции:

– сбор данных с датчиков по беспроводной сети LRWPAN в режимах передачи необработанных данных и в режиме передачи только первичных характеристик (результатов агрегации данных непосредственно на датчике);

– управление беспроводной сетью датчиков, обеспечение подключения новых датчиков, отслеживание их работы, передача конфигурационных сообщений, удаленное обновление программного обеспечения датчиков.

Модуль датчика имеет в составе SoC микросхему, которая обеспечивает передачу данных на шлюз по беспроводному LRWPAN-каналу, а также обработку и съем данных с чувствительного элемента. Обмен происходит по проприетарному протоколу TI 15.4 Stack. Выбор такой аппаратной платформы и протокола обусловлен тем, что устройство ориентировано на малое энергопотребление и продолжительную работу от аккумулятора. SoC микросхема отправляет необработанные данные в двоичном виде, то есть в виде массива байт, имеющего отдельные поля для разных значений. По запросу от SoC микросхемы с датчика считываются актуальные значения и передаются на шлюз.

Помимо данных датчик передаёт и принимает сервисные пакеты, необходимые для установления соединения и его поддержания.

Программа на шлюзе отслеживает подключенные к ней датчики, определяет новые подключения датчиков и заносит их в список устройств. Неактивные датчики, не отвечающие на сервисные сообщения, шлюз автоматически убирает из списка устройств.

Шлюз подключен к Интернету по кабелю Ethernet и отправляет (публикует) пакеты данных на удалённый mqtt-брокер. Обмен данными с сервером происходит по протоколу mqtt. Это открытый легковесный протокол, ориентированный на применение во встраиваемых системах, где есть ограничение на объём кода и пропускную способность сети. Протокол mqtt работает по принципу издатель-подписчик. Шлюз в данном случае является издателем, а подписчиком является пользователь персонального компьютера.

Помимо пакетов с данными шлюз публикует на mqtt-брокер вспомогательные сообщения. В них содержится информация о текущем со-

стоянии шлюз и о подключённых к ней датчиках. Эти сообщения публикуются в виде JSON-структур.

В момент подключения нового датчика шлюз публикует актуальный список подключённых к нему датчиков. Также он периодически публикует пакеты, отражающие его текущее состояние. В нём шлюз сообщает временную метку, свой идентификатор, время работы операционной системы, время работы процесса, количество датчиков, счётчик ошибок передачи данных, количество используемой RAM и список активных датчиков. Шлюз может отправлять в mqtt-брокер как сырые данные, так и предобработанные по алгоритму.

Таким образом, с одним сервером может одновременно связываться несколько шлюзов, к каждому из которых подключено несколько датчиков. При этом подписчику понятно, с какого именно датчика было получено каждое значение.

У пользователя есть возможность удалённо заменить прошивку на датчиках. Через графический интерфейс пользователь посылает команду обновления прошивки на сервер, в этой команде содержится имя файла необходимой прошивки. При этом файл с прошивкой должен находиться в файловой системе шлюза. Получив команду, шлюз проверяет версию прошивки на каждом из датчиков. В случае несовпадения текущей версии с необходимой, происходит обновление прошивки. Прошивка обновляется по беспроводному LRWPAN-каналу.

Для просмотра и анализа данных используется программа, написанная на языке Python, она кроссплатформенна и имеет графический пользовательский интерфейс. Она подключается к mqtt-серверу и подписывается на рассылку пакетов, приходящих от шлюза. Таким образом, можно удалённо просматривать состояние всех датчиков, причём можно делать это одновременно и независимо с нескольких персональных компьютеров.

Программа отображает в графическом интерфейсе состояние датчиков, а также выводит снятые данные в виде графика, что позволяет наблюдать за изменениями в режиме реального времени.

Заключение

Использование подобных систем существенно снижает временные затраты на сбор и обработку данных об изменении концентрации различных газов. Разработанная система позволит обеспечить долговременную работу датчиков и полную автоматизации процесса мониторинга. В данной статье описан процесс выбора технологии беспроводной связи, сформулированы требования к системе сбора и обработки данных и разработан комплекс решений, реализующих технологию.

Благодарности

Работа поддержана Проектом повышения конкурентоспособности 5-100 в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого «Разработка биофункциональных стеклообразных и композитных материалов для сенсоров носимой электроники».

Список литературы

1. Хилл С. (Hill Sidney) Беспроводные технологии в «цифровом» нефтегазовом промысле / Пер. В. Рентюка // ControlEngineering Россия. 2015. №4 (58). С. 58–62.

2. 802.15.4e-2012 − IEEE Standard for Local and metropolitan area networks — Part 15.4: Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs) Amendment 1: MAC sub-layer // IEEE Library, 2012. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/6185525 (дата обращения 25.05.2020).

3. Eskola M., Heikkilä T., Tukeva P. Deriving test procedures of Low-Rate Wireless Personal Area Networks // 2012 International Symposium on Performance Evaluation of Computer & Telecommunication Systems (SPECTS), 2012. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/6267023 (дата обращения 25.05.2020).

4. Shamanna P. Simple Link Budget Estimation and Performance Measurements of Microchip Sub-GHz Radio Modules // Microchip Technology Inc., 2013. URL: http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00001631A.pdf (дата обращения 25.05.2020).

УДК 656.13.658
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-218

Кирильчук Ираида Олеговна[1],
канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедры охраны труда и окружающей среды;
Иорданова Анастасия Владимировна[2],
аспирант кафедры охраны труда и окружающей среды

РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

[1, 2] Юго-Западный государственный университет, Курск, Россия,
[1] iraida585@mail.ru, [2] asy.gnezdilova@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены особенности разработки элементов информационно-аналитической системы управления охраной окружающей среды (ИАС УООС) на предприятиях нефтегазового комплекса (НГК). Для проведения первичного анализа и описания укрупненных процессов управления природоохранной деятельностью применяется подход, предложенный Дж. Захманом. Применение модели Захмана обеспечивает комплексную формализацию процессов охраны окружающей среды и описание их с помощью различных представлений. Разработанная авторами матрица модели Захмана может быть полезна для выявления

возможных ограничений при внедрении информационных систем управления. В рамках построения архитектуры системы управления ООС на примере деятельности отдела охраны окружающей среды ООО «Курскоблнефтепродукт» в нотации IDEF0 разработаны структурно-функциональные модели управления охраной среды в режимах «КАК ЕСТЬ» и «КАК ДОЛЖНО БЫТЬ», обеспечивающие наглядное представление и взаимосвязь осуществляемых процессов в области охраны окружающей среды и обеспечения рационального природопользования на текущем этапе и этапе совершенствования системы и позволяющие выделить основное направление совершенствования системы управления охраной окружающей среды, состоящее во внедрении в систему информационно-аналитической составляющей.

Ключевые слова: управление охраной окружающей среды, информационно-аналитические системы, предприятие НГК, системный анализ, структурно-функциональное моделирование, структурно-функциональная организация, модель Захмана.

Iraida O. Kirilchuk[1],
PhD. Techn. Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department
of labour protection and the environment;
Anastasia V. Iordanova[2],
Post-graduate Student
of the Department
of labor protection and environment

DEVELOPMENT OF ELEMENTS OF THE INFORMATION AND ANALYTICAL CONTROL SYSTEM OF ENVIRONMENTAL PROTECTION AT THE ENTERPRISES OF THE OIL AND GAS COMPLEX

[1, 2] "South-West State University", Kursk, Russia,
[1] iraida585@mail.ru, [2] asy.gnezdilova@yandex.ru

Abstract. The article presents the features of the development of elements of information and analytical management system for environmental protection at oil and gas enterprises. The approach proposed by J. Zahman is used for the primary analysis and description of integrated environmental management processes. The application of the Zachman model provides a comprehensive formalization of environmental protection processes and their description using various representations. The Zachman model matrix developed by the authors can be useful for identifying possible limitations when implementing information management systems. In building the architecture of the environmental management system on the example of the activities of the Department of environmental protection LLC "Kurskoblnefteproduct" in IDEF0 notation developed structurally functional model of management of protection of the environment in the mode of "AS IS" and "TO BE", providing visibility and interrelation of the processes implemented in the field of environmental protection and sustainable nature management at

the current stage and the stage of improving the system and allowing to identify the main direction of improvement of management system environmental protection, consisting in the introduction of an information and analytical component into the system.

Keywords: management of environmental protection, information and analytical systems, oil and gas organization, system analysis, structurally functional modeling, structurally functional organization, Zakhman's model.

Предприятия НГК являются сложными, территориально распределенными объектами, развитие которых происходит быстрыми темпами, а их производственно-хозяйственная деятельность характеризуется различными видами воздействия на окружающую среду: образованием отходов, сбросами сточных вод, выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Так предприятия нефтегазовой отрасли ежегодно нарушают до 15 тыс. га земель, выбрасывают в атмосферу более 2,5 млн т загрязненных веществ, сжигают на факелах около 6 млрд м3 попутных газов, забирают около 750 млн т пресной воды, оставляют неликвидированными сотни амбаров с буровым шламом. Кроме того, ежегодно на промысловых трубопроводах России происходит до 20 тыс. аварий [1]. Проблема загрязнения вызвана недостаточным уровнем экологичности технологических процессов, невысокой эффективностью природоохранных мероприятий, что обусловлено, в первую очередь, отсутствием комплексной системы управления охраной окружающей среды на объектах нефтегазовой промышленности.

Экологическими подразделениями объектов НГК постоянно решаются следующие прикладные задачи:

1) сбор данных о выбросах, сбросах загрязняющих веществ, объемах обращения с отходами;

2) ведение первичной учетной документации;

3) формирование комплекта отчетной документации (расчета платы за негативное воздействие на окружающую среду, госстатотчетности), а также документации, связанной с деятельностью контрагентов (вывоз отходов, прием сточных вод);

4) анализ контролируемых показателей на соответствие природоохранным нормативам;

5) подготовка и получение разрешительной природоохранной документации.

Непрерывное развитие НГК предъявляет все новые требования к обеспечению экологической безопасности и информационному сопровождению природоохранной деятельности этих объектов, а организация автоматизированного управления ООС позволит решить целый ряд возникающих в этой сфере проблем.

Необходимо отметить, что при функционировании объектов НГК информационно-аналитические системы управления различными процессами проектируются под существующую организацию предприятия, в связи с чем возникают определенные проблемы. Данилин А. и Слюсаренко А. (2005) выделяют следующие из них: неполное понимание целей бизнеса ИТ-специалистами, невысокая эффективность автоматизации в связи с тем, что информационные системы не успевает перестраиваться за динамичным развитием бизнеса [2]. Для решения указанных проблем необходимо увязывать внедряемые информационные системы с архитектурой предприятия.

М.В. Баюхин и К.К. Нечеухин (2012) предлагают комплексный методологический подход к построению информационных систем управления ООС, который включает следующий алгоритм действий [3]:

1) проведение первичного анализа и описание укрупненных процессов управления природоохранной деятельностью с использованием модели Захмана;

2) разработку структурно-функциональной организации системы управления ООС;

3) моделирование потоков экологических данных;

4) моделирование логической архитектуры хранилища данных;

5) проектирование и разработку комплекса технических и программных средств.

В рамках данной статьи остановимся на подробном рассмотрении первых двух этапов.

При разработке ИАС УООС на крупных предприятиях метод Захмана может быть использован для проведения первичного анализа и описания обобщенных процессов управления природоохранной деятельностью. В этом случае применение модели Захмана обеспечивает комплексную формализацию процессов ООС и описание их с помощью различных представлений.

Рассмотрим построение модели Захмана при разработке ИАС УООС для предприятия НГК.

Более подробно остановимся на заполнении первой строки таблицы Захмана (табл. 1), соответствующей стратегическому уровню управления предприятием, где отображается видение руководителя службы предприятия НГК, отвечающей за охрану окружающей среды и рациональное природопользование. В столбце «Данные» приводят ключевые для рассматриваемого процесса охраны окружающей среды на предприятии НГК понятия, например, «политика компании в области охраны окружающей среды». В столбце «Функции» приведен укрупненный список

основных процессов в рассматриваемой сфере, таких как, идентификация экологических аспектов деятельности, планирование и реализация мер по снижению экологических рисков, производственный экологический контроль, мониторинг состояния окружающей среды, разработка природоохранной документации и др. Столбец «Дислокация» содержит сведения о территориальном расположении отделов предприятия НГК, в функциональные обязанности которых входит решение задач в сфере охраны окружающей среды. В столбец «Люди» заносят список подразделений и важных для достижения целей охраны окружающей среды сотрудников. В столбеце «Время» указывают периодичность производственного экологического контроля, даты сдачи экологической отчетности. Столбец «Мотивация» содержит описание миссии предприятия, в данном случае – принятие оперативных экологоориентированных решений, предупреждение негативного воздействия на окружающую среду.

На втором уровне модели представлена позиция высшего руководства предприятия относительно разрабатываемой системы, в третьей – отражены аспекты ИАС с точки зрения архитектора системы, в четвертой строке описано видение проектировщика рассматриваемой ИАС УООС, в пятой строке модели отражен уровень реализации системы с точки зрения ИТ-специалистов, привлекаемых для разработки, в шестую строку включены данные, обрабатываемые работающей системой, сетевое взаимодействие устройств, пользователей информационно-аналитической системы [4].

Общий вид модели Захмана, иллюстрирующий архитектуру предприятия при разработке ИАС УООС, спроектированный для природоохранной организации представлен в [5]. Логическое разбиение архитектуры предприятий НГК при осуществлении ими природоохранной деятельности свидетельствует о возможности использования данной матрицы и при разработке информационно-аналитической системы управления охраной окружающей среды на рассматриваемых предприятиях. Модель архитектуры предприятия по Захману при разработке ИАС УООС представлена на рисунке 1 [5].

Таким образом, построение модели Захмана представляет возможности для выявления потенциальных ограничений при внедрении на предприятии НГК информационно-аналитических систем управления охраной окружающей среды.

Следующим этапом разработки рассматриваемой информационно-аналитической системы является построение структурно-функциональной модели, предназначенной для обеспечения наглядности управления за счет рассмотрения всей цепи взаимосвязанных процессов.

		Данные ЧТО	Функции КАК	Дислокация, сеть ГДЕ	Люди КТО	Время КОГДА	Мотивация ПОЧЕМУ
Бизнес-руководители	Руководитель службы ООС	Процессы деятельности по обеспечению ООС	Снижение экологических рисков, ПЭК, мониторинг состояния ОС, разработка природоохранной документации и отчетности	Территориальное расположение отделов службы ООС	Организационная структура службы ООС	Периодичность ПЭК и мониторинга, даты сдачи экологической отчетности	Предупреждение негативного воздействия на ОС
	Владелец, инвестор	Направления деятельности предприятия	Модель бизнес-процессов (IDEF0)	Логистика	Организационная структура предприятия (Organization Chart)	Календарный план реализации бизнес-задач	Бизнес-план
ИТ-специалисты	Архитектор структуры ИАС УООС	Логическая модель данных	Прикладная архитектура	Модель распределенной архитектуры	Архитектура интерфейсов пользователей, структура диалогов	Структура процессов	Модель бизнес-правил
	Проектировщик ИАС УООС	Физическая модель данных в среде СУБД	Системный проект	Технологическая архитектура	Формы ввода и вывода информации	Временной регламент процесса	Описание бизнес-правил
	Разработчик ИАС УООС	Описание модели на языке управления данными	Программный код	Протоколы и каналы связи	Права доступа пользователей ИАС УООС	Время выполнения операций	Реализация бизнес-логики
	Сотрудник службы ООС, пользователь ИАС УООС	Должностные инструкции, список сервисов ИАС	Модель бизнес-процессов, в которых участвует сотрудник; инструкции пользователей	Рабочее место, правила использования персонального компьютера	Полномочия	Индивидуальный план, время предоставления сервисов ИАС	Личная стратегия развития, должностные инструкции

Рис. 1. Модель архитектуры предприятия по Захману при разработке ИАС УООС

Для построения данного типа моделей используются CASE-средства структурного анализа бизнес-процессов, среди которых наиболее распространенным является методология IDEF0 [6].

На территории Курска располагается один из объектов нефтегазового комплекса – ООО «Курскоблнефтепродукт», производственные задачи которого заключаются в изготовлении фирменного топлива, приемке, хранении и транспортировке нефтепродуктов (бензина, дизельного топлива) на автозаправочные станции.

Для отображения деятельности отдела ООС ООО «Курскоблнефтепродукт», в состав которого входят три действующие нефтебазы и сеть

АЗК, было выполнено построение диаграмм IDEF0 “AS-IS” («КАК ЕСТЬ»). При этом в общем виде деятельность отдела ООС представлена на рисунке 2.

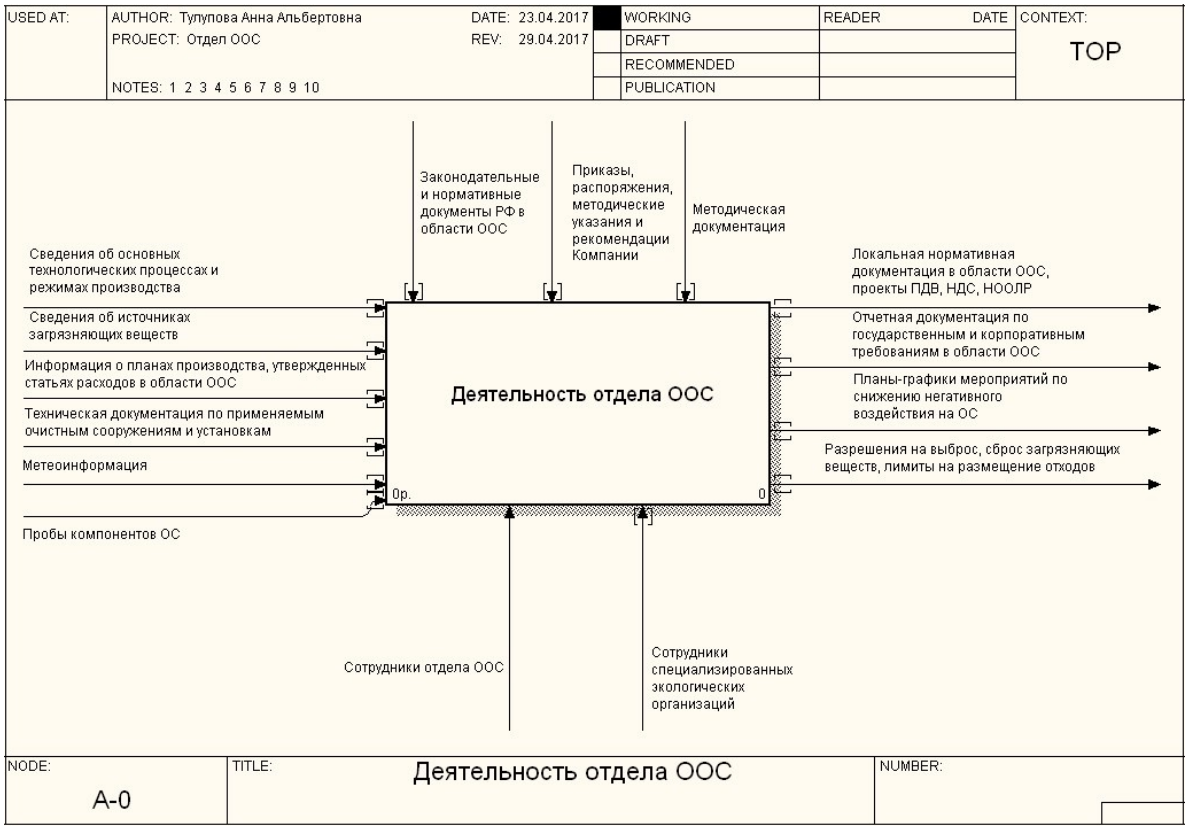


Рис. 2. Деятельность отдела ООС в общем виде

Далее производим декомпозицию представленной диаграммы с учетом функций, выполняемых отделом ООС (рис. 3).

Дальнейшая декомпозиция одного из основных бизнес-процессов «Контроль за соблюдением установленных нормативов в области ООС» представляет собой комбинацию трех бизнес-процессов (ПЭК состояния природной среды, производственного контроля (ПК) в области обращения с отходами, ПК за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических мероприятий) следующего уровня (рис. 4).

Одним из инструментов, обеспечивающих экологическую безопасность промышленных объектов, а также важной, неотъемлемой частью системы управления ООС является производственный экологический мониторинг и контроль. В связи с этим, рассмотрим процесс «ПЭК состояния природной среды (атмосферного воздуха, почв, подземных вод)» более подробно. В режиме “AS-IS” ПЭК выглядит следующим образом (рис. 5).

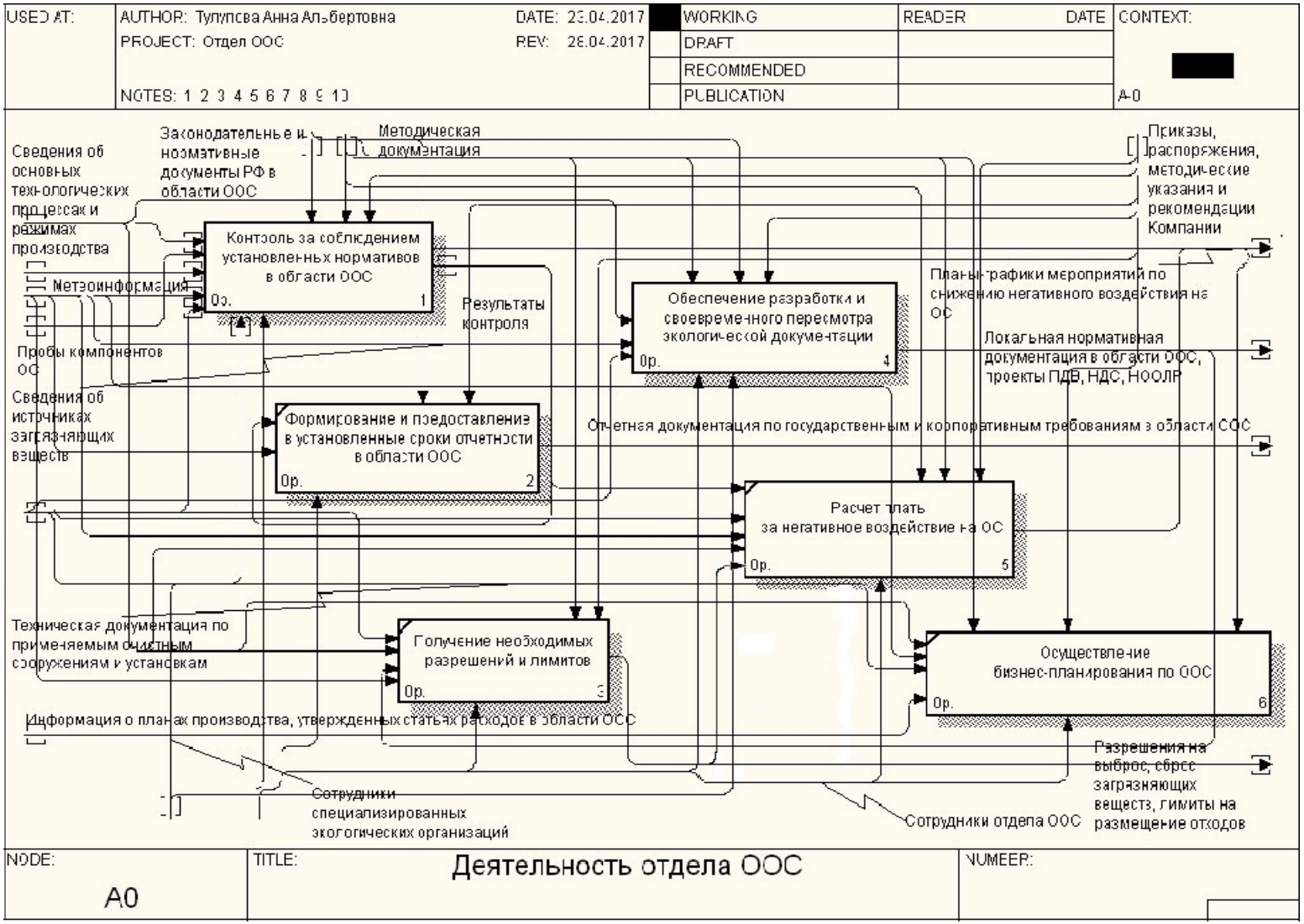


Рис. 3. Декомпозиция диаграммы “AS-IS”

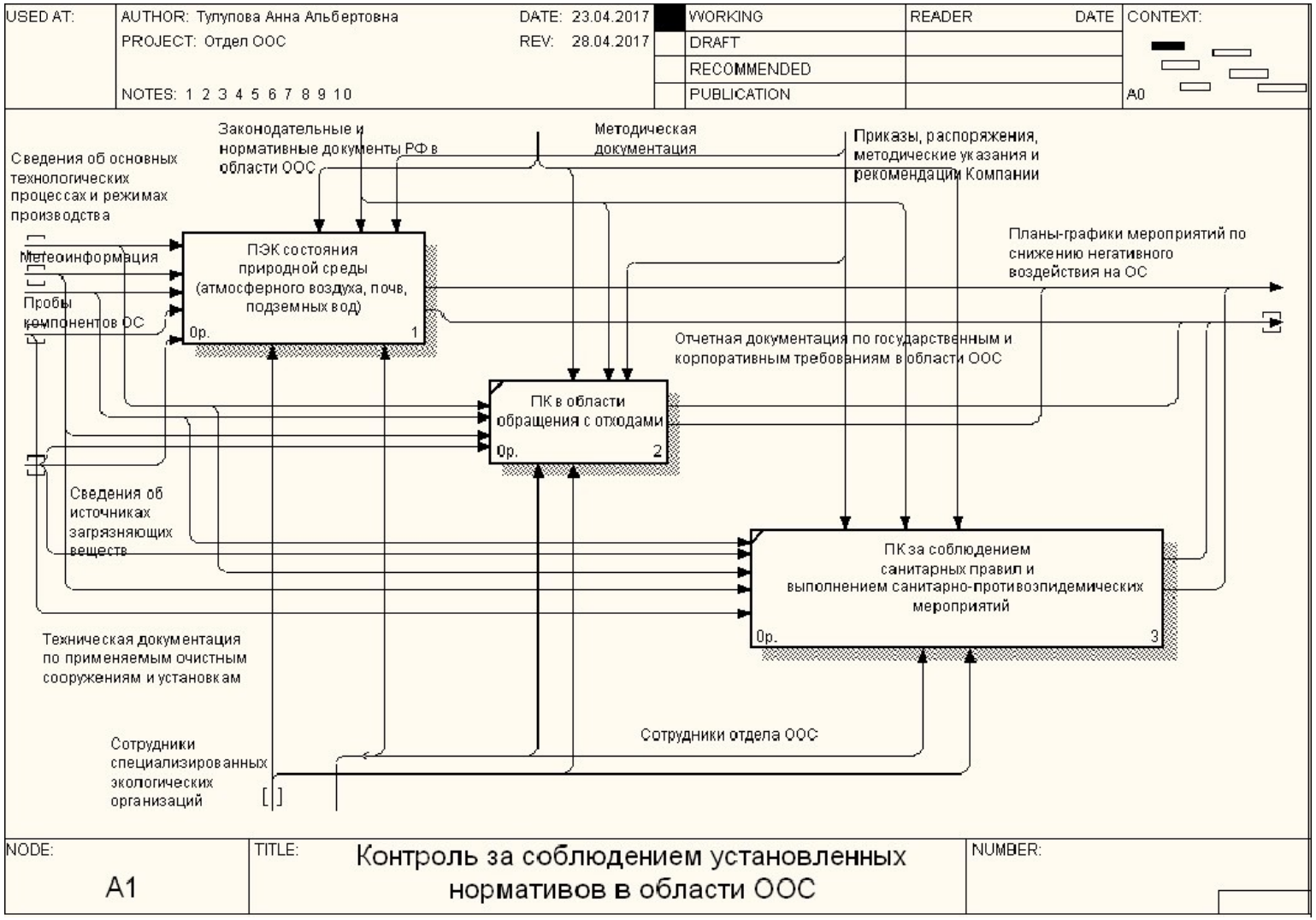


Рис. 4. Декомпозиция процесса «Контроль за соблюдением установленных нормативов в области ООС»

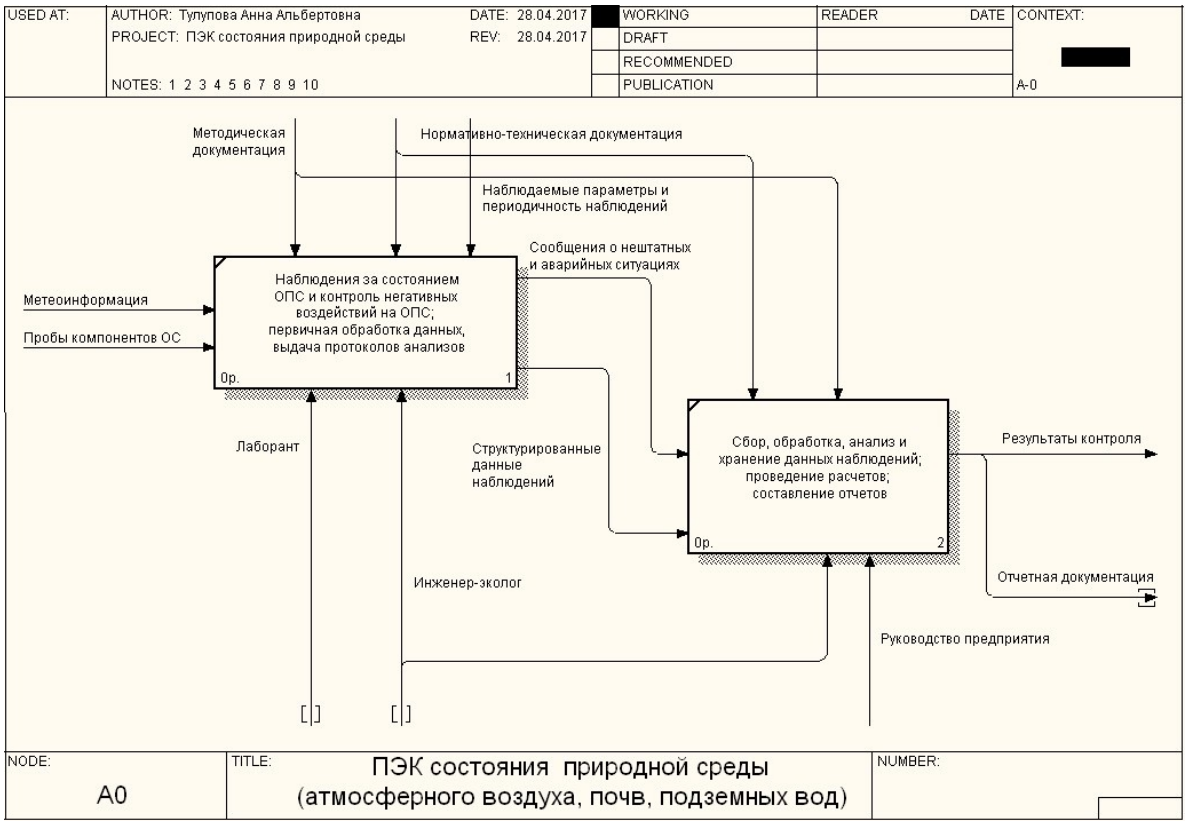


Рис. 5. Декомпозиция процесса «ПЭК состояния природной среды»

Таким образом, на данном этапе ПЭК представляет собой нерегулярный процесс (осуществляемый с периодичностью, необходимой для подготовки отчетной документации), ограниченный как территориальной разрозненностью и многочисленностью объектов контроля, так и отсутствием возможности самостоятельного осуществления данного вида деятельности без привлечения специализированных организаций.Сложившаяся на предприятии ситуация создает предпосылки для совершенствования процесса осуществления ПЭК путем разработки автоматизированной системы ПЭМ, представляющей собой информационно-измерительную систему регулярных наблюдений, оценки и прогноза состояния окружающей среды в зоне воздействия на нее эксплуатируемых объектов.

По функциональному признаку можно провести декомпозицию системы ПЭМ на 2 подсистемы: информационно-измерительную сеть (ИИС) и информационно-управляющую подсистему (ИУП), в результате чего получается диаграмма IDEF0 в режиме “TO-BE” (рис. 6).

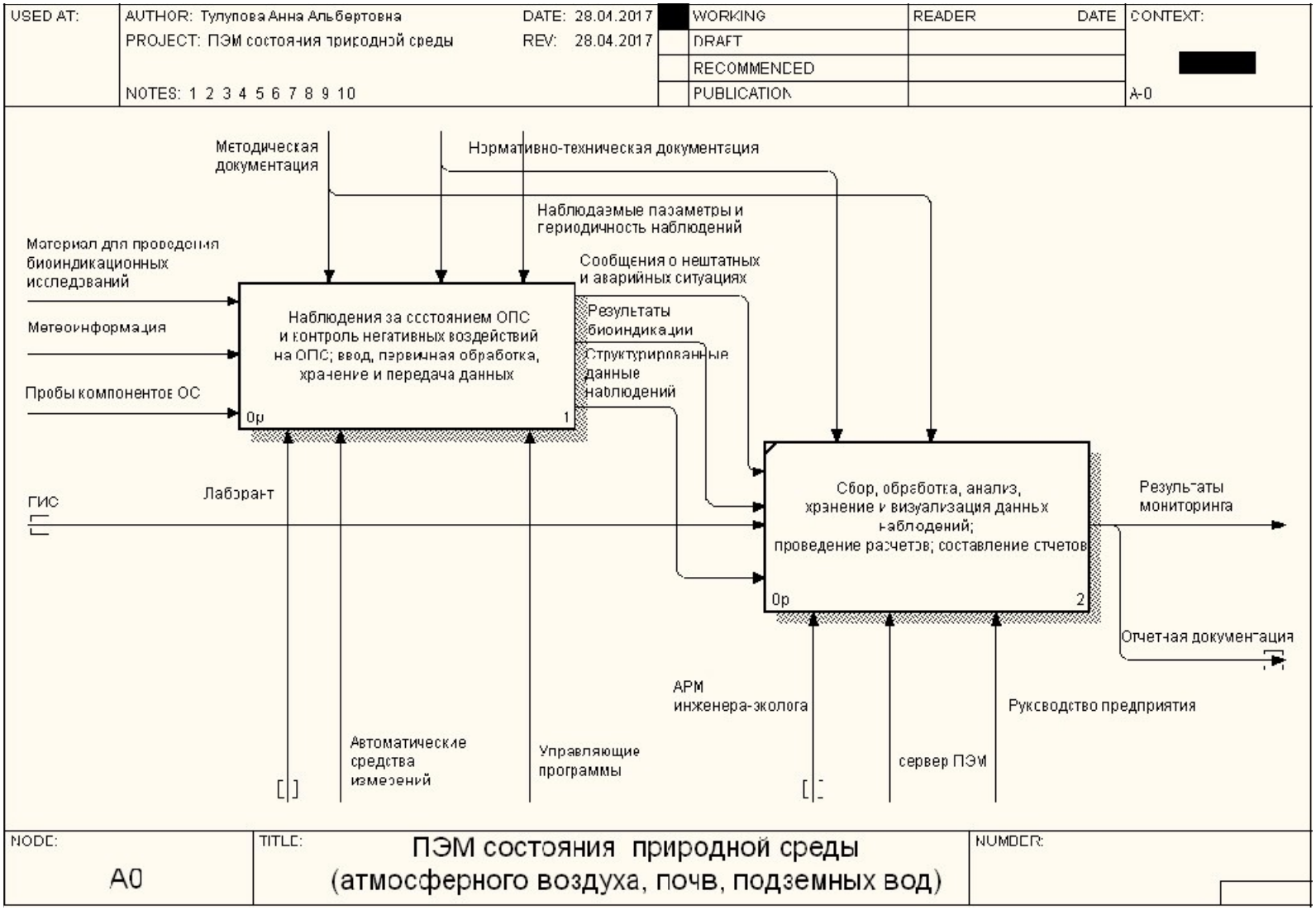


Рис. 6. Декомпозиция функциональной модели системы ПЭМ

Далее, для более детального рассмотрения процессов, происходящих в ИИС, можно провести декомпозицию первого блока и получить диаграмму функциональной модели ИИС в нотации IDEF0 (рис. 7).

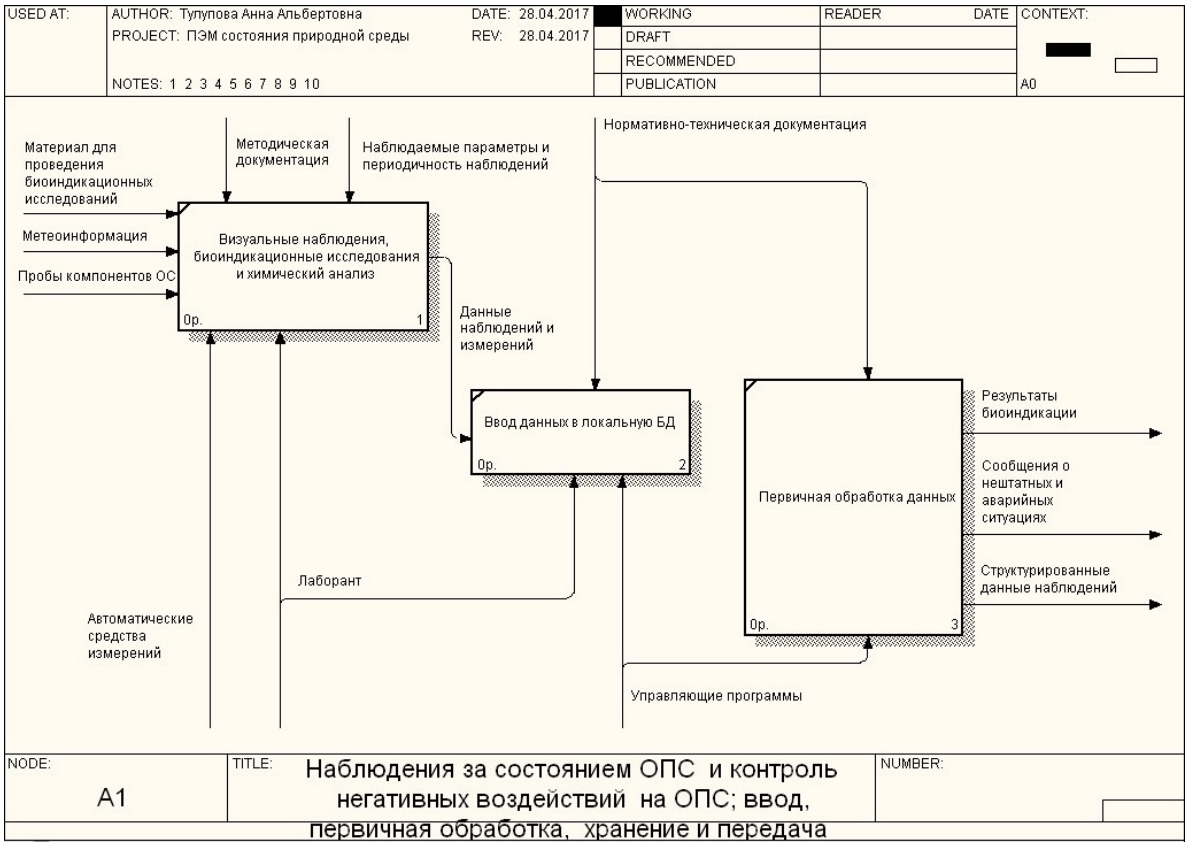


Рис. 7. Диаграмма функциональной модели ИИС

В ИИС проводятся наблюдения, осуществляются ввод информации в локальную базу данных (БД) и ее хранение в БД. Также здесь проводится первичная обработка данных управляющими программами на предмет превышения ПДК загрязняющих веществ в атмосфере, почвах, поверхностных водах и наличия экстремально высоких концентраций.

Данная функция позволяет оперативно реагировать на изменяющуюся ситуацию и принимать обоснованные решения по предотвращению аварийных ситуаций. В случае превышения ПДК и наличия экстремально высоких концентраций, выводятся сообщения о нештатных и аварийных ситуациях, информация поступает из ИИС в ИУП. Также из измерительной сети в информационно-управляющую подсистему поступают структурированные данные наблюдений для последующего анализа. На основании проведенных анализов данных и расчетов составляется отчетная документация.

Таким образом, проведенные исследования позволили выявить проблемные области при осуществлении природоохранной деятельности на предприятиях НГК, одной из которых является высокая трудоемкость процессов сбора и обработки данных в зависимости от территориальной распределенности и организационной структуры компании, вследствие чего установлено, что для повышения эффективности управления охраной среды необходимо внедрение современных информационных технологий.

Благодарности

Работа выполнена в рамках Гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых МК–941.2019.5.

Список литературы

1. Кирильчук И.О., Тулупова А.А. Выявление и оценка значимости экологических аспектов производственной деятельности объектов нефтегазового комплекса // Сб. ст. IX Междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы экологии и охраны труда». Курск, 2017. С. 131–137.

2. Данилин А., Слюсаренко А. Архитектура и стратегия. «Инь» и «Янь» информационных технологий предприятия. М.: Интернет-Университет Информационных технологий, 2005. 504 с.

3. Баюкин М.В. Методологические подходы к разработке автоматизированных информационно-аналитических систем управления охраной окружающей среды для объектов переработки, хранения и сбыта нефтехимической продукции // АГЗК+АТ. 2012. № 8 (68). С. 8–15.

4. Кирильчук И.О. Информационно-аналитическое сопровождение природоохранной деятельности: монография. Курск: ЗАО «Университетская книга», 2017. 242 с.

5. Кирильчук И.О., Юшин В.В. Построение структурно-функциональной модели природоохранной организации // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2017. Т. 7. № 3 (24). С. 82–92.

6. Кирильчук И.О., Попов В.М., Юшин В.В. Основные подходы к разработке и построению автоматизированных информационно-аналитических систем управления отходами // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2016. №1 (18). С. 85–90.

УДК 004.9
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-219

Гроздова Анастасия Васильевна[1],
студентка 2 курса магистратуры;
Широкова Светлана Владимировна[2],
канд. техн. наук, доцент

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПОДСИСТЕМЫ УЧЕТА ДВИЖЕНИЯ ТОВАРНО-МАТЕРИАЛЬНЫХ ЦЕННОСТЕЙ ДЛЯ СТРОЯЩИХСЯ УСТАНОВОК НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

[1] ООО «Наука, технологии, информатика, контроль»,
Санкт-Петербург, Россия,
nastyagrozdova@mail.ru
[2] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия,
swchirokov@mail.ru

Аннотация. В данной статье представлено описание предложений по разработке автоматизированной подсистемы учета движения товарно-материальных ценностей для строящихся установок нефтеперерабатывающего предприятия.

Ключевые слова: товарно-материальные ценности, товарный запас, информационная система, ИС, разработка программного обеспечения, проектирование информационных систем, программирование.

Anastasia V. Grozdova[1],
2 Year Master's Student;
Svetlana V. Shirokova[2],
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

DEVELOPMENT OF AUTOMATED SUBSYSTEM FOR REGISTRATION OF GOODS AND MATERIAL ASSETS FOR STANDING UNITS OF OIL REFINERY

[1] LLC "Science, Technology, Informatics, Control",
St. Petersburg, Russia,
nastyagrozdova@mail.ru
[2] Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia,
swchirokov@mail.ru

Abstract. This article describes proposals for the development of an automated subsystem for recording the movement of goods and material values for oil refinery units under construction.

Keywords: commodity-material values, inventory, information system, IS, software development, information systems design, programming.

Учет товарно-материальных ценностей в ООО «КИНЕФ» ведется с использованием автоматизированной системы управлением материально-техническим обеспечением (АСУ МТО), связанной с автоматизированными подсистемами бухгалтерии и финансового отдела и входящей в состав единой системы управления предприятием. Данная система позволяет формировать приходные и расходные документы, а также отслеживать состояние остатков на складах. Однако, вследствие специфичности учета ТМЦ, поступающих для строительства такого крупного комплекса, как завод глубокой переработки нефти, АСУ МТО требует в этой части особого подхода.

В последнее время ООО «КИНЕФ» были проведены работы по внедрению технологии штрих-кодовой маркировки товарно-материальных ценностей, поступающих для новых установок. В состав программно-аппаратного комплекса «Штрих-код МАРКЕР» входит АРМ «Штрих-код», содержащий необходимую первичную информацию о поставке. Однако отсутствие связи данного программного обеспечения с единым информационным пространством ООО «КИНЕФ» не позволяет использовать эту информацию в полном объеме.

Таким образом, назрела необходимость создания на базе эксплуатируемого обособленно друг от друга программного обеспечения единого программного комплекса – автоматизированной подсистемы учета движения товарно-материальных ценностей для новых установок переработки нефти [1, 2].

Назначением работ являлось создание автоматизированной подсистемы учета движения товарно-материальных ценностей для новых установок с целью обеспечения оперативности предоставления информации о поступающем для завода глубокой переработки нефти оборудования и материалов, а также минимизации времени на формирование приходных и расходных документов [3].

При проектировании системы была учтена необходимость разработки следующих функций:

- Контроль сроков постановки на учет поступающих товарно-материальных ценностей. Необходимо было обеспечить взаимосвязь между первичной информацией о поставленных ТМЦ, получаемой из упаковочных листов, и оприходованной номенклатурой, что даст возможность получать информацию об изделии на всех стадиях его нахождения на складе [4]. При этом следовало по возможности максимально исполь-

зовать автоматизированные способы установления таких связей. Регистрация в системе на этой основе дат поступления товарно-материальных ценностей на склады базы оборудования, прохождения ими входного контроля и оформления приходных ордеров, автоматическое сравнение их с соответствующими сроками, оговоренными в регламенте, позволит получать руководителями служб и специалистами информацию о задержках постановки на бухгалтерский учет поступивших на склады товарно-материальных ценностей. А это в свою очередь даст возможность оперативно влиять на сложившуюся ситуацию.

- Минимизация времени, затрачиваемого специалистами отделов материально-технического обеспечения и комплектации оборудования при оформлении прихода материальных ценностей [5]. Реализации в разрабатываемой подсистеме функций занесения информации в приходный ордер на основе данных инвойсов, предоставленных в электронном виде, либо полученных путем сканирования бумажных носителей, позволит существенно сократить время, затрачиваемое на ввод данных в систему
- Автоматизация труда персонала складов базы оборудования при оформлении прихода и расхода материальных ценностей. Обеспечение взаимодействия подсистемы учета движения товарно-материальных ценностей для новых установок с программно-аппаратным комплексом «Штрих-код МАРКЕР» позволит реализовать механизм автоматического формирования в разрабатываемой подсистеме расходных документов по данным, введенным кладовщиком в терминале сбора данных.
- Формирование достоверной информации о местонахождении материальных ценностей, хранящихся на складах базы оборудования. Необходимо определить в системе учетные места хранения ТМЦ на складах и открытых площадках базы оборудования и реализовать механизм привязки к ним единиц хранения [6]. Это позволит с одной стороны определять средствами автоматизированной системы местонахождение на территории базы оборудования той или иной номенклатуры, что существенно ускорит процесс отпуска товарно-материальных ценностей со складов, а с другой – оперативно отслеживать загруженность складских площадей.

В качестве сервера системы управления баз данных (СУБД) использовался InformixDynamicServer (версии 9 и выше). Для передачи данных использовался сетевой протокол TCP/IP.

Список литературы

1. Ильин И.В., Широкова С.В., Дробышевский К.С. Электронный бизнес. Электронная коммерция: Учебное пособие. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2017.

2. Ильин И.В., Широкова С.В., Эссер М. Управление проектами. Основы теории, методы, управление проектами в области информационных технологий: Учебное пособие. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2012. 310 с.

3. Ефремов А.А., Логинова А.В., Микеладзе Б.Д., Широкова С.В. Модели и технологии для поддержки принятия решений при проектировании информационно-управляющих комплексов // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург. 2017. Т. 2. С. 510–513.

4. Беркун С. Сделано: Проектный менеджмент на практике / Пер. с англ. М. Чомахидзе-Дорониной; под ред. Н. Довнар. М.: Издательство: Манн, Иванов и Фербер, 2019. 5603 с.

5. Богданов В. Управление проектами. Корпоративная система – шаг за шагом. М.: МИФ, 2012. 241 с.

6. Елиферов В.Г., Репин В.В. Бизнес-процессы: Регламентация и управление. Серия учебников для программы MBA. М.: ИНФРА–М, 2006. 319 с.

УДК 004
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-220

Петрова Айгуль Камиловна,
ст. преподаватель

ПРИМЕНЕНИЕ ЭВОЛЮЦИОННЫХ МЕТОДОВ В ЗАДАЧАХ ОПТИМИЗАЦИИ УЧЕТА РАСХОДА ГАЗА

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ», Санкт-Петербург, Россия,
ak72p@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены подходы к оценке эффективности проектов автоматизации, предложены методы генетических алгоритмов для обучения нейронных сетей при многокритериальной оптимизации характеристик ресурсов, рассмотрены основные этапы применения этого подхода для оценки эффективности и соответствия проектов автоматизации требуемым условиям.

Ключевые слова: эффективность, автоматизация проектов, распределение газа, характеристики ресурсов, нейросетевые подходы, методы генетических алгоритмов, многокритериальная оптимизация.

Ajgul' K. Petrova,
Senior Lecturer

APPLICATION OF EVOLUTIONARY METHODS IN THE GAS EXPENDITURE ACCOUNTING OPTIMIZATION TASKS

St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI",
St. Petersburg, Russia, ak72p@yandex.ru

Abstract. The article presents approaches to evaluating the effectiveness of automation projects, suggests methods of genetic algorithms for training neural networks with multi-criteria optimization of resource characteristics, considers the main stages of

applying this approach to assess the effectiveness and compliance of automation projects with the required conditions.

Keywords: efficiency, project automation, gas distribution, resource characteristics, neural network approaches, genetic algorithms methods, multicriteria optimization.

Обеспечение энергией – основа устойчивого развития экономики в России. При этом, несмотря на значительные достижения, на современном этапе развития газовой отрасли Российской Федерации сохраняются такие особенности, как высокие затраты на обслуживание и поддержание в рабочем состоянии технологий и оборудования; разбаланс природного газа в системе как внутреннего, так и внешнего газораспределения [1]; недостаточный рост производительности труда, усиливающийся удаленностью центров потребления топлива от источников, протяженностью транспортно-энергетических коммуникаций, дефицитом инвестиционных ресурсов [2].

Оценка результатов внедрения проектов автоматизации газовой отрасли показывает, что значительное число предприятий встречается с барьерами, связанными с одновременным воздействием многочисленных характеристик финансового, материально-технического и информационного обеспечения, а также качественными характеристиками человеческого ресурса: уровнем компетентности, вовлеченности в процессы преобразований, ответственности за безопасность [3 – 11].

Таким образом, целесообразно в составе АСУ предприятий газовой отрасли разрабатывать новые методы поддержки принятия решений по оценки соответствия и выбору оптимального АСУТП, позволяющие учитывать максимальное число значимых характеристик ресурсов, в условиях высокой степени неопределенности воздействия множества факторов.

Поскольку при этом значительно возрастает сложность вычислительного алгоритма и, соответственно, время вычислений, в последние десятилетия вырос интерес к использованию нейросетевых методов обработки информации. Для данной задачи при помощи нейронных сетей может быть решена задача классификации [12], то есть оценка соответствия производственным условиям существующей или планируемой к реализации АСУТП газотранспортной системы.

Модель оценки можно представить в следующем виде

$$K = F(\text{РС}, \text{ВС}, \text{О}, \text{И}, \Ф, \text{МТ}),$$

где K – выходной параметр модели (степень соответствия АСУТП требованиям) или предлагаемое решение по выбору АСУ ТП при заданных входных факторах;

РС, ВС, О, И, Ф, МТ – характеристики рабочей среды, внешней среды, организационного, информационного, финансового, и материально-

технического ресурсов соответственно. Эти характеристики представляют собой 6 входных факторов или классов, с определенным количеством подклассов в каждом, т. е. решается задача нахождения экстремума функции многих переменных.

Следующим шагом в применении нейросетевого подхода для оценки или выбора АСУ ТП, необходимо осуществить обучение нейронной сети, которое заключается в настройке весов входных параметров [12, 13]. Наиболее широко известным являются многослойный персептрон и метод обратного распространения ошибки. Однако, для задач оптимизации с большим количеством входных параметров отсутствия на начальной стадии информации о направлении движения, эти методы могут потребовать большой длительности вычислительного процесса, также существует возможность нахождения локального, а не глобального экстремума. В настоящее время для решения такого рода задач рассматривается способ настройки весовых коэффициентов искусственных нейронных сетей, с помощью генетических алгоритмов (ГА) [14, 15].

В поставленной задаче вектор X входных параметров имеет размерность, соответствующую числу характеристик ресурсов технологического процесса учета расхода газа. Выходной вектор Y соответствует числу возможных решений по оценке и выбору АСУ, в данном случае находится в диапазоне от 0 до 1, где 0 означает «АСУ не соответствует данной конфигурации входных факторов», 1 означает «АСУ соответствует для данной конфигурации входных факторов».

Необходимо найти весовую матрицу W, элементами которой являются вещественные числа в отрезке [0; 1], чтобы выполнялось равенство:

$$X * W = Y .$$

Требуется осуществить настройку весовой матрицы W, и в данной статье предлагается сделать это с помощью генетического алгоритма. Таким образом, фитнес-функция, или функция приспособленности, для ГА в решаемой задаче – минимизация отклонения весов i-го выхода j-го примера обучения нейронной сети от набора весов, реализующего оптимальное значение выходной функции (соответствия АСУТП) характеристикам ресурсов для данных i и j.

Все веса в сети объединены в одну строку, которая затем используется в ГА в качестве члена популяции [16]. Каждая строка представляет вес всей сети. Значение хромосомы, полученной из нейронной сети на рисунке 1, выглядит как

$$w_1\ w_2\ w_3\ w_4\ \ldots w_{21} .$$

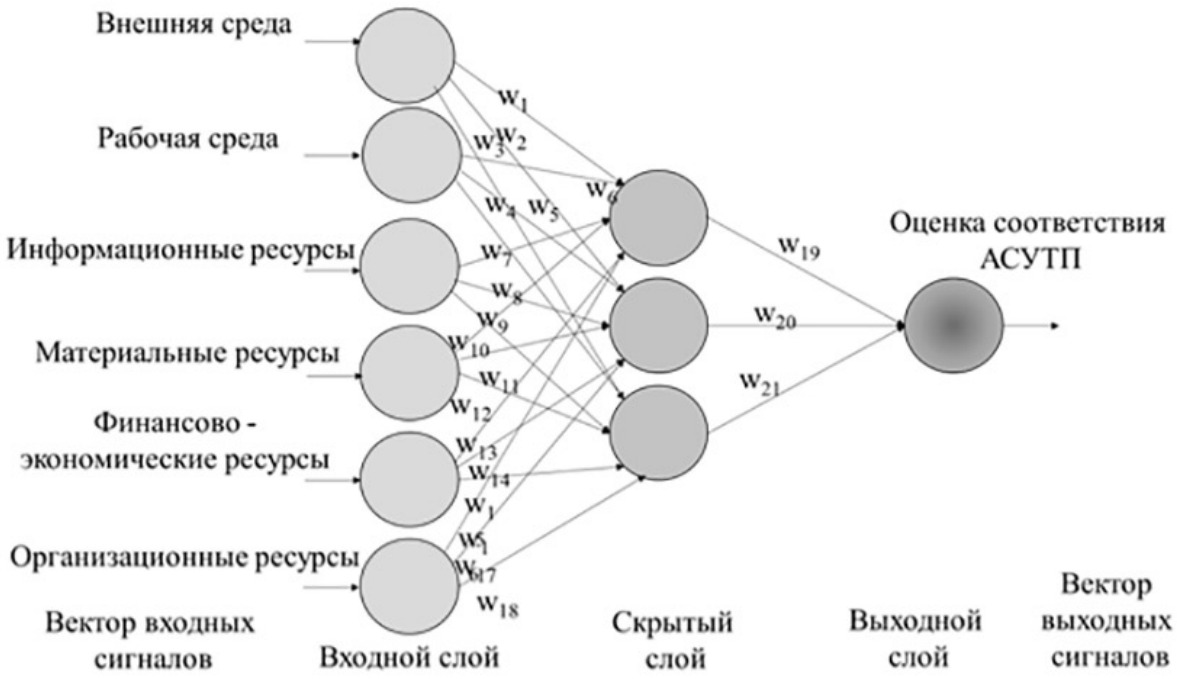


Рис. 1. Структура нейронной сети для определения соответствия АСУТП производственным требованиям

Функция приспособленности, или фитнес-функция (ФФ) может быть вычислена как

$$ФФ = \frac{1}{Err},$$

где $Err = y_{ij}' - y_{ij}$ – ошибка в вычислениях нейронной сети;

y_{ij}' – значение *i*-го выхода нейронной сети для *j*-го примера обучения нейронной сети;

y_{ij} – эталонное значение *i*-го выхода нейронной сети для *j*-го примера обучения нейронной сети;

$i \subset \{1; I\}$ – количество выходов нейронной сети;

$j \subset \{1; J\}$ – количество обрабатываемых примеров для обучения нейронной сети;

То есть чем ниже ошибка, тем выше приспособленность наборов весов нейронной сети [16].

Для инициализации процедуры ГА веса начальной популяции выбираются случайным образом. Из популяции выбираются особи (решения), являющиеся наилучшими с точки зрения ФФ. Каждый член популяции оценивается с использованием фитнес-функции.

Для уменьшения вероятности нахождения не глобального, а локального экстремума, и повышения точности нахождения экстремума, может быть применена случайная мутация, при которой ген, подлежащий изменению, принимает случайное значение из диапазона своего измерения.

Отбор особей для скрещивания осуществляется турнирным методом: случайным образом выбираются две особи и особь с лучшим качеством (с максимальной ФФ), привлекается для скрещивания. Таким образом, наилучшая особь из каждой подгруппы смешивается с другими особями, и все генетические операции повторяются.

При для заданных характеристиках внешней и рабочей сред, ресурсных факторов; найденных с помощью генетических алгоритмов весах нейронной сети, таких, что ФФ максимальна, нейросетевой подход позволит с заданной вероятностью сделать вывод о том, соответствует автоматизированная система управления производственным требованиям или нет. Также можно составить вектор выходных параметров таким образом, чтобы применять обученную с помощью ГА нейронную сеть с заданной вероятностью рекомендовать АСУ, наиболее соответствующую вектору водных факторов. Недостатки ГА, как эволюционных вычислений, можно нейтрализовать, если четко определить задачу и выработать рекомендации о выборе параметров алгоритма [19].

Несмотря на ключевую роль газовой отрасли в экономике РФ и значительные успехи в автоматизации ее основных и вспомогательных технологических процессов, некоторые проблемы газовой отрасли требуют постоянного поиска новых решений. Эволюционные методы и, в частности, генетические алгоритмы, могут быть инструментами повышения эффективности процессов газовой отрасли.

Список литературы

1. Тухбатуллин Ф.Г., Семейченков Д.С. О причинах разбаланса природного газа в системе газораспределения и методах прогнозирования его величины // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2017. № 6. С. 14–20.

2. Овчаренко Е.В. Становление и развитие газовой промышленности в России: Автореф. дис. ... канд. эк. наук. Оренбург: Оренбургский ГУ, 2009. 24 с.

3. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации, распоряжение Правительства № 1632-р от 28 июля 2017 г. [Электронный ресурс.] URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71634878/ (дата обращения: 06.04.2020).

4. Вишняков Я.Д., Радаев Н.Н. Общая теория рисков: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. 2-е изд., испр. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 368 с.

5. Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2016 году. М. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2017.

6. Давыдова О.Г., Малков А.В. Косвенные причины возникновения аварий на промышленных предприятиях // Успехи в химии и химической технологии. 2016. № 8. Т. XXX. М.: Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева. С. 78–80.

7. Dessler G. Human Resource Management. 13 edn. Miami, FL: Florida International University; Pearson Education, Inc., 2017. 82 p.

8. Sharp R. The Internet of Things in the office and HR // Online journal "HRmagazine". Mark Allen Group, London, UK, 2018. URL: https://www.hrmagazine.co.uk/article–details/the–internet–of–things–in–the–office–and–hr (access date: 10.03.2020).

9. Kagemann H. et al. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group // DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Germany, 2018. URL: https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf (дата обращения: 20.09.2019).

10. Ferrari A. Digital Competence in Practice: An Analysis of Frameworks. European Commission Joint Research Centre Institute for Prospective Technological Studies, 2012, URL.: http://jiscdesignstudio.pbworks.com/w/file/fetch/55823162/FinalCSReport_PDFPARAWEB.pdf (access date: 10.03.2020).

11. What is digital capability? // Jisc: Building digital capability. UK, 2018. URL.: https://digitalcapability.jisc.ac.uk/what-is-digital-capability/ (access date: 10.03.2020).

12. Holland J. H. Adaptation in Natural and Artificial Systems. Ann Arbor, Michigan: University of Michigan Press, 1975.

13. Назаров А.В., Лоскутов А.А. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем. СПб.: Наука и Техника, 2003. 384 с.

14. Мищенко В.А., Коробкин А.А. Использование генетических алгоритмов в обучении нейронных сетей // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=5138 (дата обращения: 24.03.2020).

15. Дилигенский Н.В., Дымова Л.Г., Севастьянов П.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология М.: Издательство «Машиностроение−1», 2004.

16. Mahajan R., Kaur G. Neural networks using genetic algorithms // International Journal of Computer Applications. 2013. Vol. 77. No. 14, September 2013. P. 6–11. DOI: 10.5120/13549-1153.

17. Усков А.А., Кузьмин А.В. Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечеткая логика. М.: Горячая линия – Телеком, 2004. 143 с.

18. Чипига А.Ф., Воронкин Р.А. Обучение искусственных нейронных сетей путем совместного использования методов локальной оптимизации и генетических алгоритмов // Известия ТРТУ. Т. 33. №4. С. 172–174.

19. Шумков Е.А., Чистик И.К. Использование генетических алгоритмов для обучения нейронных сетей // Научный журнал КубГАУ. 2013. №91(07).

УДК 004.891
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-221

Озеров Владислав Андреевич[1],
магистрант, бакалавр;
Руданов Юрий Георгиевич[2],
заведующий отделением, врач-психиатр

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ВРАЧЕБНЫХ РЕШЕНИЙ

[1] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия,
vozerov@kostasoft.spb.ru
[2] СПб ГБУЗ «Психиатрическая больница №1 им. П.П. Кащенко»,
Санкт-Петербург, Россия,
pnd@kaschenko-spb.ru

Аннотация. В работе исследуются особенности построения систем поддержки принятия решений, основанных на выводе по прецедентам. Представлен краткий обзор принципов построения подобных систем. Исследуются проблематика психиатрии, как предметной области, для построения и реализации системы поддержки принятия врачебных решений (СППВР). С учетом специфики предметной области, предлагается скорректированный CBR-цикл СППВР, предназначенной для лечащего врача психиатрического стационара при выборе схемы лечения пациента. В заключении, формулируются задачи дальнейшего исследования. Статья подразумевает знакомство читателя с принципами построения СППВР, основанных на выводе по прецедентам, а также с основными понятиями медицины.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, СППВР, вывод по прецедентам, CBR-цикл, метрика, психиатрия, медицинские информационные системы.

Vladislav A. Ozerov[1],
Master Student, BSc;
Yuri G. Rudanov[2],
Head of Department, Psychiatrist

CLINICAL DECISION SUPPORT SYSTEM

[1] Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia,
vozerov@kostasoft.spb.ru
[2] Psychiatric Hospital № 1 named after P.P. Kaschenko,
St. Petersburg, Russia,
pnd@kaschenko-spb.ru

Abstract. In this paper the clinical decision support system design features based on Case-Based Reasoning are studied. A brief overview of system design basic principles is presented. The problems of psychiatry as a subject area for design and implementation of Clinical Decision Support System (CDSS) are studied. Considering the particularity of the area studied the authors propose an adjusted CBR-cycle of CDSS intended for the psychiatric hospital attending physician when choosing a treatment regimen of the patient.In conclusion, the further research plan is proposed.The paper is designed to ensure that the reader is familiar with the principles of building systems a based on Case-Based Reasoning, as well the basic concepts of medicine.

Keywords: decision support systems, CDSS, conclusion based on precedents, CBR-cycle, metric, psychiatry, medical information systems.

Введение

Среди медицинских задач, решаемых при помощи информационных технологий, важнейшее место занимает решение проблемы снижения врачебных ошибок [1]. Одним из способов решения этой проблемы, сегодня, является разработка и внедрение экспертных систем, а точнее их подкласса – систем поддержки принятия решений, что, в свою очередь, является наиболее перспективным направлением современного этапа информатизации. В медицине подобные системы часто выделяют в целую отдельную ветвь – системы поддержки принятия врачебных решений (далее – СППВР).

Настоящая статья посвящена исследованию теории построения СППВР и анализу проблематики психиатрии, как области для разработки и внедрения подобных систем.

Научная новизна работы заключается в предлагаемой авторами концепции построения СППВР в психиатрии, котораяобеспечивает не только вывод оптимального решения в виде рекомендованной схемы лечения пациента, но и автоматическую оценку системой принятого врачом решения.

Статья подразумевает знакомство читателя с основными терминами теории принятия решений, принципами построения систем поддержки принятия решений, в частности систем, основанных на выводе по прецедентам, а также с основными понятиями медицины. В противном случае, в списке литературы приводится информационные источники для ознакомления с тем или иным определением или терминологией.

1. Актуальность исследования

С учетом современной тенденции к оптимизации медицинских учреждений в отношении персонала, а именно: его сокращения, определения четких временных показателей на прием пациента и др., растет число врачебных ошибок, которые приводят к самым негативным последствиям. Показатель смертности по причине врачебных ошибок достигает в США 90-100 тыс. человек в год, в Великобритании – 70 тыс., в Италии – 50 тыс.» [2]. В России же официальную статистику, обычно, не проводят

из-за отсутствия законодательного закрепления таких понятий, как «врачебная ошибка», однако, 8 февраля 2020 г. на заседании совета ректоров медицинских вузов глава Минздрава Михаил Мурашко озвучил цифры в «70 тыс. и более». Справедливости ради заметим, что данная статистика приводится только в отношении смертности, большая часть которых связана с ошибками в области хирургических вмешательств. Однако, очевидно, что цифры в отношении ухудшения состояния пациентов, вызванных врачебными ошибками, будут куда выше.

В России психиатрическая служба является довольной мощной системой оказания медицинской помощи населению, страдающему психическими расстройствами, государственный сегмент которой, в общем случае состоитизпсихоневрологических диспансеров психиатрических больниц. Психиатрическая служба имеет ряд особенностей, по сравнению с другими направлениями медицинской помощи, в первую очередь в силу контингента больных, который она обслуживает [3, с. 20]. При всем при этом, психиатрическая помощь лицам, страдающим психическими расстройствами, гарантируется государством и осуществляется на основе принципов законности, гуманности и соблюдения прав человека и гражданина [4, ст. 1].

Принято разделять психиатрическую помощь на:

а) психиатрическую помощь, оказываемую в амбулаторных условиях;

б) психиатрическую помощь, оказываемую в условиях стационара.

В первом случае, учреждения, оказывающиепсихиатрическую помощь в амбулаторных условиях, осуществляют лечение пациентов вне больничных условий, как, например, психоневрологические диспансеры, в которых посредством плановых осмотров участковыми врачами-психиатрами ведется наблюдение и контроль за состоянием пациентов. В зависимости от медицинских показаний лечение пациента осуществляется путем поддерживающей терапии: назначения медицинских препаратов, консультаций специалистов других направлений медициныи т. п.

Во втором случае лечение пациента осуществляется в условиях его нахождения в стационаре круглосуточного пребывания, иногда в дневномстационаре, т. е. непосредственно в стенах психиатрической больницы.Основаниями для госпитализации в медицинскую организацию, оказывающую психиатрическую помощь в стационарных условиях, являются наличие у лица психического расстройства и решение врача-психиатра о проведении психиатрического обследования или лечения в стационарных условиях либо постановление судьи [4, ст. 28]. Принятие решения врачом о госпитализации пациента в стационар обусловлено многими взаимосвязанными факторами, главный из которых это такое состояние пациента и характер его заболевания, при котором помочь ему

можно только под круглосуточным наблюдением медицинского персонала.

Во многом психиатрические больницы, как звено оказания медицинской помощи, схожи по организационной структуре с любыми другими соматическими больницами. В общем случае, пациенты поступают в приемное отделение больницы. По определенным врачом приемного покоя признакам пациент направляется в отделение, где уже лечащий врач-психиатр по результатам собственного осмотра, лабораторных и диагностических исследований выставляет диагноз и определяет схему лечения пациента: медикаментозные назначения, психотерапию, физиотерапию, рефлексотерапию и т. п. В процессе лечения, с учетом ситуации и диагноза, врач корректирует схему лечения с целю добиться если неполного выздоровления пациента, то перевода психического расстройства в состояниеустойчивой ремиссии. По завершению лечения пациента выписывают.

Особенностью психических заболевании является длительность их течения. Если соматическое заболевание часто является эпизодом в жизни больного, то психические болезнипродолжаются годы, а иногда и всю жизнь [5, с. 8]. Однако, для большей части психических заболеваний, как и для любых других хронических заболеваний,свойственны как периоды обострения, так и временные улучшения состояния пациента.

Сегодня психиатрическая стационарная помощь по-прежнему характеризуется высокой частотой госпитализаций и почти треть пациентов после выписки, вновь в том же году возвращается в стационар. Пациенты, у которых регоспитализации являются частыми (ежегодными) или сверхчастыми (две и более в течении года), формируют группу для которых специализированная помощь оказывается неэффективной [6], а уровень повторных поступлений в стационар остается одним из основных критериев качества психиатрической помощи.

Вместе с тем снижение риска повторной госпитализации является целю современных стационарных психиатрических учреждений, которая во много достигается выбранными врачами адекватными методиками и схемами лечения пациентов. Случаются врачебные ошибки и в психиатрии. Так, необоснованное применение в особенности психотропных препаратовприводит к серьезному утяжелению симптоматики, а для некоторых групп заболеваний может послужить драйвером ухудшения продолжительности ремиссий, да и продолжительности всего заболевания в целом.

Поэтому,СППВР применимы и в психиатрии, а актуальность их разработки и внедрения не уступает ни одному другому профилю медицины.

В рамках Государственной программы Российской Федерации «Развитие здравоохранения» [7] реализован и продолжает совершенствоваться Федеральный проект «Создание цифрового контура здравоохранения на основе государственной информационной системы в сфере здравоохранения Российской Федерации» (далее – ЕГИСЗ).

С одной стороны, создание цифрового контура подразумевает, в том числе, и внедрение интеллектуальных систем поддержки принятия врачебных решений [8]. А с другой, подобных решений, а уж, тем более, полноценных программных продуктов в России не так уж и много.

Так, по данным сайта www.webiomed.ai в России в области СППВР по вопросам лечения пациентов насчитывается всего 13 независимых программных решений [9], что крайне мало для почти 5,2 тысяч [10] медицинских учреждений страны.

Вместе с тем, актуальность создания и внедрения подобных систем обусловлена не только крайне низким количеством решений, но и необходимостью автоматического контроля качества медицинской помощи, способного существенным образом улучшить, как само качество оказываемой медицинской помощи, так и сократить число врачебных ошибок [8].

2. Теория построения СППВР, основанной на выводе по прецедентам

В большинстве экспертных систем, ключевую роль составляют два фундаментальных принципа вывода оптимального решения: логический вывод, основанный на правилах и логический вывод, основанный на прецедентах [11].

Медицина – это та область, задачи которой слабо поддаются формальному описанию. Поэтому для построения СППВР, в большинстве своем, применяют принцип вывода по прецедентам. Под прецедентом (от лат. “praecedens”; рус. «предшествующий») здесь следует понимать классическое определение этого слова – как случай или событие, имевшее место в прошлом и служащее примером или основанием для последующих действий в настоящем.

Действительно, врач при назначении схемы лечения часто анализирует ситуацию в целом и вспоминает, какие решения принимались ранее в подобных ситуациях. Затем он либо непосредственно использует эти решения, либо, при необходимости, адаптирует их к обстоятельствам, изменившимся для конкретной проблемы [11]. Системы, использующие подобный метод рассуждения получили название CBR-систем (англ. Case-Based Reasoning).

В общем случае в CBR-системе прецедент представляется такими позициями, как: описание ситуации, решение для данной ситуации и ре-

зультат применения решения, которые, в свою очередь, можно представить записями следующего вида:

а) ситуация представляет собой множество признаков X, элементы которого, описывают данный прецедент, например, возраст, симптомы пациента, диагноз и т.д., и которые можно представить записью (1):

$$< x_1, x_2, ..., x_i, ..., x_n > \quad (1)$$

где $x_i \in X$;

б) решение, например, схема лечения (медикаментозные назначения, терапии и т.д.), пациента выбираемая на основе ситуации *X*, представляет собой выбранную, посредством определенного функционала ψ совокупность *Y* из множества всех решений *S*. Такую связь можно описать записью (2):

$$< y_1, y_2, ..., y_i, ..., y_n > \psi < s_1, s_2, ..., s_i, ..., s_n >, \{y_i\} \subset \{s_i\}, \quad (2)$$

где $y_i \in Y$, $s_i \in S$.

При этом элемент y_1 будет наиболее оптимальным по отношению ко всем остальным элементам от y_2 до y_n;

в) результаты применения решений *Y*, так же в СППВР представляют собой множество *R*, которое можно представить в виде записи (3):

$$< r, r_2, ..., r_i, ..., r_n >, \quad (3)$$

где $r_i \in R$

Таким образом вся СППВР*CDSS*, основанная на CBR-подходе, выстраивается вокруг записи (4) следующего вида:

$$SDSS = < X, Y, \psi, S, R >, \quad (4)$$

где $Y \subset S$.

С учетом того, что каждый прецедент c_i является элементом множества прецедентов *C*, представить его можно записью (5), как:

$$c_i = < x_1, x_2, ..., x_i, ..., x_n, y_1, s_i, r_i >, \quad (5)$$

где: $\{x_i\} \in X$ – это совокупность всех атрибутов (признаков) ситуации;

$y_1 \in Y$ – предложенное системой оптимальное решение;

$s_i \in S$– решение принятое врачом, причем y_1 может совпадать с s_i, а может и не совпадать;

$r_i \in R$– результат принятия решения s_i.

Как правило, CBR-методы основываются на так называемом CBR-цикле [12], укрупненно состоящем из следующих основных этапов:

а) извлечение оптимального (наиболее соответствующего) прецедента (прецедентов) из базы прецедентов(далее – БП) для решения сложившейся ситуации;

б) использование извлеченного прецедента в качестве решения ситуации;

в) оценка примененного решения;

г) сохранение принятого решения, как нового прецедента.

Описанный выше CBR-цикл изображен на рисунке 1.



Рис. 1. CBR-цикл

Оптимальный (наиболее походящий) прецедент определяется сравнением признаков ситуации с признаками прецедентов из БП, как правило, с помощью так называемого метода «ближайшего соседа», в основе которого лежит тот или иной способ измерения степени близости прецедента и текущего случая по каждому из признаков. Говоря более строгим языком, вводится метрика на пространстве всех признаков, в этом пространстве определяется точка, соответствующая текущему случаю, и в рамках этой метрики находится ближайшая к ней точка из точек, представляющих прецеденты [11].

Пусть в рамках конкретной ситуации имеются признаки x_i и соответствующие им признаки уже имеющегося прецедента в БП x_k в n-мерном пространстве признаков X. Тогда, например, евклидово расстояние d_{ik}, часто применяющееся при выборе прецедентов, записывается формулой (6):

$$d_{ik} = \left(\sum_{j=1}^{n} \left(x_{ij} - x_{kj} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \qquad (6)$$

Стоит отметить, что не все CBR-системы применяют именно евклидово расстояние. С учетом реальных задач, применяются так же и квадрат евклидового расстояния, манхэттенская метрика, расстояние Чебышева, мера близости Журавлева, мера сходства по Хэммингу и их модификации.

3. Проблематика предметной области

Выбор наиболее подходящих прецедентов из БП и предоставление врачу оптимального решения, используя тот или иной способ измерения степени близости, конечно, важная задача любой СППВР, однако, в силу существования коренных различений в направлениях медицины, на первый план выходит не извлечение прецедентов, а оценка принятых решений.

Действительно, обратная связь, возникающая при сохранении решений для новых проблем, означает, что вывод по прецедентам по своей сути является «самообучающейся» технологией, благодаря чему рабочие характеристики каждой БП с течением времени и накоплением опыта непрерывно улучшаются [11]. Однако, если БП будет накапливать ошибочные решения, то ценность такой системы сведется в конечном итоге к нулю.

Психиатрия – очень специфичный раздел медицины, где оценка адекватности применения врачом выбранной им схемы лечения и ответа на лечение неразрывно связны с понятием качества оказания психиатрической помощи. Существует несколько инструментов для оценки ответа на лечение психических расстройств:

а) оценка врачом, которая часто искажается пристрастностью врача.

б) оценка пациентами, которая лишена недостатков, присущих оценке специалистами, однако она не подходят для пациентов с серьезными когнитивными нарушениями, слабой мотивацией и плохо развитым навыком чтения [13].

Перечисленные инструменты, хоть и поддаются в какой-то степени формализации, но продолжают оставаться субъективными, что в свою очередь является основной проблемой при построении СППВР в психиатрии.

Уходя от субъективизма в оценке примененного врачом решения в той, или иной ситуации, в рамках работы по разработке методической основы СППВР предлагается придерживаться позиции психиатров, фокусирующих свое внимание на ремиссии заболеваний или выздоровлении пациентов в качестве оценки адекватности лечения [13].

Проецируя представленную проблему на классический CBR-цикл, изображенный на рисунке 1, можно прийти к выводу, что его недостаточно для построения должного описания прецедента. Так, если бы за прецедент принять случай стационарного лечения пациента, то в рамках предлагаемого классического подходя нельзя было бы учесть временные характеристики ремиссии психического расстройства, т. е. время, которое пациент априори не проводит в стационаре учреждения. В то время, как временные характеристики ремиссии в совокупности с иными патофизиологическими и клиническими особенностями пациента и будут составлять те критерии, необходимые для качественной оценки выбранной врачом схемы лечения.

4. Предлагаемые решения

Опыт врачей играет ключевую роль в медицине любого профиля и так как, решения, принимаемые врачом, не уникальны для конкретных ситуаций и могут быть использованы в других случаях, а целью системы является все же не гарантированное верное решение, а лучшее из возможных, то вывод по прецедентам представляется авторам наиболее оптимальным подходом к реализации СППВР в психиатрии.

Однако, на основе выделенной проблематики предлагается использовать модифицированный CBR-цикл, представленный на рисунке 2, где в качестве основной идеи изложен подход предварительной проверки пациента с его определенными признаками на предмет наличия его случая обслуживания ранее. В такой ситуации системой должно пересматриваться решение предыдущего случая, после чего случай текущий направляется по классическому CBR-циклу.

Автоматическая оценка качества психиатрической помощи, оказанной в условиях стационара,здесь заключается вопределении системой времени Δt, как разницымежду датой выписки конкретного пациента и датой его следующей госпитализации.При этом Δt_i является главным атрибутом результата r_i принятого решения врачом s_i в рамках предшествующего прецедента c_i (предыдущей госпитализации).

Так, в случае пациентов с заболеваниями такими как, например, «шизофрения» и «тревожные расстройства» лечение в рамках предыдущей госпитализации следует признать неадекватным, если временные показатели достигнутой тогда устойчивой фазы ремиссии низки (до полу года), что говорит о недостаточных мерах, принятых врачом в процессе лечения пациента. Очевидно, что при подобных диагнозах чем промежуток времени Δt больше, тем лечение, выбранное врачом в рамках предыдущей госпитализации, было более правильным.

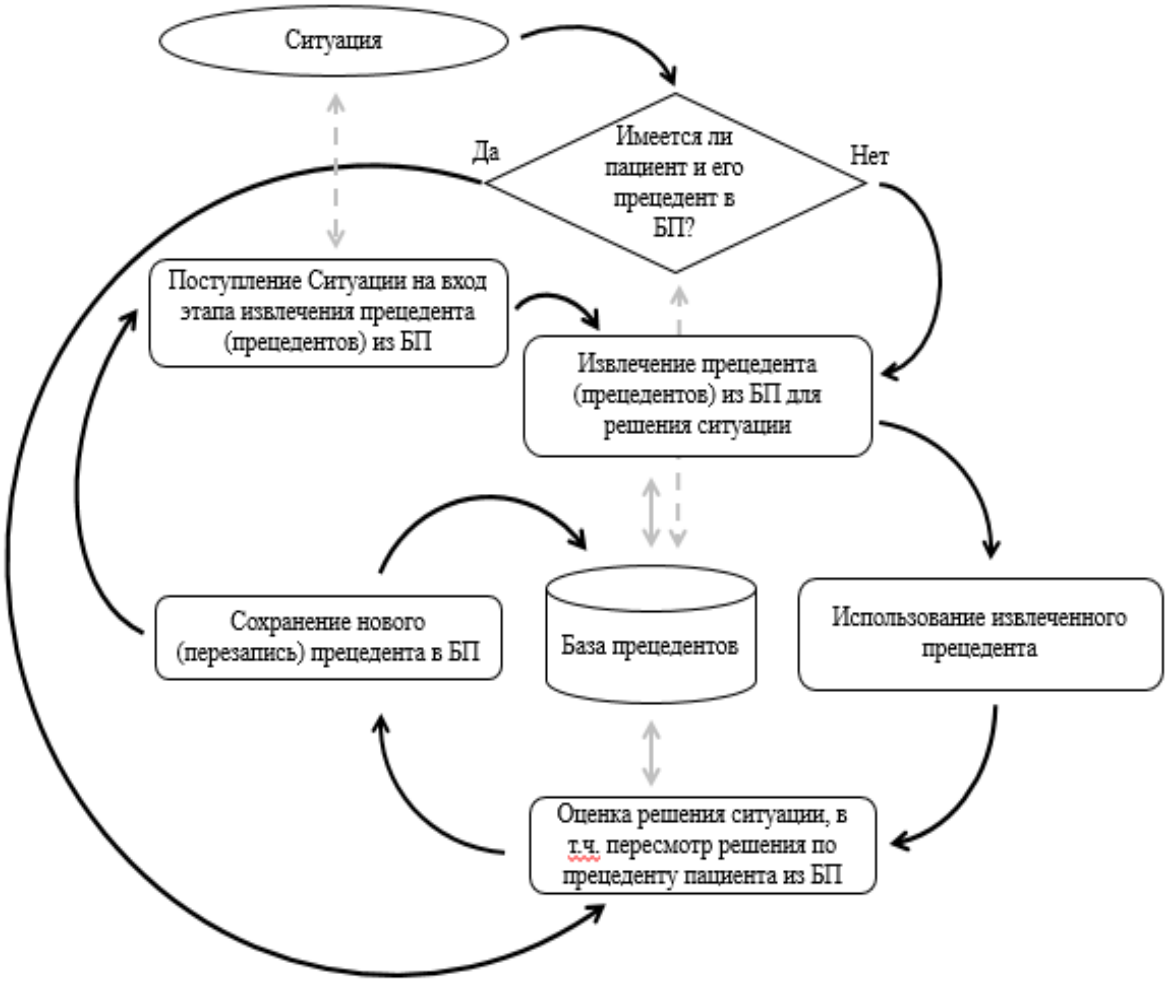


Рис. 1. Предлагаемый CBR-цикл для СППВР в психиатрии

Однако здесь следует оговориться, что не для всех диагнозов в психиатрии подойдет именно такая оценка. Так, если речь идет пациентах с диагнозом, к примеру, «большой депрессивный эпизод», то повторная госпитализация этого пациента с таким же диагнозом и похожими условиями поступления пациента в стационар уже свидетельствует о неадекватном лечении в рамках предыдущей госпитализации.

Конечно, недостаточно вести оценку принятых врачами решений лишь только по временным показателям ремиссии. СППВР должны приниматься во внимание и иные системные показатели конкретного случая, такие, как, например, длительность нахождения в стационаре вне зависимости от количества прецедентов (госпитализаций) у этого пациента в учреждении. Поэтому все прецеденты предлагается разделить на:

а) обособленныебез учета Δt, т. е. все имеющиеся прецеденты как элементы множества прецедентов C;

б) составные с учетом Δt, т. е. прецеденты как элементы множества P, каждый из которых представляет собой некоторую совокупность элементов из C, таким образом, что $P \subset C$.

В рамках СППВР предлагается не только вести уникальную идентификацию пациентов для того, чтобы система была в состоянии отличить «нового» пациента и его случай от пациента, госпитализация которого имела места ранее, но и ввести понятие ценности прецедентов. Очевидно, что ценность составных прецедентов для извлечения оптимального решения из БП, у которых есть подтвержденный результат, или хотя бы его часть, выше чем ценность прецедента, оценочная картина которого неизвестна.

С учетом того, что системе необходимо вести идентификацию пациентов, представленный модифицированный CBR-цикл, не предлагается рассматривать как основу для создания некой глобальной СППВР, объединяющей, к примеру, психиатрические учреждения, скажем, субъекта Федерации. Напротив, авторы предлагают более локальный подход к реализации поставленной цели создания СППВР для психиатрии, а именно, реализацию системы, как интегрированного модуля в уже существующие и успешно автоматизирующие деятельность психиатрических стационаров медицинские информационные системы (далее – МИС).

В России с созданием и развитием ЕГИСЗ информационные технологии стали повсеместно применяться в практике работы медицинских организаций [8]. МИС в психиатрических учреждения – это достаточно мощная корпоративная система, взаимодействующая с внешними сервисами региональных фрагментов ЕГИСЗ. Сегодня, МИС учреждения, по сути, уже ведет единую общую базу пациентов и оказанных им услуг (госпитализаций, осмотров, врачебных назначений и т. д.), что в проекции на планируемую к созданию СППВР, является неструктурированной базой прецедентов и является отправной точкой для их поиска и извлечения. А значит, интеграция СППВР с МИС, а не выделение ее как внешней системы, обосновывается упрощенной схемой реализации.

Конечно, базы данных МИС у каждого разработчика, построены по-разному и отличия в модели данных встречаются крайне радикальные. Однако их объединяет то, что все МИС в том или ином случае передают данные о поступивших к ним пациентах и их лечении в качестве четко структурированных данных в региональный фрагмент ЕГИСЗ, формируя тем самым электронные медицинские карты пациентов. Это означает, что описанная выше концепция и реализация на ее основе СППВР в психиатрии приведет к унификации системы по отношению к интегрированию решения в практически любую конкурентно-способную МИС, функционирующую в государственных психиатрических учреждениях. Тем более структура предаваемых в

ЕГИСЗ данных и используемые при этом справочники кодов того ли иного параметра (признака) пациента находятся в открытом доступе для всех разработчиков подобных решений.

Заключение

Подводя итоги, можно сделать следующие вывод о том, что удалось решить, а что еще требует анализа в рамках создания методической основы для реализации СППВР, предназначенной для лечащего врача психиатрического стационара при выборе схемы лечения:

а) Определена концепция создания СППВР. В качестве основы для логического вывода оптимального решения был выбран прецедентный подход.

б) Определен основной укрупненный алгоритм вывода прецедента (прецедентов), в качестве модифицированного CBR-цикла с учетом предметной области, однако выбор метрики, планируемой к применению при извлечении прецедента (прецедентов) и характер применения предложенных к введению ценностей прецедентов требует более углубленного исследования.

в) На основе анализа существующих инструментов оценки качества психиатрической помощи, предложен подход к автоматической оценке системой принятого врачом решения с учетом работы СППВР как подсистемы МИС, осуществляющей взаимодействие с региональными фрагментами ЕГИСЗ, однако, по-прежнему необходим анализ возможности применения модели данных МИС психиатрических учреждений в части возможности выстроить правильные интерпретацию и извлечение данных в виде прецедентов.

г) Необходимо более тщательно проанализировать предметную область в части, касающейся правильности трактовки признаков ситуации и критериев оценки, принимаемых врачомрешений.

Список литературы

1. Атьков О.Ю., Кудряшов Ю.Ю., Прохоров А.А., Касимов О.В. Система поддержки принятия врачебных решений // Врач и информационные технологии. 2013. № 6. М.: ИДМЗ, 2013. С. 67–75.

2. Статистика врачебных ошибок [Электронный ресурс.] URL: https://vawilon.ru/statistika-vrachebnyh-oshibok (дата обращения: 17.05.2020).

3. Спринц А.М., Семенова Н.В., Ерышев О.Ф. Психиатрия: учебник для средних медицинских учебных заведений. 3-е изд., испр. и доп. СПб.: СпецЛит, 2016. 416 с.

4. Закон РФ от 02 июля 1992 г. №3185-1 «О психиатрической помощи и гарантиях прав граждан при ее оказании» [Электронный ресурс.] URL: http://docs.cntd.ru/document/9003321 (дата обращения: 17.05.2020).

5. Коркина М.В., Лакосина Н.Д., Личко, А.Е., Сергеев И.И. Психиатрия: Учебник для студ. мед. вузов. 3-е изд. М.: МЕДпресс-информ, 2006. 576 с.

6. Волгина Ф.М., Гатин Ф.Ф., Валеева А.М. Повторные госпитализации в психиатрический стационар // Казанский медицинский журнал. 2010. Т. 91. №3. Казань: Вектор, 2010. С. 354–358.

7. Постановление Правительства Российской Федерации от 26 декабря 2017 г. №1640 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие здравоохранения» [Электронный ресурс.] URL: http://docs.cntd.ru/document/556183184 (дата обращения: 17.05.2020).

8. Гусев А.В., Зарубина Т.В. Поддержка принятия врачебных решений в медицинских информационных системах медицинской организации // Врач и информационные технологии. 2017. №2. М.: ИДМЗ, 2017. С.60–72.

9. Обзор Российских систем поддержки принятия врачебных решений [Электронный ресурс.] URL: https://webiomed.ai/blog/obzor-rossiiskikh-sistem-podderzhki-priniatiia-vrachebnykh-reshenii/ (дата обращения: 13.05.2020).

10. Здравоохранение по данным Росстат [Электронный ресурс.] URL: https://rosinfostat.ru/zdravoohranenie/ (дата обращения: 13.05.2020).

11. Карпов Л.Е., Юдин В.Н. Методы добычи данных при построении локальной метрики в системах вывода по прецедентам // Препринт ИСП РАН. 2006. №18. М.: ИСП РАН, 2006. С. 1–42.

12. Aamodt A., Plaza E. Case-based reasoning: Foundational issues, methodological variations, and system approaches // AI Communications. 1994. №7(1). С. 39–59.

13. Smith-Apeldoorn S.Y., Veraart J.K.E., Schoevers R.A. Definition and Epidemiology of Treatment Resistance in Psychiatry / Kim YK. (ed.) Treatment Resistance in Psychiatry. Singapore. Springer, 2019. P. 3–24.

УДК 004.89
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-222

Ильяшенко Оксана Юрьевна[1],
канд. пед. наук, доцент;
Ильяшенко Виктория Михайловна[2],
магистр;
Биккулова Зиля Ураловна[3],
магистр

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК ИНСТРУМЕНТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОКАЗАНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

[1, 2, 3] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия,
[1] ioy120878@gmail.com, [2] vmi1206@yandex.ru, [3] bikkz@yandex.ru

Аннотация. В статье излагаются теоретические и практические вопросы применения искусственного интеллекта в сфере здравоохранения. Предлагается применение системного подхода к использованию возможностей искусственного интеллекта. В качестве метода исследования предлагается использование инновационной структуры “7Rs” для проведения всестороннего анализа основных

бизнес-процессов медицинской организации, выявления и устранения узких мест с целью последующего совершенствования основных бизнес-процессов.

Ключевые слова: искусственный интеллект, медицинские организации, бизнес-процессы, системный подход, методология “7Rs”.

Oksana Yu. Iliashenko[1],
Associate Professor, Candidate of Pedagogical Sciences;
Victoriia M. Iliashenko[2],
Master of Science;
Zilia U. Bikkulova[3],
Master of Science

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS A TOOL TO IMPROVE MEDICAL CARE PROCESS

[1, 2, 3] Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia,
[1] ioy120878@gmail.com, [2] vmi1206@yandex.ru, [3] bikkz@yandex.ru

Abstract. The article outlines the theoretical and practical issues of the use of artificial intelligence in the health sector. A description of a systematic approach to using the capabilities of artificial intelligence is proposed. As a research method, it is proposed to use the “7Rs” innovative structure to conduct a comprehensive analysis of the main business processes of a medical organization, identify and eliminate bottlenecks with the aim of further improving the main business processes.

Keywords: artificial intelligence, medical organizations, business processes, systems approach, 7Rs methodology.

Введение

На сегодняшнем этапе развития современных технологий искусственный интеллект (ИИ) является одним из важнейших трендов мирового рынка. Использование технологий искусственного интеллекта находит свое отражение в различных отраслях, и медицинская отрасль не является исключением. Технологии искусственного интеллекта позволяют кардинальным образом переработать систему медицинской диагностики, провести разработку новейших лекарственных препаратов, а также в целом повысить качество услуг здравоохранения при одновременном снижении расходов для медицинских организаций. Сегодня можно выделить четыре основных направления применения технологии искусственного интеллекта в медицинской сфере [1]:

- диагностика заболеваний;
- разработка лекарственных препаратов;
- персонализированное лечение;
- редактирование генома.

Искусственный интеллект является относительно новым направлением развития деятельности организаций. В этой связи, компаниям необходимо принимать во внимание как новейшие технологии будут влиять на работу организации в целом посредством изменений основных бизнес-процессов компании.

1. Системный подход к использованию возможностей искусственного интеллекта

Системный подход к медицинской организации предполагает, что мы рассматриваем её как систему, представляющую собой совокупность взаимосвязанных подсистем, а также как подсистему более сложной системы – системы здравоохранения [2 – 3]. При внедрении системы искусственного интеллекта такая система становится подсистемой медицинской организации, оказывающей влияние на другие подсистемы и на результат работы организации в целом. В данной статье будет проанализировано это влияние с различных аспектов и показаны возможные изменения характеристик подсистем медицинской организации после внедрения системы ИИ. В качестве подсистем медицинской организации будут рассмотрены её бизнес-процессы, в качестве характеристик этих подсистем – процессные и ценностные метрики бизнес-процессов.

Под процессной метрикой подразумевается ключевой показатель эффективности с точки зрения владельца бизнес-процесса, отражающий качество функционирования процесса. Под ценностной метрикой подразумевается показатель эффективности (как правило, внешний) с точки зрения клиента бизнес-процесса, связанный с восприятием клиентом ценности, приносимой процессом [4].

2. Описание методологии “7Rs”

Управление бизнес-процессами предприятия предполагает постоянное совершенствование этих процессов. Для того чтобы сделать улучшение успешным, важно проводить системный, всесторонний анализ процессов и выявить их недостатки и потенциал для повышения во всех аспектах. Такой анализ может быть сделан с использованием “7Rs” фреймворка, который был разработан инновационной группой No 65 [5]. Платформа “7Rs” предлагает 7 категорий вопросов (7 эвристик). Эти вопросы могут быть применены к модели бизнес-процессов “как есть”, и, отвечая на них, можно получить список узких мест, которые необходимо улучшить в модели. Затем, согласно этому списку, может быть построена модель «как должно быть». Преимущества фреймворка “7Rs” заключаются в следующем:

1. Универсализм. Эвристика и вопросы, описанные в фреймворке, обобщены. Фреймворки универсальны и подходят для бизнес-процессов на предприятиях различных отраслей промышленности.

2. Универсальность. Фреймворки предоставляют направления (эвристики), в которых могут быть сделаны улучшения. Это служит отправной точкой для размышлений в различных аспектах бизнес-процесса, что позволяет сделать анализ более многогранным.

3. Локализации. В эвристических фреймворках изучаются наиболее распространенные вопросы из практики компаний, которые могут быть заданы о процессах для выявления потенциальных улучшений. Эти вопросы направлены на конкретное, локальное повышение, указывая на конкретную характеристику процесса или аспект. Авторы фреймворка указали применимость по каждому вопросу, т. е. они описали, в каких конкретных случаях следует задавать вопрос о конкретной деятельности в рамках бизнес-процесса.

Платформа “7Rs” показана в таблице 1 [5]. Следует отметить, что не все эвристики и вопросы фреймворка могут быть применены для каждой модели. Фреймворки должны быть строго выстроены (в зависимости от определенного случая, эвристика и вопросы могут быть удалены и/или добавлены).

Таблица 1

Процесс инновационной структуры “7Rs”

Эвристика* (*“R”*) */ Вопрос	***Применимость***
***# 1 RETHINK* (*Переосмысление*)**	применимы всегда
***# 2 RECONFIGURE* (*Перенастройка*)**	
Как ликвидировать деятельность?	когда деятельность не нужна и приносит низкое значение
Как совместить общие виды деятельности?	• когда общие действия выполняются в нескольких местах или выполняются непоследовательно; • когда может быть экономия средств в зависимости от масштабов производства
Как уменьшить согласованность, отдавая приоритет качеству?	• когда на утверждение документов и исправление ошибок уходит много времени; • когда ответственность за ошибки низкая
Как обмен информацией с клиентами и поставщиками может улучшить этот процесс?	• когда трудно предсказать спрос и есть неопределенность по этому поводу; • когда перебои в инвентаризации происходят часто; • когда инвентаризация является чрезмерной
Как избавиться от посредников и работы без добавленной стоимости?	когда посредники не добавляют никакой ценности, а просто ретранслируют товары и услуги

Продолжение таблицы 1

Эвристика* (*“R”*) */ Вопрос	***Применимость***
Как заимствовать и совершенствовать лучшие практики других отраслей?	при поиске новых идей (всегда)
***# 3 RESEQUENCE* (*Перераспределение последовательности*)**	
Как можно повысить эффективность с использованием прогнозирования?	• когда точная информация о спросе доступна на ранней стадии; • когда модели прогнозов оказались надежными; • когда точность или затраты на инвентаризацию менее важны, чем сжатие времени; • когда изменения продукта или услуги являются довольно низкими
Как можно повысить гибкость в связи с отсрочкой?	• когда есть потребность в индивидуальных продуктах/услугах; • при наличии больших расходов на перевозку запасов; • когда модели прогнозов не точны
Как сократить время из-за параллелизма?	• при наличии ограниченных временных зависимостей между видами деятельности; • когда сжатие времени имеет решающее значение; • когда требуется переработка, поскольку ошибки обнаруживаются с опозданием
Как свести к минимуму количество взаимосвязей и зависимостей?	• когда есть «узкие места»; • когда есть большие очереди; • когда передачи являются частыми;
***# 4 RELOCATE* (*Перемещение*)**	
Как можно приблизить эту деятельность к заказчику или поставщику, чтобы повысить ее эффективность?	• когда расстояние от клиента или поставщика привело к задержке, непониманию или ошибке; • когда удобство клиента имеет решающее значение; • когда объем клиента большой, а время доставки, затраты высоки
Как можно приблизить эту деятельность к сопутствующим видам деятельности дляулучшения коммуникации?	• когда для выполнения мероприятий требуется командная работа и сотрудничество на высоком уровне; • когда изменения и ошибки трудно отследить к их источнику
Как сократить время цикла за счет снижения времени и расстояния в пути?	• когда поездки являются важной частью процесса; • когда товары отгружаются несколько раз (от завода до склада к покупателю)
Как создать географически виртуальные организации?	• когда ресурсы распределены географически, но для достижения результата вам не нужно находиться рядом; • когда технологии группового программного обеспечения могут быть эффективно использованы; • когда стоимость ведения бизнеса может быть ниже в другом географическом районе

Продолжение таблицы 1

Эвристика (***«R»***) **/ *Вопрос***	***Применимость***
# 5 REDUCE (***Снижение***)	
Как уменьшить или увеличить частоту этой деятельности?	• когда деятельность не имеет добавленной стоимости, но необходима; • когда вариации в процессе или продукте низки; • при высокой изменчивости и низких затратах на установку и времени (например, небольших партиях)
Каким образом получение дополнительной информации повысит эффективность?	• когда необходима большая точность; • когда лучше сегментации повысит эффективность маркетинга
Как меньше информации или меньше элементов управления упрощают и повышают эффективность?	• когда большая часть расходов идет на сбор или мониторинг данных; • когда значение, полученное из информации или элементов управления, является минимальным; • когда идеальная точность не требуется
Как использовать критически важные ресурсы более эффективным способом?	• при низком использовании критически важных ресурсов; • когда критически важные ресурсы работают без добавленной стоимости или ненужной работы
# 6 REASSIGN (***Переназначение***)	
Как можно перенести существующие виды деятельности и решения в другую организацию?	• когда другая организация обладает навыками или ресурсами, которых не хватает вашей организации; • когда вы хотите другой брендинг; • при изменении предыдущей операционной модели/культуры слишком сложно
Как можно передать действие на внешний подряд?	• когда вы не выполняете эту деятельность на уровне мирового класса; • когда это не является ни основной компетенцией, ни критическим; • когда другая организация осуществляет эту деятельность на уровне мирового класса; • когда ваши ресурсы ограничены, и вы хотите сосредоточиться на своих основных областях бизнеса
Как это действие может быть выполнено клиентом?	• когда клиенты хотят быть в состоянии помочь себе (самообслуживание); • когда есть определенные убыточные сегменты клиентов; когда расходы должны быть сокращены
Как организация может выполнять деятельность, которая уже выполняется клиентом?	• когда клиент желает иметь лучшее удобство и/или ценность; • когда организация желает стать ближе к клиенту
Как можно сжимать и интегрировать задачи благодаря перекрестному обу чению?	• когда требуется несколько задач для получения результата; • когда процессы не являются достаточно сложными, чтобы оправдать наличие специалиста; • когда только в 20% случаев или менее необходимо проводить специальные экспертизы

Продолжение таблицы 1

Эвристика (***«R»***) / ***Вопрос***	***Применимость***
Как эта деятельность может быть выполнена поставщиками или партнерами?	• когда поставщик/партнер обладает навыками, ресурсами или эффектом масштаба, которых не хватает вашей организации; • когда деятельность не имеет решающего значение, ни основные компетенции; • когда деятельность находится в деловой сфере, которая может быстро измениться в будущем, и требуется гибкость
# 7 RETOOL (***Преобразование***)	
Как преобразовать процесс с помощью технологий?	• когда необходимо получить результат независимо от местоположения, времени, исполнителя
Как автоматизировать процесс?	• когда текущий процесс является бумажным или ручным и не может быть ликвидирован; • когда деятельность страдает от ошибок, несоответствий или вопросов координации; • когда требуются большие объемы транзакций
Как использовать ресурсы и компетенции, чтобы получить конкурентное преимущество?	• когда организация обладает компетенциями мирового уровня; • когда существующий бизнес, кажется, не имеет потенциала роста
Как можно повысить этот процесс путем повышения квалификации	• когда удовлетворенность клиентов низкая; • когда технология может создавать работников знаний; • когда для достижения результата требуется несколько специалистов (многопрофильная квалификация)

3. Место искусственного интеллекта в улучшении бизнес-процессов медицинских организации в соответствии с методологией “7Rs”

Далее было определено потенциальное место искусственного интеллекта в совершенствовании бизнес-процессов на основе методологии “7Rs”. Результаты представлены в таблице 2. Данная таблица приведена для общего случая и охватывает улучшения, которые могут быть произведены с помощью различных систем искусственного интеллекта, обладающих разными функциями.

Таблица 2

“7Rs” для искусственного интеллекта в медицинской организации

Эвристика («R») / Вопрос	***Предложенный принцип улучшения при помощи ИИ***	***Пример деятельности, которая может быть улучшена***	***Возможные улучшения деятельности***	***Связанные процессные / ценностные метрики***
# 1 RETHINK (Переосмысление)				
Как улучшить бизнес-процессы организации?	Корректировка текущей модели бизнес-процесса с использованием листа вопросов “7Rs” относительно возможностей системы ИИ	Все бизнес-процессы	Анализ модели бизнес-процесса «как есть», с выявлением проблем в модели при использовании фреймворка “7Rs” и дальнейшей работой над ними	Число «узких мест», ненужных видов деятельности и так далее в модели / Время процесса; Общая ценность, добавляемая процессом
Как обмен данными с поставщиками медицинских услуг может улучшить процесс?	Обмен данными о пациентах между организациями	Все бизнес-процессы	Сбор данных из разных источников на протяжении всего пути взаимодействия пациента с медицинскими организациями и / или устройствами с целью изучения этих данных и повышения качества услуг (при этом следует учитывать чувствительность данных)	Полнота данных пациентов / Качество медицинских услуг; Степень персонализированности медицинских услуг
# 2 RECONFIGURE (Перенастройка)				
Как заимствовать и совершенствовать лучшие практики из других отраслей?	Изучение практики использования ИИ в других отраслях	Все бизнес-процессы	Анализ возможностей систем ИИ и препятствий для них в разных областях с целью применения полученных знаний в здравоохранении	Число «узких мест», ненужных видов деятельности и так далее в модели / Время процесса; Общая ценность, добавляемая процессом

Продолжение таблицы 2

Эвристика («R») / Вопрос	***Предложенный принцип улучшения при помощи ИИ***	***Пример деятельности, которая может быть улучшена***	***Возможные улучшения деятельности***	***Связанные процессные / ценностные метрики***
# 3 RESEQUENCE (Перераспределение последовательности)				
Как можно повысить эффективность с использованием прогнозирования?	Использование функций системы ИИ для ранней диагностики	Диагностка заболеваний	Постановка диагноза по косвенным признакам на ранних стадиях заболевания	Количество данных, необходимых для прогноза / Время от начала заболевания до начала лечения заболевания
	Выбор лучшего пути лечения с использованием ИИ	Лечение заболеваний	Выбор методов лечения на основе индивидуальных особенностей организма и подбор лекарств с использованием «цифровых двойников»	Количество данных, необходимых для прогноза / Время, необходимое, чтобы найти правильное лечение для пациента
	Прогнозирование наличия койкомест	Управление коечным фондом в больнице	Прогнозирование выписок => более эффективное планирование занятости койко-мест	Количество данных, необходимых для прогноза / Время ожидания койкоместа
	Прогнозирование ухудшения состояния здоровья с ИИ	Уход на дому	Прогнозирование ухудшения состояния здоровья пожилых людей на дому	Количество данных, необходимых для прогноза / Время принятия мер до ухудшения состояния здоровья
# 5 REDUCE (Снижение)				
Как использовать критически	Предоставление помощи ИИ врачам	Диагностика заболеваний	Предотвращение работы врачей со слишком большими объемами данных, передача	Количество данных, необходимых для постановки диагноза /

Продолжение таблицы 2

Эвристика («R») / Вопрос	***Предложенный принцип улучшения при помощи ИИ***	***Пример деятельности, которая может быть улучшена***	***Возможные улучшения деятельности***	***Связанные процессные / ценностные метрики***
***# 5 REDUCE* (*Снижение*)**				
важные ресурсы (человеческие) более эффективным способом?			этой задачи системе ИИ => предотвращение перегрузки врачей и, как следствие, ошибок диагностики	Время постановки диагноза; правильность диагноза
***# 6 REASSIGN* (*Переназначение*)**				
Как это действие может быть выполнено клиентом?	Предоставление помощи по ИИ людям на дому, чтобы они могли осуществлять уход за собой	Уход на дому	Предоставление помощи ИИ (в соблюдении диеты, гигиены и пр.) людям (например, пожилым), чтобы они могли осуществлять уход за собой на дому и поддерживать хорошие условия для жизни	Количество данных, необходимых для персонализированного ухода / Время, в течение которого пациент может жить дома без посторонней помощи
***# 7 RETOOL* (*Преобразование*)**				
Как автоматизировать процесс?	Решение логистических вопросов с помощью ИИ	Сестринский уход в больнице	Предоставление роботов для помощи в логистике, уходе и лабораторных работах => средний и младший медперсонал не тратит свое рабочее время на решение логистических вопросов; это также сделает больницу более безопасной и эффективной	Производительность роботов / Процент времени, потраченного персоналом на выполнение своих непосредственных обязанностей

Продолжение таблицы 2

Эвристика («R») / Вопрос	***Предложенный принцип улучшения при помощи ИИ***	***Пример деятельности, которая может быть улучшена***	***Возможные улучшения деятельности***	***Связанные процессные / ценностные метрики***
# 7 RETOOL (Преобразование)				
Как автоматизировать процесс?	Поиск новых лекарственных «мишеней» с помощью ИИ	Открытие лекарств в фармакологии	Автоматизация трудоемких ранних стадий разработки лекарств с использованием ИИ, позволяющего осуществлять скрининг лекарственных «мишеней» из баз данных и находить соответствующую информацию из различных открытых и закрытых источников данных	Количество данных, необходимых для обучения ИИ/ Время, необходимое, чтобы открыть новое лекарство
	Анализ радиологических изображений с помощью ИИ	Диагностика заболеваний	ИИ определяет, что он «видит» на медицинских изображениях, а затем выводит соответствующую оценку для лечащего врача, чтобы ускорить и повысить качество работы врача	Количество данных, необходимых для обучения ИИ / Время, необходимое, чтобы поставить диагноз
	Прием лекарств, автоматизированный с помощью с ИИ	Лечение заболеваний	Предотвращение приема пациентами чрезмерного количества лекарств, недостаточного количества лекарств или употребления лекарств, которые взаимодействуют друг с другом нежелательным	Количество данных, необходимых для обучения ИИ / Количество ошибок при приеме лекарств

Продолжение таблицы 2

Эвристика («R») / Вопрос	***Предложенный принцип улучшения при помощи ИИ***	***Пример деятельности, которая может быть улучшена***	***Возможные улучшения деятельности***	***Связанные процессные / ценностные метрики***
# 7 RETOOL (Преобразование)				
			образом, с использованием автоматизированного лечения (напоминания и модераторы на основе искусственного интеллекта)	
	Использование реабилитационных роботов	Сестринский уход в больнице	Оказание помощи ИИ и роботами для реабилитации людей с повреждениями головного мозга: помощь в оздоровительных тренировках и помощь в преодолении одиночества или других проблем с психическим здоровьем	Количество данных, необходимых для обучения ИИ / Время реабилитации

Заключение

В данной статье были рассмотрены основные аспекты использований технологии искусственного интеллекта в сфере здравоохранения. Была описана методика инновационного оценивания целесообразности использования искусственного интеллекта в медицинских организациях. Методология “7Rs” позволяет посредством ответов на перечень вопросов понять место искусственного интеллекта в части улучшения бизнес-процессов медицинской организации. В рамках дальнейшего исследования планируется формирование модели бизнес-процессов медицинской организации с учетом внедрения технологий искусственного интеллекта.

Список литературы

1. Artificial intelligence in medicine. URL: https://www.datarevenue.com/en-blog/artificial-intelligence-in-medicine (дата обращения: 24.05.2020).

2. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник / Под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. М.: Высшая школа, 2004. 616 с.

3. Альтшулер А.И., Альтшулер Ю.В. Особенности системного подхода в теории организации // Казанская наука. 2010. № 8(2). С. 262–268.

4. Ehaidib R., Dahanayake A. Cultural behavior features for adapting hospital information systems // J. Pokorný, M. Ivanović, B. Thalheim, P. Šaloun (eds.) Proceedings of the 20th East European Conference on Advances in Databases and Information Systems (ADBIS 2016), August 2016, Prague, Czech Republic. Lecture Notes in Computer Science. Vol. 637. Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 2016. P. 180–192. DOI: 10.1007/978-3-319-44066-8_19.

5. The 7Rs of Process Innovation. URL: http://www.stephenshapiro.com/pdfs/7rs.pdf (дата обращения: 24.05.2020).

УДК 004.62 : 004.85
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-223

Аверина Анастасия Александровна,
студент

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ В РАЗРАБОТКЕ МЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия,
averina.a@edu.spbstu.ru

Аннотация. Основная цель данной работы — выявление закономерности развития у человека болезни сердца по возрасту, полу и максимальной частоте сердечного ритма в момент выполнения физических упражнений для дальнейшего построения медицинской системы принятия решений. В исследовании подробно рассматривается возможность применения моделей логистической регрессии для прогнозирования вероятности выявления болезни сердца у конкретного пациента, построенных с использованием реальных данных об учете заболеваний сердца нескольких медицинских центров. Результаты экспериментов, описанные в работе, далее могут быть использованы для внедрения аналогичных систем принятия решения в медицинские организации.

Ключевые слова: системы принятия решений, язык программирования R, сердечно-сосудистые заболевания, модели логистической регрессии, *t*-тесты, хи-квадрат тесты.

Anastasiia A. Averina,
Master Student, BSc

APPLICATION OF DATA MINING METHODS IN THE DEVELOPMENT OF CLINICAL DECISION SUPPORT SYSTEMS

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia,
averina.a@edu.spbstu.ru

Abstract. In this paper, the relations between human sex, age, maximum heart rate at exercise and the development of cardiovascular diseases are analyzed. Logistic regression models are used to predict the possibility of the development of cardiovascular diseases for a particular patient. For the experiments I have used multiple cardiovascular disease datasets [1], which contain actual data from four medical centers. The results of the experiments can further be used in the deployment of the decision support systems in health organizations.

Keywords: decision support systems, R programming language, cardiovascular diseases, logistic regression models, t-tests, chi-squared tests.

Введение

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) – это группа болезней сердца и кровеносных сосудов, включающая гипертонию, инфаркт, инсульт, сердечную недостаточность, ревматические заболевания сердца, врожденные пороки сердца и т.д., которые могут протекать в скрытой форме долгое время, клинически никак себя не проявляя. По данным ВОЗ именно эти заболевания являются основной причиной преждевременной смерти людей в развитых странах мира. Поэтому организации здравоохранения все чаще внедряют в свою структуру системы принятия решений, использующие методы интеллектуального анализа данных и помогающие клиническим специалистам в постановке диагнозов, прогнозировании болезней, разработке направлений лечения. Таким системам приходится обрабатывать большие объемы данных.

1. Описание набора данных

Основная цель данной работы – выявление закономерности развития у человека болезни сердца по возрасту, полу и максимальной частоте сердечного ритма в момент выполнения физических упражнений.

В работе используется обезличенный набор данных, включающий в себя информацию об учете заболеваний сердца медицинских центров на базе клиник Лонг-Бич и Кливленда, Венгерского университета кардиологии, клиник при университетах в Базеле и Цюрихе [1]. В наборе содержатся характеристики 916-ти пациентов, база данных учитывает 76 атрибутов (возраст, пол, характер болей в грудной клетке, кровяное давление и т. д.) и 1 искусственный атрибут – идентификатор кортежа, представленные в виде единой структуры данных expdataset. Для обработки данных используется язык программирования R, предназначенный для статистической обработки данных, и свободная среда разработки программного обеспечения с открытым исходным кодом для языка программирования R – R-Studio [2].

Исходный набор данных был приведен к удобному для анализа виду – дискретный атрибут, описывающий наличие у пациента болезни сердца и его тяжесть, был представлен как «событие», т. к. характеризовался слишком большим диапазоном значений. В рамках данной работы тяжесть заболевания сердца не важна, поэтому диапазон значений атрибута

был сокращён до наличия у пациента болезни или ее отсутствия (события 1/0). Исходный атрибут «пол» был преобразован в специальный класс векторов, предназначенный для хранения кодов соответствующих уровней номинальных признаков – фактор с метками «Женщина» и «Мужчина».

2. Определение значимости влияния атрибутов набора на наличие болезни сердца

Для первичного определения атрибутов набора, оказывающих наибольшее влияние на наличие или отсутствие у пациента болезни сердца, были выбраны статистические *t*-тесты и хи-квадрат тесты, на выходе дающие показательные значения – тест-статистику и достигнутый уровень значимости (*p*-значение). В качестве нулевой гипотезы положена статистическая значимость равенства среднего значения каждого атрибута среди пациентов с болезнью сердца и без. В терминах статистики нулевая гипотеза заключается в том, что обе эти выборки происходят из нормально распределенных генеральных совокупностей с одинаковыми средними значениями: H_0:μ_1=μ_1. В общем виде проверка (тест) гипотезы осуществляется с помощью *t*-критерия, который рассчитывается как отношение разницы между выборочным средним и известным значением к стандартной ошибке выборочного среднего. Так как эти генеральные средние оцениваются в работе при помощи выборочных средних значений, формула *t*-критерия имеет вид

$$t = \frac{\overline{x_1} - \overline{x_2}}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}},$$

где в знаменателе находится стандартная ошибка разницы между выборочными средними, а s_1^2 и s_2^2 – выборочные оценки дисперсии.

Например, для атрибутов «возраст» и «пульс в режиме нагрузки», по результатам *t*-тестов достигнутый уровень значимости равен $2{,}2 \cdot 10^{-16}$. Таким образом, средние значения возраста и максимального пульса пациентов из рассматриваемых весовых групп (с болезнью и без) статистически значимо различаются и отвергая нулевую гипотезу о равенстве этих средних значений, можно ошибиться с вероятностью лишь $2{,}2 \cdot 10^{-14}$ %. Критическое значение хи-квадрат для таблицы сопряжённости, описывающей частоту возникновения болезней сердца среди мужчин и женщин, равно 85,605 с 1 степенью свободы. Т. к. критическое значение критерия хи-квадрат Пирсона при уровне значимости ниже 0,001 составляет менее 0,0000016, зависимость наличия болезни сердца от пола – статистически значима. Для иллюстрации была построена гистограмма

(см. рис. 1), из которой видно, что болезням сердца чаще подвержены мужчины – в 90 % случаев и лишь в 10 % случаев – женщины.

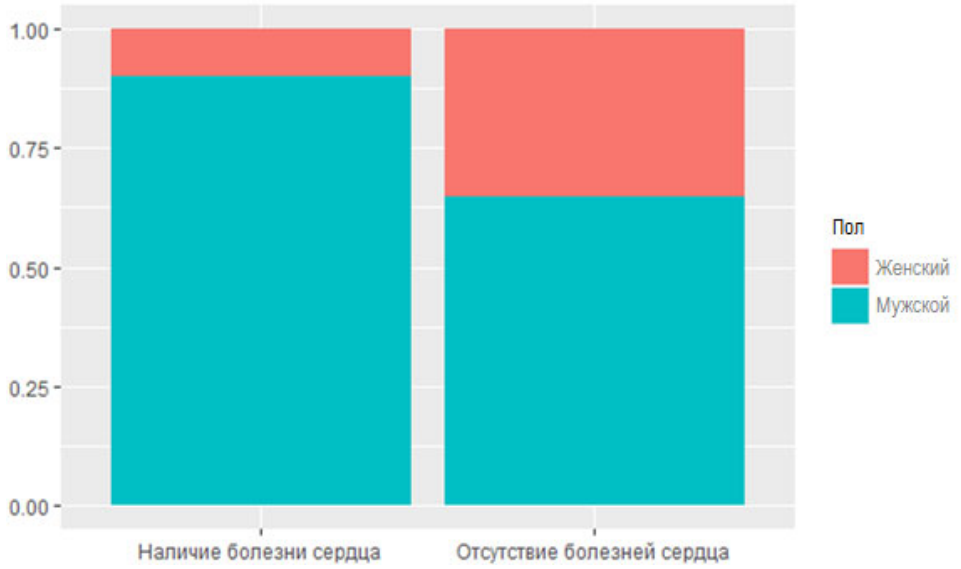


Рис. 1. Гистограмма зависимости наличия болезни сердца от пола

Статистические тесты и диаграммы, построенные также для других 72-х атрибутов, показали, что значения атрибутов: пол, возраст и максимальная частота пульса в нагрузке, – оказывают наибольшее влияние на возникновение у пациента болезни сердца.

3. Построение модели прогнозирования вероятности возникновения болезни сердца у пациента

Неформальной целью данной работы является построение модели прогнозирования вероятности приобретения человеком болезни сердца по возрасту, полу и частоте пульса в режиме нагрузки. В работе используются методы логистической регрессии, т. к. выходной атрибут один (наличие болезни сердца) и принимает бинарные значения, а количество входных атрибутов (пол, возраст, пульс в нагрузке) более двух. Бинарный атрибут зависим, поэтому исследованию подвергается влияние независимого атрибута на возможность получения определенного значения зависимого атрибута [3]. В среде R для применения обобщенных линеаризованных моделей (регрессий) к бинарным выходным атрибутам выбрана команда glm().

```
typemodel ← glm(data = expdataset, cl_reduced ~ age + sex + maxheartrate,
                family ="binomial")
```

Чтобы доказать значимость влияния атрибутов «пол», «возраст» и «пульс в нагрузке» на прогнозируемый атрибут, построенная модель регрессии позволяет определить количественное описание тесноты связи

признака А с признаком Б или отношение шансов. То есть, как сильно наличие или отсутствие признака влияет на наличие или отсутствие значения выходного атрибута. В языке R при использовании функции glm() отношение шансов вычисляется для каждого входного атрибута по умолчанию. В полученной модели показателем отношения шансов для трех входных атрибутов является экспоненцированное свойство 'OR' (см. рис. 2).

	term	estimate	std.error	statistic	p.value	OR	lower_CI	upper_CI
	<chr>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>
1	(Intercept)	0.431	0.805	0.535	5.93e- 1	1.54	0.317	7.46
2	age	0.0471	0.00920	5.11	3.16e- 7	1.05	1.03	1.07
3	sexMale	1.49	0.198	7.54	4.87e-14	4.44	3.01	6.53
4	maxheartrate	-0.0281	0.00353	-7.96	1.78e-15	0.972	0.966	0.979

Рис. 2. Таблица коэффициентов модели прогнозирования

Отношение шансов для входного атрибута «пол» намного больше 1, а для атрибутов «возраст» и «максимальный пульс» примерно равно 1, что говорит о положительном влияние наличия этих признаков на прогнозируемый атрибут. Таким образом, значимость влияния выбранных входных атрибутов доказана статистически, визуально и аналитически.

Чтобы построенная выше модель предсказывала вероятность проявления болезни сердца у каждого нового пациента, была создана структура данных new_expdataset, из которой задаются определенные значения входных атрибутов, определяющих вероятность – к примеру, 23 года, женщина, 173 уд./мин. Модель настраивается на прогнозирование выходного атрибута при каждом добавлении нового кортежа в созданную структуру. В исходный набор записывается свойство, указывающее, что вероятность возникновения болезни более 50 %. Для отображения вероятности возникновения сердечной болезни для каждого нового пациента, значения, рассчитанные функцией, сохраняются в отдельную переменную.

```
pred_prob ← predict(typemodel, expdataset, type = "response")
expdataset$pred_cl ← ifelse(pred_prob >= 0.5, 1, 0)
new_expdataset ← data.frame(age = 23, sex = "Female", maxheartrate = 173)
pred_new ← predict(typemodel, new_expdataset, type = "response")
```

Полученная вероятность возникновения сердечной болезни для 23-летней женщины с максимальной частотой сердечного ритма 173 ударов в минуту в режиме физической активности равна 0,034 (3,4 %), то есть возникновение болезни сердца маловероятно.

4. Оценка точности модели прогнозирования

Для оценки точности построенной прогнозирующей модели были использованы наиболее распространенные метрики оценивания моделей логистической регрессии – доля правильно предсказанных значений, ошибка классификации, площадь под ROC-кривой (AUC) и матрица ошибок. Было решено использовать 4 разные метрики, т.к. каждая оценка имеет свои преимущества и недостатки – посчитанная ошибка классификации может ввести в заблуждение, если выходное значение не сбалансировано или у одного из классов довольно высокая априорная вероятность, а преимуществом AUC является инвариантность относительно отношения цены ошибки первого или второго рода.

В R для построения всех трех видов метрик используется библиотека Metrics, а именно функции auc(), accuracy() и ce(), которые рассчитывают площадь под ROC-кривой, долю правильно предсказанных значений и ошибку классификации соответственно. Метрики дают схожие значения вплоть до третьего порядка после запятой – в соответствие с ними, построенная модель точна приблизительно на 69 % (0,69), так как в некоторых случаях данные были отнесены к неверному классу, что видно в матрице ошибок. Из 389 человек, не имеющих болезни сердца, 304 были правильно классифицированы, а 85 – нет. А из 472 человек, имеющих болезнь сердца, правильно классифицированы были 366. Такие показания точности были расценены, как удовлетворительные для решения поставленной задачи.

Заключение и выводы

По результатам можно сделать вывод о том, что, для мужчины в преклонном возрасте и с более низкой максимальной частотой сердечного ритма в режиме физической активности, наличие болезни сердца вероятнее всего, т.к. эти три показателя являются самыми серьезными факторами риска возникновения болезни сердца. Построенная модель может быть применена для расчета вероятности возникновения болезни у случайного пациента и использована для диагностики болезней сердца.

Модель является достаточно точной для решения практических задач – 69 % (0,69). Один из способов повышения точности модели - включение в модель других подходящих входных атрибутов из исходного набора и расширения набора за счет новых экспериментальных данных.

На данный момент в качестве задачи для дальнейшего исследования была выбрана оценка эффективности использования алгоритмов кластеризации в определении направлений лечения пациентов с болезнями сердца. Пациенты с одинаковыми или похожими значениями атрибутов должны откликаться на один и тот же метод лечения, а изучение данного вопроса позволит предсказывать результат такого лечения.

Список литературы

1. UCI. Machine Learning Repository. URL: https://archive.ics.uci.edu/ml/machine-learning-databases/heart-disease/ (дата обращения: 01.05.2020).

2. Lantz B. Machine learning with R. 2nd. ed. Birmingham, UK: Packt Publishing, 2015. 452 p.

3. Барсегян А. А., Куприянов М.С., Степаненко В.В., Холод И.И. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining. СПб.: БХВ-Петербург, 2004. 336 с.

4. Брюс П., Брюс Э. Практическая статистика для специалистов Data Science: 50 важнейших понятий / Пер. с англ. СПб.: БХВ-Петербург, 2018. 304 с.

УДК 004.422
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-224

Сердюкова Мария Александровна [1],
студент магистратуры;
Курбесов Александр Валерьянович [2],
канд. экон. наук, доцент кафедры

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ «ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕЕСТР ВЕТЕРАНОВ ВОЙН» (ЭР ВВ)

[1, 2] Ростовский государственный экономический университет (РИНХ),
Ростов-на-Дону, Россия,
[1] maria_sun777@mail.ru, [2] akurbesov@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрен комплекс современных решений в сфере безопасности и хранения данных в медицинских учреждениях. Разработанный программный продукт позволяет осуществить процесс накопления необходимой информации на основе современных интернет-технологий. Основной задачей разработанного веб-приложения, является централизация и хранение данных о ветеранах войн Ростовской области. «Электронный реестр ветеранов войн» (ЭР ВВ) представляет собой легко структурированное веб-приложение. В статье описаны функции и механизмы веб-приложения, его структура, сформулированы особенности его построения. Задача веб-приложения «Электронный реестр ветеранов войн» (ЭР ВВ) – это ведение актуального учета качественных и количественных отчетов, в рамках заданной предметной области. На основе полученных данных была проведена исследовательская работа реальных статистических данных о состоянии здоровья ветеранов войн. Вносимые данные способствовали оперативному принятию адекватных лечебно-диагностических решений.

***Ключевые слова*:** веб-приложение, «Электронный реестр ветеранов войн», качественные отчеты, количественные отчеты, хранение данных, MVC, C#, HTML, фреймворк, веб-фреймворк, jQuery, JavaScript.

Maria A. Serdyukova[1],
Graduate Student;
Alexander V. Kurbesov[2],
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor

WEB APPLICATION "ELECTRONIC REGISTER OF WAR VETERANS" (ER WV)

[1, 2] Rostov State University of Economics, Rostov-on-Don, Russia,
[1] maria_sun777@mail.ru, [2] akurbesov@yandex.ru

Abstract. The article considers the complex of modern solutions in the field of security and data storage in medical institutions. The developed software product allows the process of accumulating the necessary information based on modern Internet technologies. The main objective of the developed web application is the centralization and storage of data on war veterans of the Rostov region. The "Electronic Register of War Veterans" (ER WV) is an easily structured web application. The article describes the functions and mechanisms of a web application, its structure, formulates the features of its construction. The task of the web application "Electronic Register of War Veterans" (ER WV) is to maintain an up-to-date record of qualitative and quantitative reports within a given subject area. Based on the data obtained, research was carried out on real statistics on the health status of war veterans. The data entered contributed to the prompt adoption of adequate diagnostic and treatment decisions.

Keywords: web application, "Electronic register of war veterans", qualitative reports, quantitative reports, data storage, MVC, C #, HTML, framework, web framework, jQuery, JavaScript.

Введение

Одним из перспективных методов информатизации медицинских учреждений является централизация и хранение данных при помощи современных веб-технологий и переход от устаревших десктопных систем к веб-приложениям. Исследования свойств веб-приложений показывают, как можно значительно сэкономить денежные и временные затраты по эксплуатации и сопровождению системы. Целью исследования является – разработка архитектуры веб-приложения, предоставляющего быстрый доступ к хранимым данным, с возможностью расширения функционала под любые цели и задачи. Разработанное веб-приложение «Электронный реестр ветеранов войн» (ЭР ВВ) осуществляет персонифицированный учет ветеранов войн, проживающих на территории Ростовской области, а так же определение факта прикрепления к медицинской организации.

Веб-приложение (рис. 1) включает в себя комплекс самых современных решений в сфере безопасности и учета данных. ЭР ВВ представляет собой легко структурированное веб-приложение, разобраться в котором сможет даже начинающий пользователь, что очень актуально при эксплуатации в медицинских организациях.

Проект позволяет решить прежде остро стоящую задачу учета и систематизации данных о ветеранах войн всех медицинских учреждений Ростовской области для получения стационарного лечения. Основанием для получения путевки на госпитализацию являются данные внесенные медицинскими организациями Ростовской области в веб-приложение ЭР ВВ (рис. 1). Анализ данных, хранящийся в веб-приложении ЭР ВВ (рис. 1) обеспечивает высокий уровень профессиональной компетентности врачей при верификации основного диагноза среди множества сопутствующих и фоновых патологических состояний.

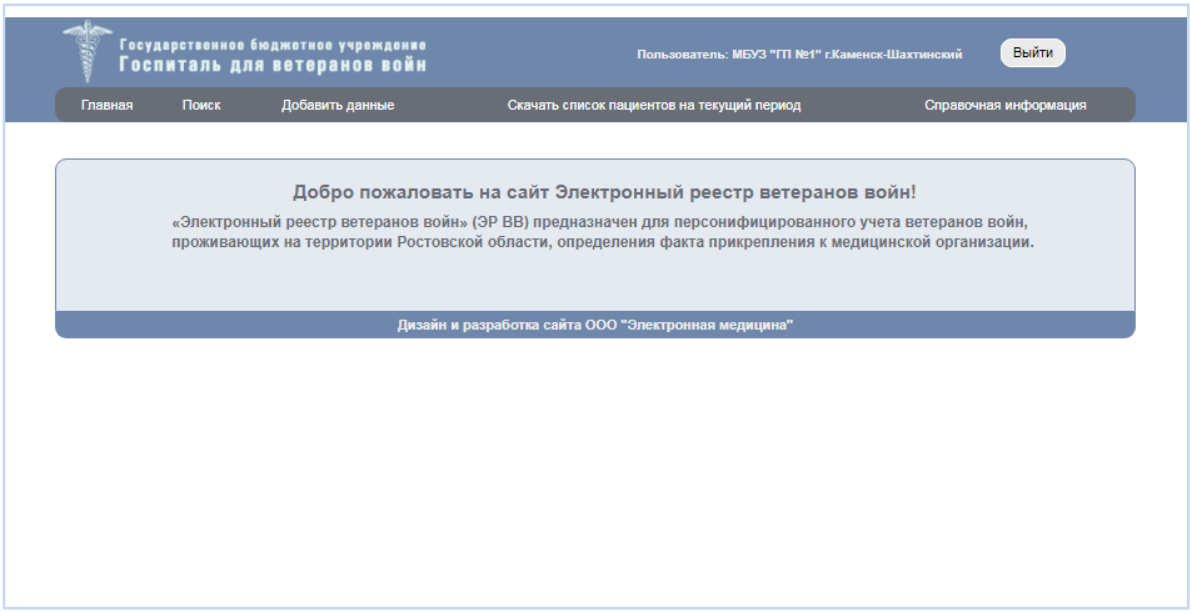


Рис. 1. Технические характеристики

Выбор средств программной реализации представляет собой сложную задачу и является одним из важных этапов при разработке веб-приложения. Выбранные программные продукты должны удовлетворять как текущие, так и будущие потребности медицинских организаций.

«Электронный реестр ветеранов войн» (ЭР ВВ) (рис. 2) разработан на основе фреймворка asp.net MVC 5 [1] для создания веб-приложений, который реализует шаблон MODEL-VIEW-CONTROLLER [1]. Основой веб-фреймворка является объектно-ориентированный язык C# [3]. Дизайн и разметка страниц включает не только HTML 5, но так же движок представлений Razor. Цель используемого движка Razor осуществить легкое и быстрое определение HTML к коду C#, а так же повысить производительность, загрузку и кеширование страниц в веб-браузере. Для реализации гибкого многоуровневого администрирования веб-приложения, был создан и внедрен провайдер ролей. Провайдер ролей включает в себя комплекс механизмов по системе авторизации пользователей в веб-приложении [2].

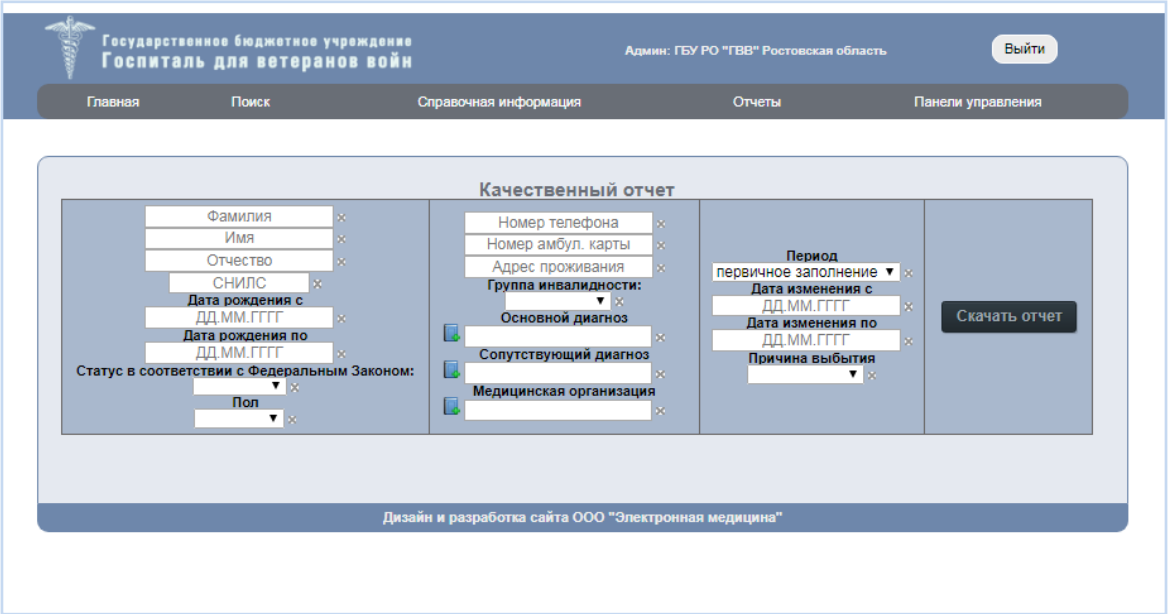


Рис. 2. «Электронный реестр ветеранов войн»

Для повышения безопасности применяется двойная система хеширования паролей пользователей ЭР ВВ. Со стороны администратора веб-приложения в лице Государственного Бюджетного Учреждения «Госпиталя для ветеранов войн» ведется строгий учет всех данных для авторизации пользователей медицинских организаций. Доступ для изменения данных предоставляется только к карточкам, введенных данной медицинской организацией. Администратор определяет доступ к обрабатываемым сведениям для участников информационного взаимодействия. При этом сведения, предоставляемые медицинскими организациями, определяются списочным составом по текущему состоянию ЭР ВВ.

В роли системы управления реляционными базами данных, выступает Microsoft SQL Server [2]. В системе управления разработана архитектура базы данных, традиционными программными технологиями и аппаратными средствами, удовлетворяющими многие прикладные области – потребителей или поставщиков информации. В рамках необходимости сбора бэкапов был реализован механизм автоматического резервного копирования базы данных.

Все участники информационного взаимодействия осуществляют обмен данными в рамках организованного ГБУ РО «Госпиталь для ветеранов войн» информационного ресурса реализованного в режиме «онлайн». Принципы организации информационного ресурса:

- единое защищенное хранилище информации;
- организация доступа участникам информационного взаимодействия в круглосуточном бесперебойном режиме.

В качестве сервера используется MS IIS 7. Веб-приложение размещено на серверной машине в ФФОМС Ростовской области с операционной системой Windows Server 2019 [2]. Доступ со стороны пользователей происходит с выделенного IP адреса по защищенной сети ViPNet (VPN). ViPNet-координатор-сервер, который и организует защищенную сеть. Все машины медицинских организаций, где установлен ViPNet Client для связи между собой подключаются через него.

Структура проекта

Проект, включает в себя целый комплекс механизмов, позволяющий выполнять множество задач со стороны пользователей медицинских организаций (рис. 3 – 4) [6]. Выбранный при разработке фреймворк asp.net MVC 5 [1] позволяет значительно расширить набор функций и механизмов веб-приложения. Таким образом, практика показала, что серверная и клиентская часть проекта может быть расширена без потери времени и вносимых данных МО.

Веб-приложение включает в себя функции:

- регистрации пользователя медицинской организации;
- ввода и редактирование карточек ветеранов войн (АРМ врачей);
- обеспечивает управление правами доступа к данным;
- загрузка справочников МКБ в формате, предоставленном ФФОМС;
- ведение справочника территорий;
- ведение справочника МО;
- ведение справочника статусов ветеранов войн;
- ведение справочника отчетных периодов;
- ведение реестра ветеранов войн с учетом отчетного периода;
- формирование отчетов с использованием системы установленных критериев отбора информации;
- выгрузкой качественно-количественных отчетов формата .xlsx.

Был разработан механизм фиксирования периодов внесения данных со стороны медицинских организаций. Администратор ГБУ «Госпиталя для ветеранов войн» создает отчетный период и фиксирует даты начала и окончания внесения данных. Закрытие периода происходит в автоматическом режиме, согласно указанным датам.

Все компоненты системы ЭР ВВ обеспечивают обнаружение и отображение программных ошибок и ошибок в данных на экране и в журнале документирования работы. С целью предотвращения ввода дублирующей информации, система осуществляет проверку заполнения СНИЛС, даты рождения и ФИО.

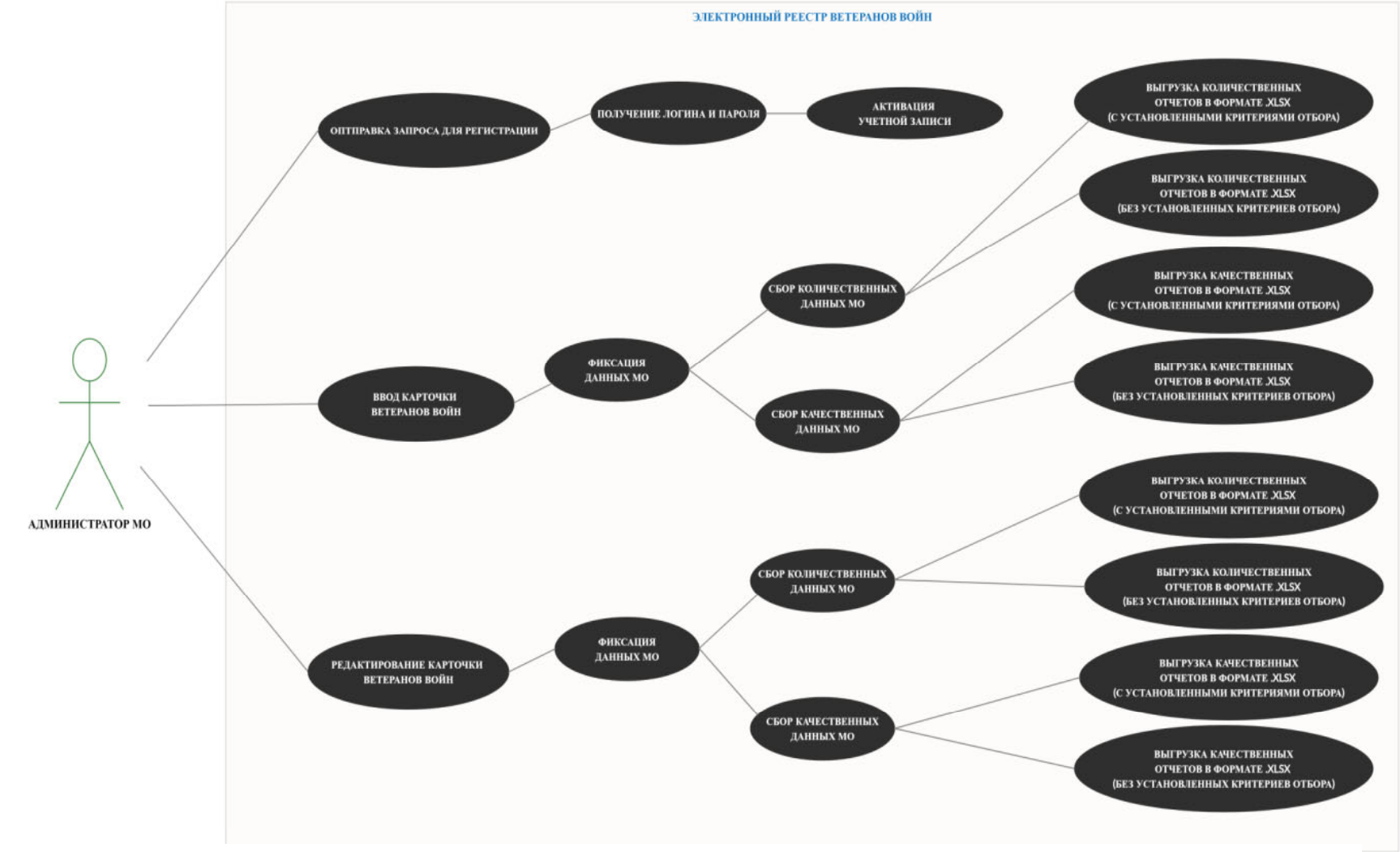


Рис. 3. Особености веб-приложения (выполняемые задачи пользователя)

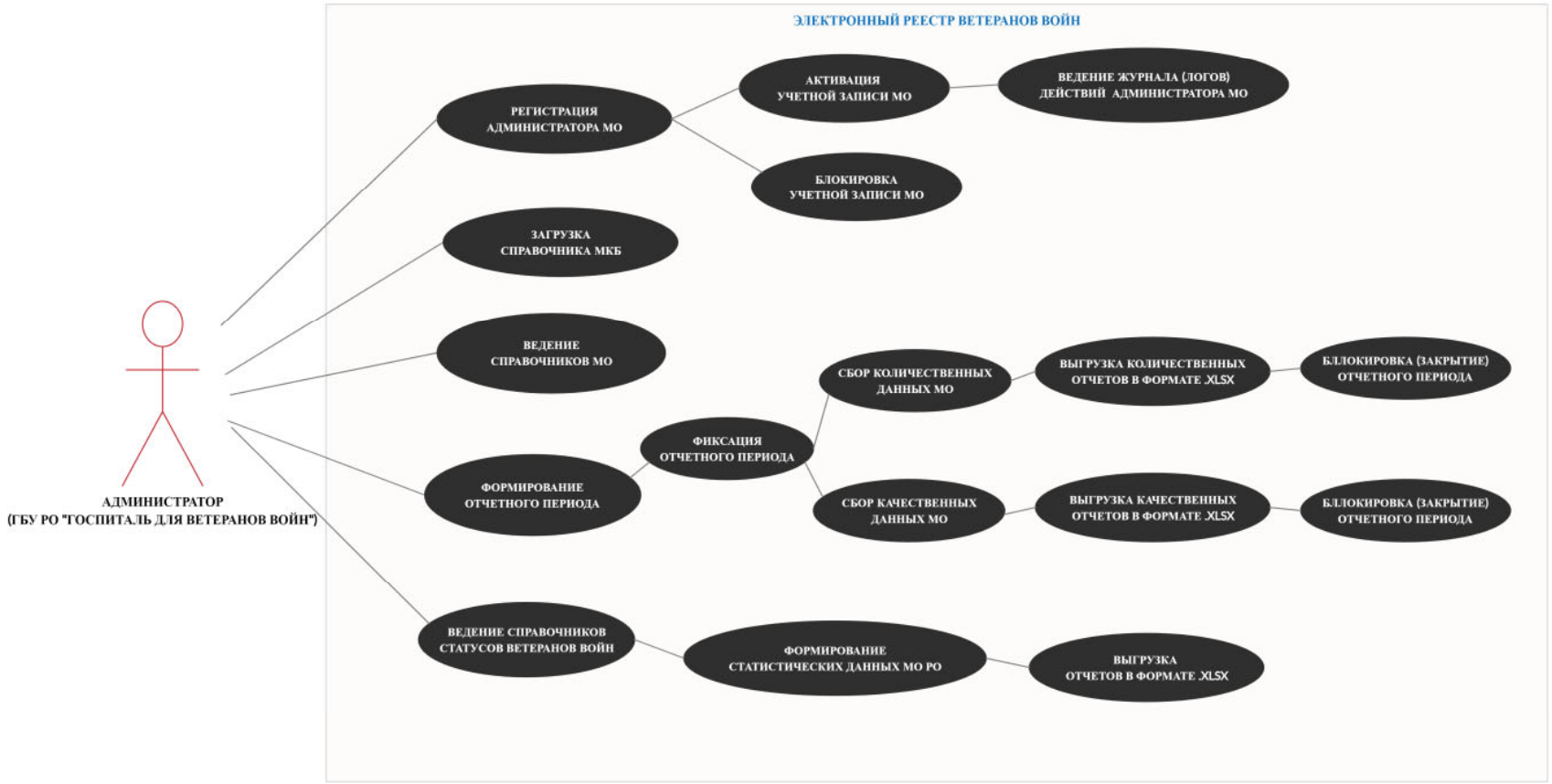


Рис. 4. Особености веб-приложения (выполняемые задачи пользователя)

Для пользователей медицинских организаций разработан вспомогательный механизм электронных отчетов в формате xlsx. Отчеты формируются в режиме «онлайн» исходя из установленных пользователем критериев фильтрации. Отчеты носят качественный и количественный характер. Система в автоматическом режиме предоставляет, требуемые отчеты на скачивание пользователю.

Вопросы построения пользовательского интерфейса являются одними из самых важных в процессе разработки приложения. В случаи разработки веб-приложения они являются особенно актуальными. Для ускорения процессов ввода, поиска или редактирования данных используются вспомогательные плагины jQuery. Задача состояла в максимальном ускорении реакции на любое действие пользователя. JavaScript позволяет реагировать на действие со стороны пользователей медицинских организаций с минимальной задержкой.

Еще одна из особенностей веб-приложения ЭР ВВ является низкий порог вхождения в процесс эксплуатации. В приложении предусмотрена подробная инструкция по использованию всего функционала. Многие поля для ввода автоматизированы по системе «в один клик». Поиск по карточкам ветеранов оптимизирован и максимально упрощен, что существенно сократит затрату времени пользователя. Благодаря вспомогательным текстам и строгой системе валидации пользователю значительно легче анализировать сценарии процессов на экране. Значительная часть процессов в приложении вынесена на клиентскую часть, что опять же значительно экономит время и трафик.

Приложение ЭР ВВ вносит серьезную трансформацию в сфере работы ветеранских организаций. Основной функцией ветеранских организаций является учет ветеранов и изучение их проблем. Ежегодно количество участников второй мировой войны и боевых действий стремительно сокращается. Веб-приложение позволяет вести учет смертности ветеранов войн. Статистика, фиксирующаяся веб-приложением ЭР ВВ позволяет оценить уровень и качество оказываемых услуг в сфере здравоохранения.

Именно основываясь на статистические данные, полученные в ходе эксплуатации веб-приложения, выносятся те или иные решения по выполнению мероприятий в сфере социальной государственной поддержке. Данные вносимые в веб-приложении отображают уровень компетенции областных органов власти и медицинских организаций. Фиксация данных производится по всей Ростовской области.

Практические исследования показали, что после ввода в эксплуатацию веб-приложения значительно возросла точность и скорость диагностирования диагноза. Точная картина отображаемая ЭР ВВ значительно сократила временные затраты на сбор и аналитику данных, касающихся ветеранов войн.

Заключение

Актуальность и значимость данного проекта очень велика для медицинских организаций, как в экономическом смысле так и в социальном. Аналогов данному веб-приложению в Ростовской области нет. «Электронный реестр ветеранов войн» способствует улучшению уровня информатизации медицинских организаций. На сегодняшний день в ЭР ВВ внесено 19943 карточек ветеранов войн. Более 88 медицинских организаций использую данное веб-приложение. Проект был запущен в эксплуатацию осенью 2018 года, по всей Ростовской области (МБУЗ «Городская поликлиника №7» г. Ростова-на-Дону, МБУЗ ЦГБ г. Азова, МБУЗ ГБ №1 г. Шахты и т. д.).

В результате использования данного веб-приложения была создана централизованная база данных учета ветеранов войн и выявлено прикрепление к медицинским организациям. Охват данным веб-приложением помогает вести актуальный учет качественных и количественных отчетов.

Использование ЭР ВВ существенно сокращает время затраты на ведение учета данных. В виду интуитивно понятного интерфейса нет необходимости в обучении персонала. Исходя из особенностей технологий используемых при создании веб-приложения, нет необходимости в денежных тратах на организацию рабочего места оператора медицинского учреждения. «Электронный реестр ветеранов войн» способствует централизации программного обеспечения медицинских организаций и внутриорганизационному распространению полезных новинок в этой области.

В настоящее время ЭР ВВ позволяет видеть реальные статистические данных о состоянии здоровья ветеранов войн. Веб-приложение помогает прогнозировать некоторые процессы, что существенно ускоряет оказания своевременной помощи со стороны медицинских организаций. Вносимые данные в ЭР ВВ помогают ГБУ «Госпиталя для ветеранов войн» увеличить четкость функционирования учреждения в целом. Вносимые данные способствуют оперативному принятию адекватных лечебно-диагностических решений. Улучшен механизм оптимизации процессов обязательных отчетностей со стороны учреждений здравоохранения.

Список литературы

1. Сайт о программировании «METANIT.COM» [Электронный ресурс]. URL: https://metanit.com/sharp/ (дата обращения 04.04.2020).

2. Официальный сайт Microsoft Visual Studio 2010 [Электронный ресурс]. URL: http://www.microsoft.com/visualstudio/ru-ru (дата обращения 04.04.2020).

3. Культин Н.Б. Основы программирования в Microsoft Visual C# 2010. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 384 с.

4. Троелсен Э. Язык программирования C# 5.0 и платформа .NET 4.5. М.: Диалектика/Вильямс, 2015. 126 с.

5. Рихтер Д., ван де Боспурт М. Программирование на C# для профессионалов. М.: Вильямс, 2014. 368 с.

6. Леоненков А. Самоучитель UML. 2-е издание. СПб.: «БХВ-Петербург», 2004. 576 с.

7. Бадд Т. Обьектно-ориентированное программирование в действии: Пер. с англ. СПб.: «Питер», 1997. 464 с.

УДК 004.855.5
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-225

Монахов Вадим Александрович[1],
студент магистратуры;
Магер Владимир Евстафьевич[2],
канд. техн. наук, ст. науч. сотр., доцент

МОДЕЛИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

[1, 2] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия,
[1] vadimmonakhov007@gmail.com, [2] mv@qmd.spbstu.ru

Аннотация. Зависимость от информационных систем постоянно растет, поэтому становится все более важным понимать качество системы, поскольку системы, обеспечивающие низкое качество обслуживания, порождают дорогостоящие последствия. Показано, что решение проблем с опозданием, например, после внедрения, является чрезмерно дорогостоящим, поскольку может включать в себя перестройку и повторную реализацию всей программной системы. Таким образом, важно анализировать качество программного обеспечения системы на ранней стадии, а именно, во время проектирования системы.

Ключевые слова: оценка качества, моделирование качества, надежность информационной системы.

Vadim A. Monakhov[1],
Master Student;
Vladimir E. Mager[2],
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

MODELING OF INFORMATION SYSTEMS' QUALITY

[1, 2] Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia,
[1] vadimmonakhov007@gmail.com, [2] mv@qmd.spbstu.ru

Abstract. Dependence on information systems is constantly growing, so it is becoming important to understand the quality of the system, because systems that provide poor quality of service generate costly consequences. It is shown that solving problems

with delay, for example, after implementation, is excessively expensive, since it may involve rebuilding and re-implementing the entire software system. Thus, it is important to analyze the quality of the system software at an early stage, namely, during the design of the system.

Keywords: estimation of quality, modeling of quality, reliability of information system.

Введение

В априорном анализе качества программного обеспечения (ПО), в дополнение к анализу компонентов, которые разрабатываются с нуля, также необходимо проанализировать существующие компоненты, которые интегрируются в систему, поскольку разработчики ПО используют их для экономии затрат на разработку.

1. Постановка задачи

При решении данной задачи можно сфокусироваться на двух важных аспектах раннего анализа качества ПО: стоимость анализа и оценка параметров. Прежде чем их обсуждать, рассмотрим проблемное пространство в раннем анализе качества ПО, изображенное на рисунке 1.

По горизонтали указано количество информации, доступной для компонентов системы. Инженеры-программисты могут разрабатывать новые компоненты или интегрировать в систему существующие компоненты, возможно предоставленные сторонними производителями.

По вертикали отражена стоимость анализа. Хотя в случае доступности реализации методы, основанные на тестировании, могут быть применены, они являются дорогостоящими, поскольку включают выполнение большого числа запросов. Если исходный код или двоичные файлы доступны, могут применяться методы анализа программ и/или обратного инжиниринга. Несмотря на то, что эти методы имеют менее дорогостоящие, они не применимы, когда двоичные файлы доступны, но не могут быть подвержены анализу качества.

В предлагаемой информационной системе реализуется подход, основанный на сценариях. Идея имеет реализации, но все существующие решения имеют недостатки, поскольку не позволяют получить ответы на вопросы:

1) Как можно обосновать модель надежности, описывающей поведение сложной системы, состоящее из многосценарных последовательностей, если модель не масштабируется?
2) Как можно эффективно оценить надежность системы, если система состоит из десятков или сотен одновременно работающих компонентов и сценариев со схожим поведением?

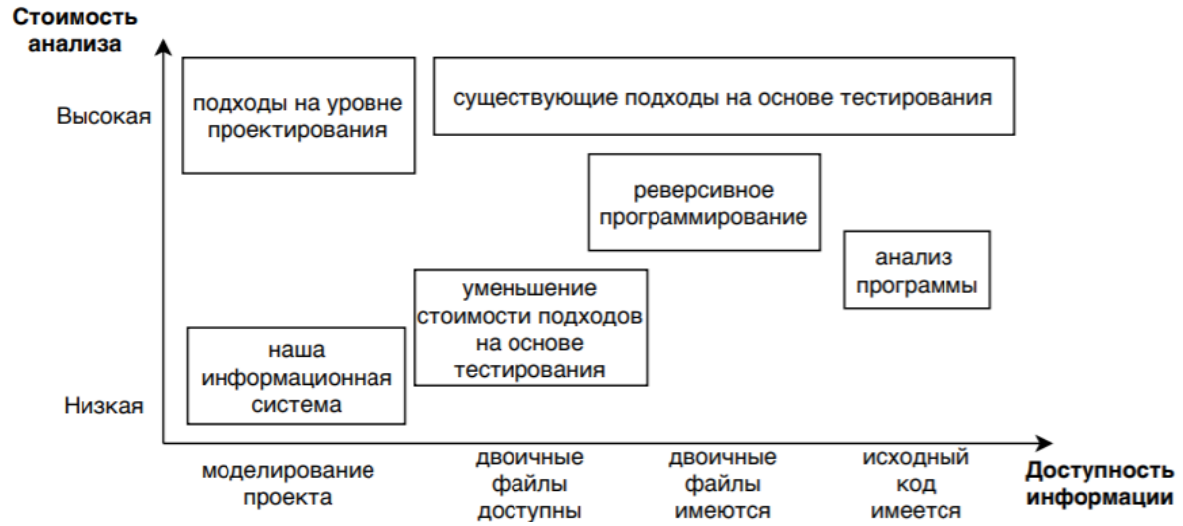


Рис. 1. Проблемное пространство в раннем анализе качества ПО

В предлагаемой системе определена возможность оперировать с последовательными комбинациями сценариев без необходимости анализировать полную модель системы, при этом не упрощая взаимосвязанность и независимость сценариев. Эта информационная система включает 3 процесса деятельности, предназначенных для базовых сценариев, сложных последовательных сценариев (далее – *ПОСЛ)* и сложных параллельных сценариев (далее – *ПАР)*. Каждый из этих процессов включает шаги для решения задач соответствующих моделей надежности и времени выполнения; последнее используется в *ПАР* сценариях. Вначале анализу подлежат базовые сценарии, и результаты этого анализа передаются на более сложные *ПОСЛ* и *ПАР* сценарии. Важными параметрами при вычислении моделей надежности, основанных на сценариях, являются: среднее время ожидания отправки запроса от компонента до компонента (когда запросов на принимающий компонент больше 1), результат передачи или приема запроса, который отмечается состоянием компонента *СОБЫТИЕ* или *СОСТОЯНИЕ ОТКАЗА* (обозначим их как *С* и *СО* соответственно).

Анализ модели надежности сценария будет основываться на условных вероятностях ненахождения компонента в *СО* при условии выполнения соответствующего сценария.

Прототипом предлагаемой информационной системы является системой сенсорной сети, реализованной с помощью фреймворка MIDAS, которая отслеживает температуру в комнате и включает или выключает кондиционер в соответствии с уникальными температурными пожеланиями пользователя (рис. 2). Воспользуемся ей для дальнейшей оценки.

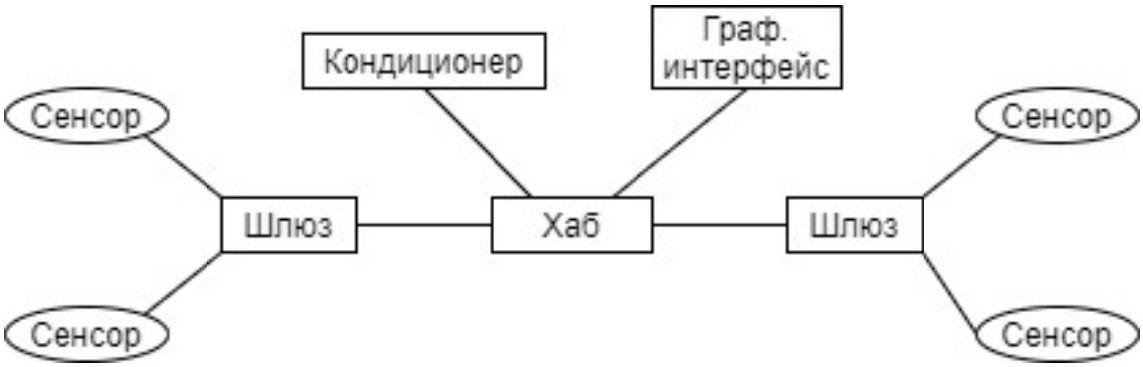


Рис. 2. Система MIDAS

Мы создаем модели надежности, основанные на сценариях (MHOC) по аналогии с существующими исследованиями [1] (*шаг 1.1*). Особенностью этого подхода является генерация состояния отказов для базовых сценариев на основе соответствия между моделями надежности компонента и сгенерированной MHOC. Таким образом удается повторно использовать информацию о дефектах архитектуры на уровне компонентов, что делает анализ надежности более полезным, а не заставлять инженера угадывать состояния отказа. Затем мы расширяем сгенерированную MHOC для моделирования конкуренции за ресурсы с помощью специальных состояний «постановки в очередь» (*шаг 1.2*). После того, как модель надежности MHOC построена и СМО для случая конкуренции решена, мы решаем MHOC для надежности сценария (*шаг 1.3*) и времени завершения (*шаг 1.4*), используя стандартные методы.

2. Базовый сценарий

Чтобы сгенерировать MHOC для сценария, вначале требуется сгенерировать подмодель для каждого компонента в каждом сценарии, а затем применить параллельную композицию.

Для примера MIDAS компоненты модели для сценария *СенсорШлюз* изображены на рисунке 3. В подмодели также включены состояния отказа (-1) и возможные переходы в состояние отказа и из него.

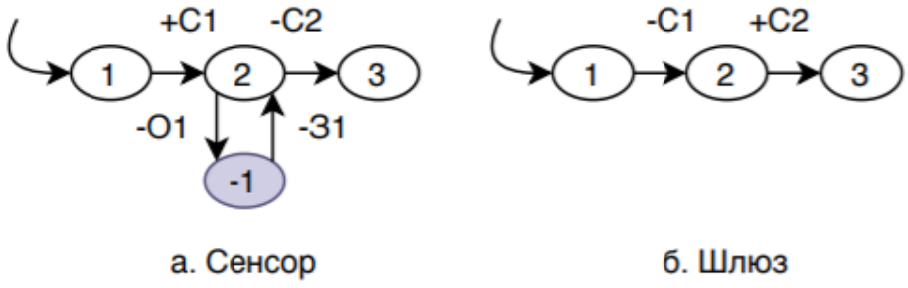


Рис. 3. Подмодели компонента *СенсорШлюз*

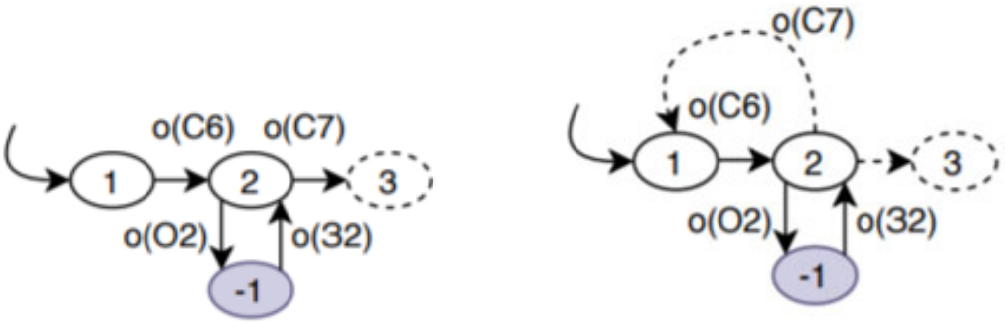
Дополнительной информацией, включаемой в МНОС, являются результаты моделирования конфликтов, а именно: состояние очереди q, определяемое как

$$Q(j,q) = q(E) \text{ и } Q(q,k) = q(ready),$$

где E – событие, инициирующее переход из состояния j в состояние k; *ready* – событие, когда отвечающий готов обработать запрос вызывающего.

Последнее определяется как $q(ready) = \frac{1}{T_{wait}}$, где T_{wait} – среднее время ожидания вызывающего. Для вычисления T_{wait} решается сеть массового обслуживания, которая описывает поведение запросов в очереди.

Для поиска надежности базового сценария полагаем, что система работает в течение длительного времени, и что после выполнения анализируемого сценария $Scen_i$ она в итоге снова его выполнит. Выполнение сценария заканчивается, когда он собирается перейти в *Конечное* состояние, которое представляет начало другого сценария. Поэтому мы убираем *Конечное* состояние и перераспределяем скорость перехода в начальное состояние. К примеру, в МНОС для *ГИПЗапрос* (*запрос к графическому интерфейсу*) на рисунке 4.а мы заменяем переход из состояния 2 в состояние 3 переходом из состояния 2 в состояние 1, при скорости перехода $q(07)$, как показано на рисунке 4.б.



а. *ГИПЗапрос* б. Переход из состояния 2 в состояние 1

Рис. 4. Оценка перераспределения для *ГИПЗапрос*

Теперь эту модель можно решить для установившегося вектора вероятности состояний $\vec{\pi}_i$, тогда надежность сценария вычисляется следующим как

$$r_i = 1 - \sum_{f \in F_i} \pi_i(f), \quad (1)$$

где F_i – набор состояний отказа в МНОС для $Scen_i$. Матрица оценки модели *ГИПЗапрос* после перераспределения:

$$\begin{matrix} 1 \\ 2 \\ -1 \end{matrix}\begin{bmatrix} -0.005 & 0.005 & 0 \\ 0.1 & -0.11 & 0.01 \\ 0 & 0.4 & -0.4 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Решение этой матрицы с использованием стандартного метода дает: $\vec{\pi}_i = \begin{bmatrix} 0.9512 & 0.0476 & 0.0012 \end{bmatrix}$, следовательно, надежность сценария *ГИПЗапрос* составляет $r_i = 1 - 0.0012 = 0.9988$.

Для обеспечения условия параллелизма в *ПАР* сценарии необходимо определить время выполнения базового сценария. Пусть $T_i(S)$ – это время выполнения, когда система находится в состоянии i из МНОС для $Scen_i$, т. е. $T_i(1)$. Вычислим $\vec{T}_i$, применив анализ переходных процессов, которые соответствуют решению уравнения (3):

$$Q_i' \cdot \vec{T}_i = -e, \quad (3)$$

где Q_i' – матрица после удаления строк и столбцов, отвечающих за конечное состояние в матрице Q_i, e –вектор-столбец содержащий -1 и имеющий соответствующие размерности. Согласно сценарию *ГИПЗапрос*, матрица оценок Q_i' определяется уравнением (2).

Применив уравнение (3) к Q_i', для *ГИПЗапроса* получим: $\vec{T}_i = \begin{bmatrix} 201.03 & 1.025 & 3.525 \end{bmatrix}$, из чего следует t_i = 201.03. Значения t_i для MIDAS приведены в таблице 1.

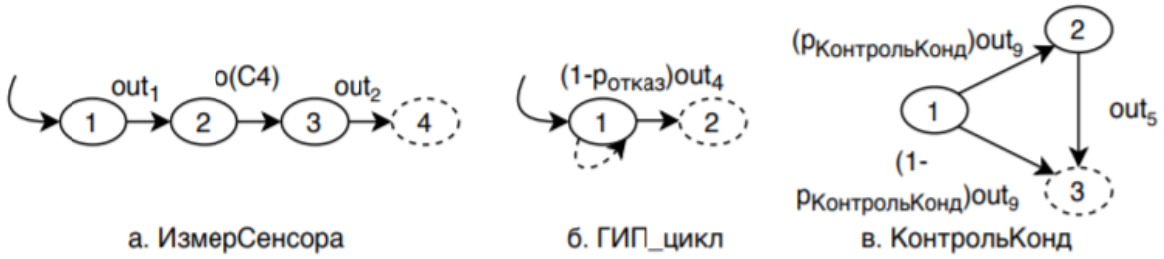
Таблица 1

Значения r_i и t_i для MIDAS сценария

Сценарий	r_i	t_i	Сценарий	r_i	t_i
СенсорШлюз	0,9900	6,2625	ШлюзХаб	1	15
ШлюзПодт	1	2	Сенсоры_ПАР	0,9876	9,3937
ШлюзПодт_ПАР	1	3	ИзмерСенсора	0,9876	27,394
ГИПЗапрос	0,9999	201,03	ИзмнТемпКонд	1	0,5
ГИП_цикл	0,9999	205,13	КонтрольКонд	0,9999	205,28
Система	0,9940	287,46	---	---	---

3. Последовательные сценарии

При их анализе применим стохастическое дополнение, скомбинировав подсценарии МНОС, входящие в *ПОСЛ* сценарий. Для этого вначале генерируем состояния модели (подсценарии), а затем вычисляем скорости перехода относительно примененного стохастического дополнения. Если *ПОСЛ* сценарий $Scen_i$ имеет подсценарий $Scen_k$, выполняемый после другого подсценария $Scen_i$, добавляеся переход из состояния j в состояние k в МНОС для $Scen_i$. МНОС для сценария *ПОСЛ* в MIDAS изображены на рисунке 5.



а. ИзмерСенсора б. ГИП_цикл в. КонтрольКонд

Рис. 5. МНОС для *ПОСЛ* сценария

Скорости для каждого перехода, определенного выше, вычисляются как:

$$Q_i(j,k) = [p_i(j,k)] \cdot out_j, \tag{4}$$

где $p_i(j,k)$ – это вероятность выполнения $Scen_k$ после выполнения $Scen_j$, out_j определяется как:

$$out_j = \sum_{s \in S_i} [p_j(s)] \cdot Q_i(s, End), \tag{5}$$

где S_j – набор состояний в сценарии $Scen_j$, $p_j(s)$ – вероятность устойчивого состояния нахождения в состоянии s в $Scen_j$, $Q_j(s,End)$ –оценка перехода из состояния s в конечное состояние в $Scen_j$.

Например, для *ГИП_цикл*, показанного на рис. 5.б, $Scen_i$ = *ГИП_цикл* и $Scen_j$ = *ГИПЗапрос*, и оценки перехода из состояния 1 в состояние 2 могут быть вычислены по формуле:

$$Q_i(1,2) = P_i(1,2) \cdot \left\{ \sum_{s \in S_j} [p_i(s) \cdot Q_j(s, End)] \right\} \tag{6}$$

На основании (6) можно рассчитать оценку перехода из состояния 1 в состояние 2 для $Scen_i$:

$$Q_i(1,2) = (1 - P_{отказ}) \cdot [p_j(2)] \cdot [q(E7)] = 0.98 \cdot 0.005 \cdot 1 = 0.0049.$$

Когда мы перемещаемся вверх по уровню иерархии к *КонтрольКонд*, оценка перехода из состояния 1 в состояние 2 в МНОС для *КонтрольКонд* на основании (6) будет следующей:

$$Q_i(1,2) = (P_{КонтрольКонд}) \cdot (1) \cdot [Q_j(1, End)] = 0.3 \cdot 1 \cdot 0.0049 = 0.0015.$$

Надежность последовательного сценария вычисляется аналогично базовому. После вычисления $\vec{p}_i$ и r_j для всех подсценариев в $Scen_j$, надежность этого сценария рассчитывается на основе уравнения:

$$r_i = 1 - \sum_j p_i(j) \cdot r_j. \tag{7}$$

В рассматриваемом примере для определения $\vec{p}_i$ воспользуемся МНОС для *КонтрольКонд*, и после перераспределения скорости перехода в конечное состояние получим следующую матрицу скоростей:

$$\begin{bmatrix} -0.0015 & 0.0015 \\ 2 & 2 \end{bmatrix}.$$

Решая эту модель, получаем: $\vec{p}_i$ = [0.9993 0.0007]. Надежность *ИзмнТемпКонд* равна 1, поэтому в данном сценарии дефекты отсутствуют. Следовательно, надежность сценария *КонтрольКонд* состовляет: r_i = 0.993·0.9999 + 0.0007·1 = 0.9999. Надежность остальных сценариев, показанных в табл. 1, вычисляются аналогично.

Время выполнения последовательного сценария состоит из объединения времени выполнения подсценариев. Для примера рассмотрим сценарий *ГИП_цикл*. Матрица скоростей для вычисления времени выполнения с обновлением скоростей вычисляется следующим образом. Пусть $Scen_i$ = *ГИП_цикл*, а $Scen_j$ = *ГИПЗапрос*, тогда, используя матрицу скоростей и вероятностный вектор установившегося состояния, указанный выше, можно обновить скорость перехода из состояния 1 в состояние 2 как:

$$Q_i(1,2) = p_i(1,2) \cdot \frac{1}{t_j} = (1 - 0.02) \cdot \frac{1}{201.03} = 0.0049.$$

Применив формулу (3), и рассчитываем время выполнения *ГИП_цикл*: 205,12 ед. времени.

Следующим уровнем вверх по иерархии является сценарий *КонтрольКонд*. Пусть $Scen_i$ = *КонтрольКонд*, и $Scen_j$ = *ГИП_цикл*, тогда скорость перехода из состояния 1 в состояние 2 в *КонтрольКонд* равна

$$Q_i(1,2) = p_{1,2} \cdot \frac{1}{t_j} = p_{КонтрольКонд} \cdot \frac{1}{t_j} = 0.3 \cdot \frac{1}{205.12} = 0.0015.$$

Аналогично, скорость перехода из состояния 1 в состояние 3 составляет:

$$Q_i(1,3) = p_{1,3} \cdot \frac{1}{t_j} = (1 - p_{КонтрольКонд}) \cdot \frac{1}{t_j} = 0.7 \cdot \frac{1}{205.12} = 0.0034.$$

Скорость перехода из состояния 2 в состояние 3 – это скорость завершения *ИзменТемпКонд*, которая равна $Q_i(2,3) = \frac{1}{0.5} = 2.$ С учетом этих параметров матрица скоростей модели Q' (рис. 5) выглядит следующим образом:

$$Q' = \begin{matrix} 1 \\ 2 \end{matrix} \begin{bmatrix} -0.0047 & 0.0015 \\ 0 & -2 \end{bmatrix} \qquad (8)$$

Таким образом, скорость завершения *КонтрольКонд* после решения Q' с использованием уравнения 3 равна: $t_i = 205.28$ ед. времени.

***Шаги моделирования ПАР сценария**:*

1) определение возможных комбинаций сценариев,
2) создание модели,
3) усечение модели,
4) вычисление вероятностей комбинаций,
5) вычисление надежностей комбинаций,
6) вычисление надежности сценария,
7) вычисление времени выполнения.

Описание вычисления параллельных сценариев заслуживает отдельного внимания, но это описание слишком громоздко, поэтому будет опубликовано в следующей статье.

Заключение

Описаны основы предлагаемой информационной системы, базирующейся на понятии сценариев, состояний компонентов и их переходов между состояниями в системе, качество которой оценивается.

Для каждого типа сценариев указаны шаги и приведено описание этих шагов, необходимых для моделирования сценариев и вычисления их надежности и времени выполнения.

Дальнейшее применение и последующая оценка предлагаемой системы демонстрируют положительные результаты, показывают преимущества в сравнении с аналогичными подходами. Так, например, предлагаемая система обладает хорошей масштабируемостью, и при увеличении числа компонентов или базовых сценариев не проигрывает в точности. Другим преимуществом является тот факт, что даже при большой масштабируемости вычислительные ресурсы и стоимость вычислений остаются практически на прежнем же уровне, за счет примененного усечения моделей без потери точности в прогнозировании и оценки надежности.

Список литературы

1. Yacoub S., Cukic B., Ammar H.H. A scenario-based reliability analysis approach for component-based software // Proc. of the IEEE Transactions on Reliability. December 2004. Vol. 53(4). Publisher: IEEE. P. 465–480. DOI: 10.1109/TR.2004.838034.

2. Stewart W. Probability, Markov Chains, Queues, and Simulation: The Mathematical Basis of Performance Modeling. Princeton, New Jersey, USA: Princeton University Press, 2009. 776 p.

УДК 004.054
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-226

Калугян Каринэ Хачересовна[1],
канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры Информационных систем и прикладной информатики;
Щербакова Капитолина Николаевна[2],
зав. сектором контроля качества;
Глущенко Марина Владимировна[3],
магистрант кафедры
Информационных систем и прикладной информатики

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

[1, 3] Ростовский государственный экономический университет (РИНХ), Ростов-на-Дону, Россия,
[1] kalugyan@yandex.ru, [3] mary_kush@mail.ru
[2] НИИ «Спецвузавтоматика», Ростов-на-Дону, Россия,
kapitolina-orlova@yandex.ru

Аннотация. Рассматриваются вопросы осуществления контроля качества разрабатываемого программного обеспечения путем проведения тестирования. Для визуального моделирования процессов тестирования используется язык UML.

Ключевые слова: программное обеспечение, контроль качества, тестирование, моделирование.

Karine Kh. Kalugyan[1],
Associate Professor, The Department of Information Systems and Applied Computer Science, PhD in Economics, Associate Professor;
Kapitolina N. Shcherbakova[2],
Head of the Quality Control Sector
Marina V. Glushchenko[3],
Master Student, The Department of Information Systems and Applied Computer Science

MODELING SOFTWARE QUALITY CONTROL PROCESSES

[1, 3] Rostov State University of Economics, Rostov-on-Don, Russia,
[1] kalugyan@yandex.ru, [3] mary_kush@mail.ru
[2] Research Institute “Specvuzavtomatika”, Rostov-on-Don, Russia,
kapitolina-orlova@yandex.ru

Abstract. The issues of quality control of the developed software through testing are considered. The UML language is used for visual modeling of testing processes.

Keywords: software, quality control, testing, modeling.

Необходимость совершенствования процессов обеспечения качества программного обеспечения (ПО) сегодня осознается практически всеми компаниями-разработчиками. Даже те фирмы, которые ранее полагались на удачу в деле обеспечения качества, создают обособленные подразделения контроля качества, налаживают и развивают процессы тестирования.

Среди причин повышения внимания к качеству программного обеспечения отметим обострение конкуренции на рынке прикладного программного обеспечения. Клиенты становятся более «избалованными», они больше не готовы мириться с ошибками и простоем. «Лишь бы считало» – этого больше не достаточно.

Вторая причина – неудовлетворенность сотрудников (разработчиков, специалистов по сопровождению, менеджеров). Даже если потребителя устроит не вполне качественный продукт, производство такого продукта со временем приведет к ухудшению психологического климата в фирме. Не получая морального удовлетворения от качественно выполненной работы разработчики и специалисты по сопровождению либо уйдут, либо станут относиться к работе «спустя рукава».

Наконец, третья причина заключается в том, что не только клиент, но и фирма-разработчик несет убытки от некачественного программного обеспечения. Выпуск «заплаток», взаимодействие с клиентами по поводу их претензий может обойтись дороже, чем профилактическое поддержание системы на приемлемом уровне качества.

На рисунке 1 представлена диаграмма классов для анализа предметной области тестирования программного обеспечения [1].

Традиционное тестирование (в рамках «методологии» “code & fix”) предполагает хаотичное, интуитивное исполнение сотрудником различных функций с целью поиска неисправностей.

В большинстве организаций используются современные методологии тестирования, основанные на понятиях сценария тестирования или тест-кейса, а также соответствующий инструментарий. Такое тестирование предполагает изучение возможностей системы, после чего для тестирования каждой из них строится формальный сценарий. Иногда сценарий делается вырожденным – в виде т.н. чек-листа. Исполнение тестовых сценариев гарантирует гораздо большую вероятность нахождения багов (дефектов). Деятельность по созданию сценариев (тест-дизайн) поручается квалифицированным сотрудникам.

Часть тестовых сценариев может быть автоматизирована с помощью специального программного обеспечения, позволяющих создавать скрипты для исполнения определенных задач.

Класс **тест-кейс** является ключевым для данной модели. Тест-кейс представляет сценарий тестирования. Он призван обеспечивать контроль какой-то определенной функциональной возможности **программы**.

Каждый тест-кейс содержит предварительное условие (что нужно сделать, чтобы начать тест-кейс), описание, код и название, а также уровень важности (например, можно использовать трехуровневую шкалу High, Medium, Low).

Тест-кейсы объединены в группы, которые называются **тест-сьюты**.

Каждый тест-кейс включает **шаги**. Каждый шаг тест-кейса имеет номер, действие и ожидаемый результат.

После того, как выпускается обновленная или новая **версия** программы начинается работа по планированию тестирования. Формируется тестовый **план**. Этой работой занимается старший тестировщик или руководитель группы тестирования. Создание планов – всегда компромисс между желанием максимально проверить программу и ограниченными ресурсами. В обязательном порядке максимально строго проверяется новая или модифицированная функциональность. Но остальные функции, проверенные ранее для предыдущих версий также подвергаются частичной проверки в рамках регрессионного тестирования.

Тестовый план содержит набор тест-кейсов, которые следует оттестировать для данной версии на определенной **конфигурации** оборудования.

Класс **Результат** отражает результат прогона конкретного тест-кейса. Включает **результаты шагов** этого тест-кейса. Для каждого шага фиксируется статус результата – пройден/провален. В последнем случае провален и сам тест-кейс.

В случае провала формируется **Дефект** или иначе «баг». Каждый дефект получает уникальный номер, название, описание (обязательно конфигурацию, условие и т. д.), дату и время создания, уровень критичности (например, High, Medium, Low). Дефект создается тестировщиком, добившемся провала тест-кейса под руководством старшего тестировщика.

Для возможности воспроизведения дефекта программистом он содержит **вложения**: **картинки** снимков экрана, **видео** действий тестировщика, **sql-скрипт** для создания необходимой ситуации в базе данных и т. д.

Далее начинается деятельность по багтрекингу. Начинается «жизнь» дефекта – программист его воспроизводит, начинает исправлять. Иногда ведется обширная переписка с помощью **ответов**. В результате дефект меняет свой статус, вплоть до уровня «закрыт» после проверки тестировщиком. Как правило, исправление дефекта включается в следующую версию ПО. На рисунке 2 показана диаграмма прецедентов для процессов тестирования.

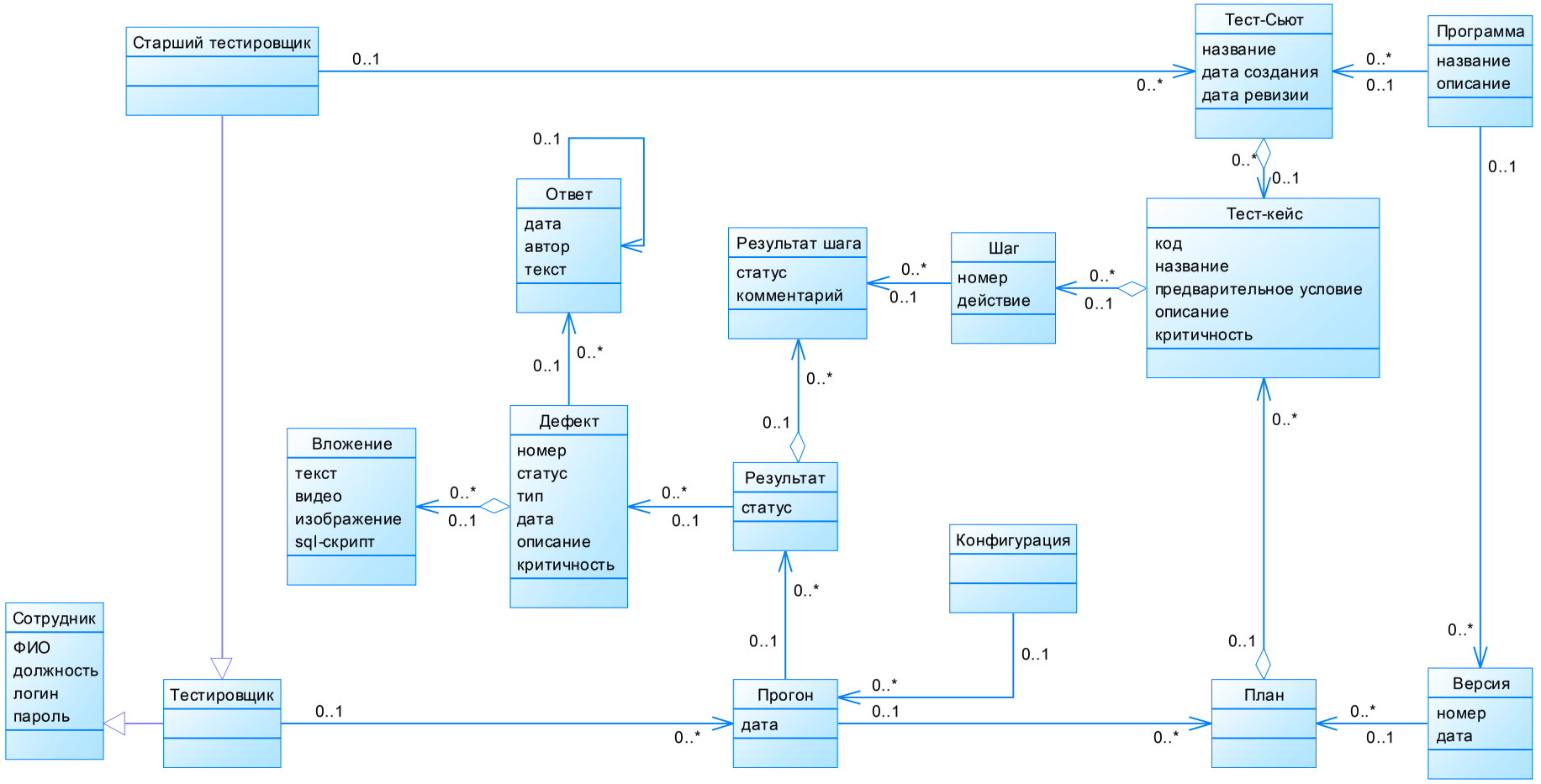


Рис. 1. Диаграмма классов предметной области процессов тестирования

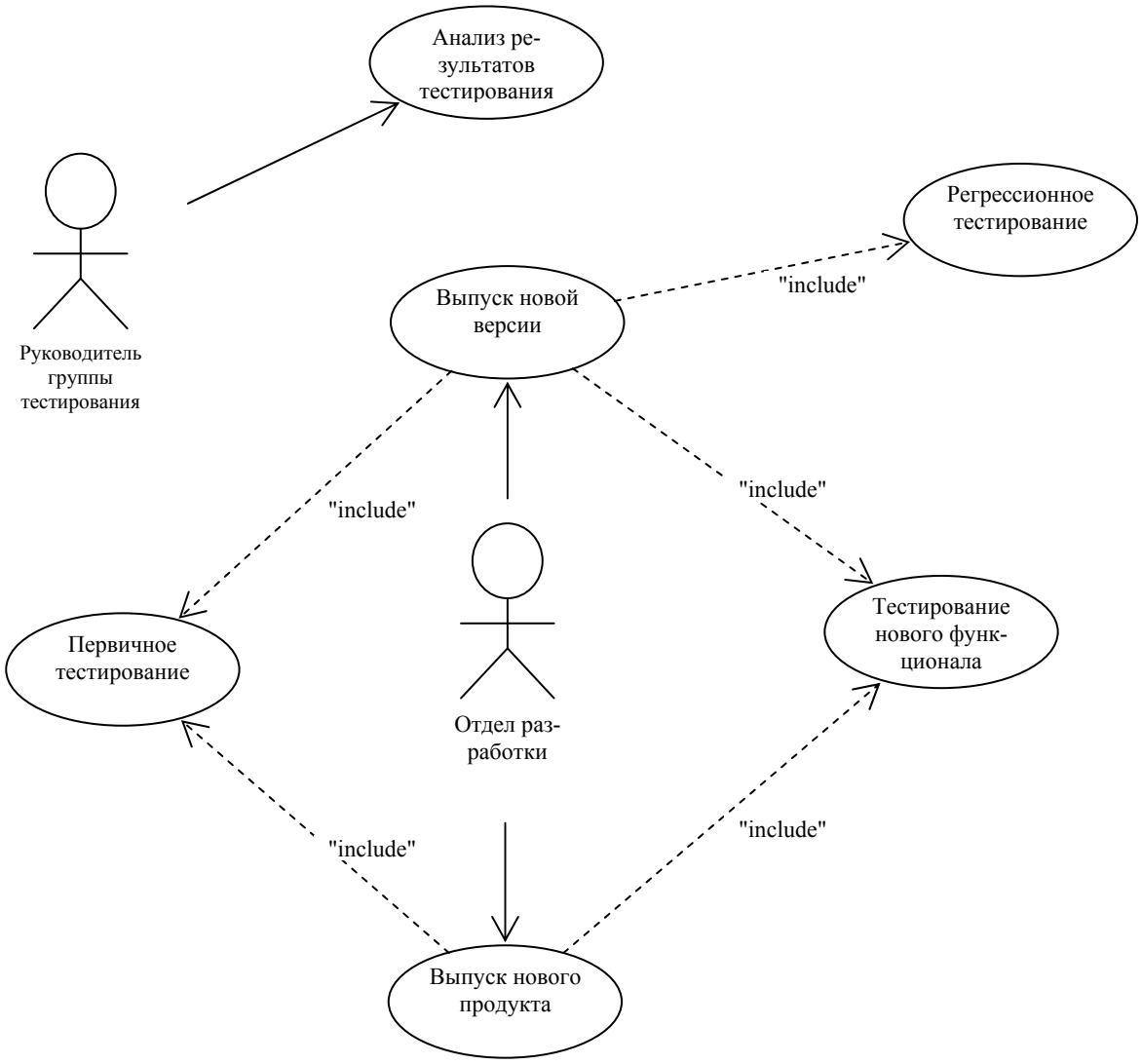


Рис. 2. Диаграмма прецедентов совокупности бизнес-процессов тестирования ПО

Здесь также действует актер **Отдел разработки**, который выпускает новое ПО и новые версии существующего ПО. Каждый такой прецедент заставляет отдел тестирования исполнять соответствующий бизнес-процесс тестирования ПО.

Сначала осуществляется **первичное тестирование** (smoke, дымовое), которое призвано убедиться, что программа запускается и позволяет исполнять основной функционал.

Тестирование нового функционала – основной прецедент, который включает изучение спецификации, подготовку тестовых сценариев (в соответствии с правилами и приемами тест-дизайна), планирование прогонов (исходя из компромисса между желанием тотального тестирования и ограниченными возможностями отдела), прогона тестовых сценариев на разнообразных конфигурациях и вынесение вердикта.

Для новых версий существующего ПО имеется прецедент **Регрессионное тестирование** (связан отношением «include»), то есть повторное тестирование ранее проверенных компонентов.

Актер **Руководитель группы тестирования** (QA Team Lead) здесь выступает и как актер, который осуществляет **анализ результатов** тестирования с определенной периодичностью. Цель – оценка качества ПО и контроль эффективности работы сотрудников.

На рисунке 3 приведен ключевой бизнес-процесс «Тестирование нового функционала». Этот процесс стартует после выдачи нового или модифицированного программного обеспечения. В нем задействованы все сотрудники группы.

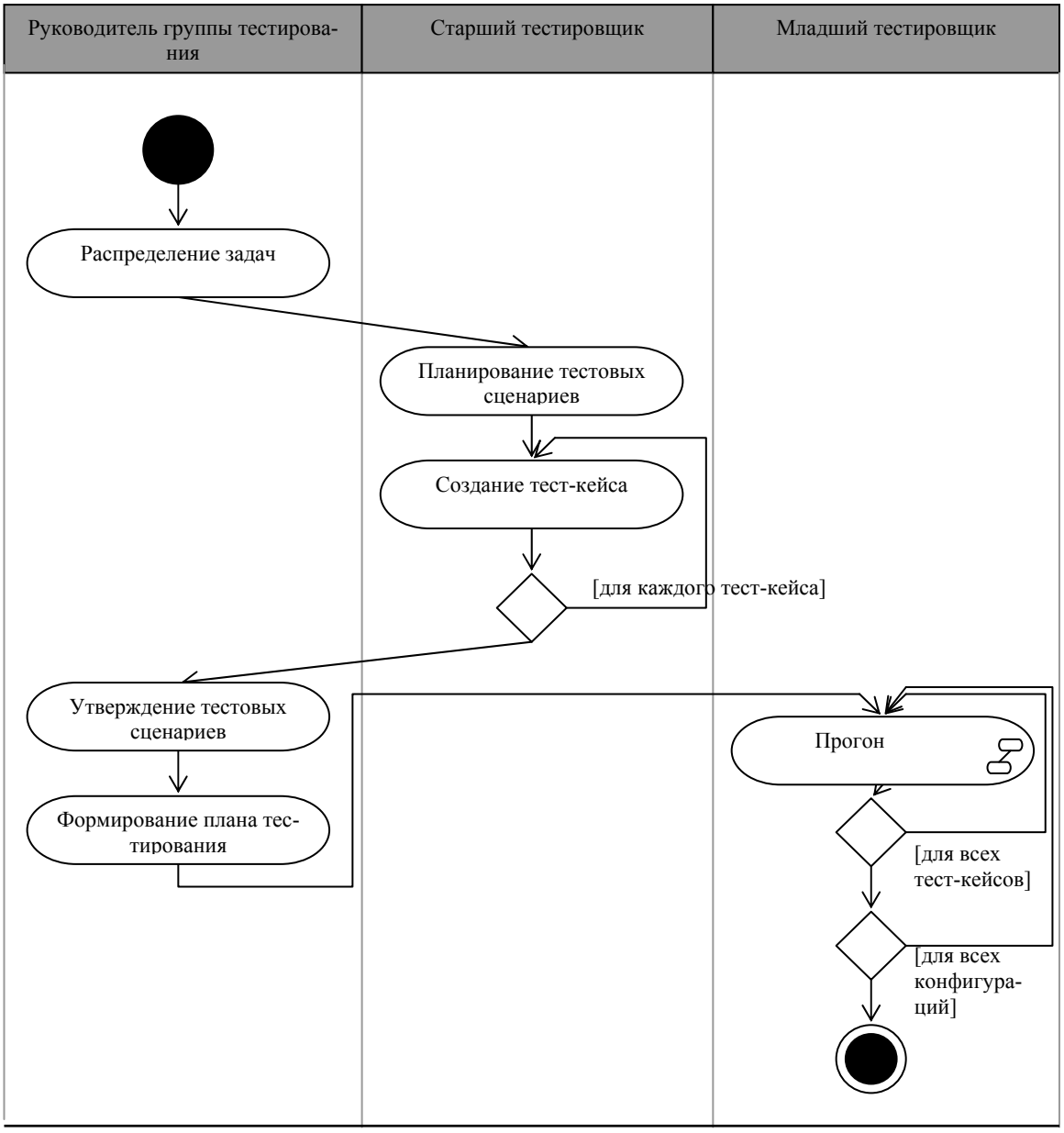


Рис. 3. Бизнес-процесс «Тестирование нового функционала»

Прежде всего, руководитель осуществляет планирование, проводя декомпозицию главной задачи и «разбрасывая» подзадачи между подчиненными. Старший тестировщик приступает к разработке тестового покрытия нового функционала. Планируются тестовые сценарии, которые соответствуют новым функциям и обеспечивают возможности их проверки, причем как по основной, так и по альтернативным веткам их исполнения. Затем прорабатывается каждый сценарий (тест-кейс) в отдельности. Совокупность тест-кейсов передается руководителю на утверждение. Далее создаются тестовые планы, которые и исполняются, как правило, младшим тестировщиком путем прогонов тест-кейсов на всех назначенных конфигурациях оборудования. Если на каком-то шаге возникают отклонения фактического результата исполнения от ожидаемого, то исполнение тест-кейса прекращается. Как шаг, так и тест-кейс считаются проваленными, а тестировщик заводит дефект в системе багтрекинга.

Представленные диаграммы позволили [1]:

1) описать совокупность бизнес-процессов на самом высоком уровне абстракции;

2) описать границы исследуемой системы;

3) выделить актеров и показать их связи с бизнес-процессами;

4) показать, что диаграммы могут служить основой для автоматизированного построения имитационной модели.

Разработанная визуальная UML-модель бизнес-процессов служит основой для построения имитационной модели тестирования программного обеспечения путем ее автоматизированного синтеза [2, 3].

Список литературы

1. Хубаев Г.Н., Калугян К.Х., Родина О.В., Щербаков С.М., Широбокова С.Н. Визуальное и имитационное моделирование деловых процессов для экспресс-оценки ресурсоёмкости товаров и услуг // The scientific heritage. 2016. № 5 (5). С. 92–99.

2. Хубаев Г.Н., Щербаков С.М. Особенности построения и использования системы автоматизированного синтеза имитационных моделей СИМ-UML // Имитационное моделирование: теория и практика» (ИММОД-2015): Материалы Седьмой Всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. М., 2015. С. 400–403.

3. Широбокова С.Н., Щербаков С.М. Возможности метода и программного комплекса автоматизированного синтеза имитационных моделей деловых процессов // Труды Междунар. науч.-техн. конф. «Компьютерное моделирование 2008». СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. С. 259–268.

УДК 004.051
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-227

Двоеглазов Денис Александрович[1],
студент, бакалавр;
Магер Владимир Евстафьевич[2],
канд. техн. наук, ст. науч. сотр., доцент

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕПРЕРЫВНОЙ ИНТЕГРАЦИИ

[1, 2] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия,
[1] denisdvoeglazov1996@gmail.com, [2] mv@qmd.spbstu.ru

Аннотация. В работе произведен анализ применения подхода непрерывной интеграции в целях оптимизации процесса разработки программного обеспечения и выявлены особенности указанного метода. Полученные оценки результативности доказывают эффективность использования непрерывной интеграции.

Ключевые слова: непрерывная интеграция, результативность, разработка программного обеспечения.

Denis A. Dvoeglazov[1],
Bachelor Student;
Vladimir E. Mager[2],
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

PERFORMANCE ASSESSMENT OF THE SOFTWARE DEVELOPMENT PROCESS' OPTIMIZATION USING CONTINUOUS INTEGRATION

[1, 2] Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, St.Petersburg, Russia,
[1] denisdvoeglazov1996@gmail.com, [2] mv@qmd.spbstu.ru

Abstract. Analyzes of using of the continuous integration aimed on optimization of the software development process, as well as identifying of peculiarities of this method, are carried out in the paper. The resulting performance assessments prove the effectiveness of using of continuous integration.

Keywords: continuous integration, effectiveness, software development.

Введение. Повышение эффективности процессов, связанных с разработкой программного обеспечения, является востребованной и актуальной задачей. Одним из наиболее перспективных направлений опти-

мизации данных процессов является применение непрерывной интеграции [1].

Непрерывная интеграция (НИ) представляет собой практику разработки программного обеспечения, которая заключается в выполнении частых автоматизированных сборок проекта. Данный подход позволяет своевременно обнаруживать и решать проблемы, возникающие в процессе разработки [2]. Однако использование НИ предоставляет разработчикам программного обеспечения и другие преимущества. Например, в работе [3] описаны возможности средств НИ с точки зрения автоматизации тестирования. Кроме того, использование данного подхода позволяет ускорить ввод программного продукта в эксплуатацию за счет обработки сред и конфигураций [4].

Данная работа посвящена оценке результативности применения непрерывной интеграции в процессе разработки программного обеспечения.

Постановка задачи. Основным критерия результативности процесса разработки программного обеспечения является время t_r, затрачиваемое на этапах написания программного кода, тестирования и ввода в эксплуатации разрабатываемого продукта. Для оценки результативности применения НИ в процессе разработки программного обеспечения используется соотношение:

$$R = \frac{T}{t_r}, \quad T = \min\left(t_r, t_p\right), \tag{1}$$

где t_p – время, отведенное на выполнение соответствующих этапов процесса разработки.

Исходные данные. Для того чтобы оценить результативность применения подхода непрерывной интеграции в процессе разработки программного обеспечения (ПО), были проанализированы 5000 проектов разработчиков с открытым исходным кодом, находящихся в общем доступе в онлайн-сервисе GitHub, и имеющими наибольший рейтинг GitHub за последний месяц.

По выбранным проектам была собрана следующая информация:

- название проекта;
- используется ли НИ;
- средство НИ (для проектов, использующих НИ);
- рейтинг GitHub;
- среднее время релиза (выхода новой версии ПО);
- количество релизов;
- основной язык программирования.

Для сбора данных был написан скрипт на языке Python, использующий API GitHub. Использование подхода непрерывной интеграции опре-

делялось на основе наличия в репозитории проекта конфигурационных файлов вида *-ci.yml.

Оценка результативности. Собранные данные о проектах были проанализированы на предмет использования подхода НИ. Результаты анализа свидетельствуют о том, что разработка ПО более чем в 57 % случаев проводится с использованием средств непрерывной интеграции (см. табл. 1).

Таблица 1

Количество проектов, использующих процессы непрерывной интеграции

Используется ли НИ	Число проектов	Доля проектов, %
Да	2863	57,26
Нет	2137	42,74

Также были определены наиболее популярные средства непрерывной интеграции. В большинстве случаев разработчики ПО отдают предпочтение двум системам – GitLab и Travis CI. При этом значительным преимуществом первой является поддержка тестирования ПО для ОС Linux и Windows, в то время как для Travis CI данная опция доступна только для ОС Linux. В таблице 2 приведен процент использования разработчиками различных средств НИ.

Таблица 2

Использование средств непрерывной интеграции

Показатель	GitLab	Travis CI	CircleCI	Jenkins	CloudBees
Доля проектов, %	44	39	11	6	<1
Число проектов	1259	1116	315	171	2

Для того чтобы определить, зависит ли рейтинг проекта от использования непрерывной интеграции, все проекты были разбиты на 25 групп согласно рейтингу GitHub. Каждая группа содержит около 200 проектов. После чего для каждой группы был вычислен процент проектов, использующих НИ (см. рис. 1).

Полученное распределение позволяет прийти к заключению, что в проектах с высоким рейтингом непрерывная интеграция применяется чаще. Так, в группе проектов с наибольшим рейтингом в 88% случаев при разработке применялась НИ. По мере уменьшения рейтинга проектов снижается и процент проектов, использующих НИ.

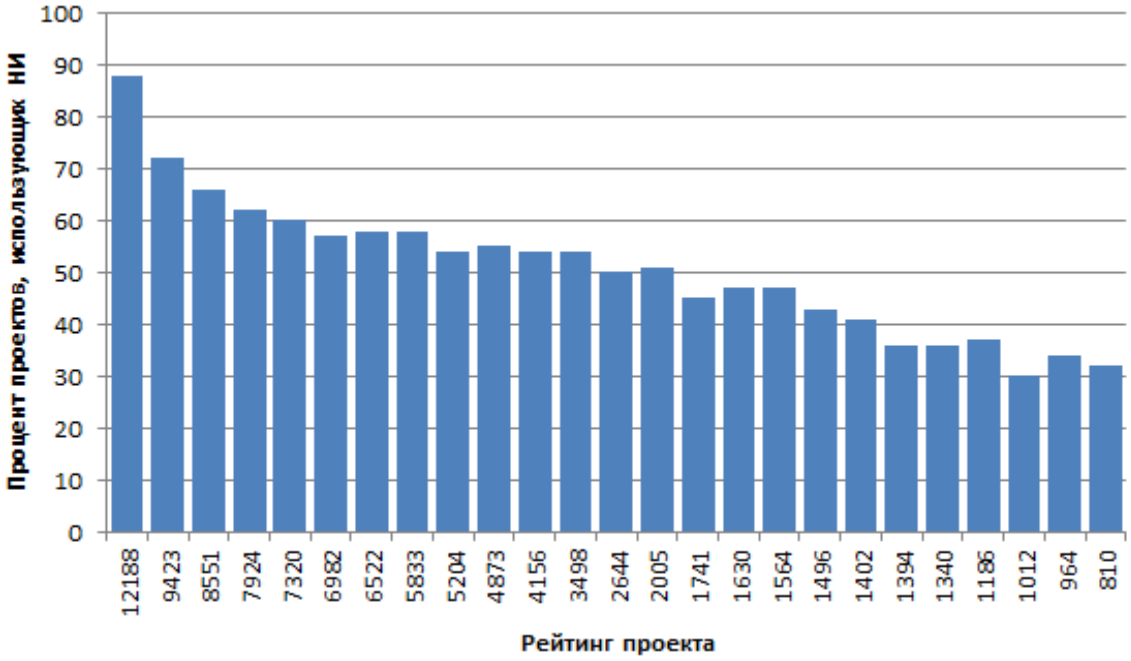


Рис. 1. Зависимость использования средств НИ от рейтинга проекта

Для анализируемых проектов было рассчитано, как часто производилось изменение настроек НИ (см. табл. 3).

Таблица 3

Частота изменения конфигурации средств непрерывной интеграции

Количество изменений конфигурации средств НИ	1	от 1 до 10	от 10 до 100	более 100
Доля проектов, %	2	63	26	9
Число проектов	57	1803	745	258

На основе полученных результатов можно сделать вывод о том, что в большинстве случаев для реализации проекта не требуется частой настройки средств НИ. То есть конфигурация средств НИ не требует больших временных затрат.

Для оценки времени, затрачиваемого на выпуск ПО, была рассчитана частота релизов для каждого из рассматриваемых проектов. Результат приведен в таблице 4.

Таблица 4

Частота выпусков ПО

Используются ли средства НИ	Количество релизов, шт./месяц
ДА	0,68
НЕТ	0,31

Таким образом, использование непрерывной интеграции в процессе разработки ПО позволяет увеличить скорость выпуска ПО в 2,2 раза.

Для оценки результативности применения разработчиками ПО подхода непрерывной интеграции согласно (1) было определено среднее количество времени, затрачиваемое на выпуск ПО (см. табл. 5).

Таблица 5

Среднее время выпуска ПО

Используются ли средства НИ	Среднее время выпуска ПО, дней
ДА	44
НЕТ	97

В качестве времени t_r принято среднее время выпуска последних 20 % релизов проекта, в качестве времени t_p – среднее время для всех релизов проекта.

Среди всех проектов, отобранных для анализа, были выделены двадцать проектов со средним временем релиза, наиболее близким к значениям, приведенным в таблице 5. Для этих проектов была вычислена оценка результативности R использования НИ (см. табл. 6).

Таким образом, результативность процесса разработки ПО с использованием средств непрерывной интеграции превосходит результативность процесса разработки без использования данного подхода в 1,5 раза.

Заключение

На основании проведенного исследования можно сделать вывод о том, что применение принципов непрерывной интеграции оптимизирует процесс разработки программного обеспечения и позволяет существенно сократить время выпуска продукта.

Таблица 6

Оценка результативности

№ проекта	Разработка ПО с применением НИ			Разработка ПО без применения НИ		
	t_r	t_p	R	t_r	t_p	R
1	50	42	0,84	146	95	0,65
2	46	42	0,91	170	95	0,56
3	39	43	1	138	96	0,7
4	47	44	0,94	169	96	0,57
5	55	44	0,8	158	97	0,61
6	51	44	0,86	184	97	0,53
7	49	45	0,92	151	99	0,66
8	42	45	1	172	99	0,58
9	53	45	0,85	160	99	0,62
10	52	46	0,88	167	101	0,6
Среднее значение R	0,9			0,61		

Список литературы

1. Дюваль П.М. Непрерывная интеграция. Улучшение качества программного обеспечения и снижение риска. М.: Вильямс, 2008. 345 с.

2. Кузьмина И.В., Фидельман В.Р. Разработка программного обеспечения сложных аппаратно-программных комплексов с использованием принципов непрерывной интеграции // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2012. № 2 (22). С. 44–49.

3. Beller M., Gousios G., Zaidman A. Oops, my tests broke the build: An analysis of travis ci builds with github // PeerJ Preprints. 2016. № e1984v1.

4. Leppänen M., Mäkinen S., Pagels M., Eloranta V.P., Itkonen J., Mäntylä M.V., Männistä T. The highways and country roads to continuous deployment // IEEE software. 2015. №. 2 (32). P. 64–72.

Секция 9

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ И УПРАВЛЕНИИ ВЫСШИМ ОБРАЗОВАНИЕМ

Председатель – ***Халин Владимир Георгиевич***,
д-р экон. наук, профессор, член МАН ВШ,
профессор кафедры информационных систем в экономике,
Санкт-Петербургский государственный университет

Ученый секретарь – ***Широкова Светлана Владимировна***,
канд. техн. наук, доцент, член-корр. МАН ВШ, доцент,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

УДК 338
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-228

Халин Владимир Георгиевич[1],
д-р экон. наук, профессор, профессор
кафедры информационных систем в экономике;
Чернова Галина Васильевна[2],
д-р экон. наук, профессор, профессор
кафедры управления рисками и страхования

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ ВУЗОМ НА УРОВНЕ ФАКУЛЬТЕТА

[1, 2] Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, Россия,
[1] v.halin@spbu.ru, [2] g.chernova@spbu.ru

Аннотация. В статье обоснована и подтверждена возможность применения разработанной ранее авторами общей Модели количественной оценки качества управления вузом для построения количественных оценок управления вузом на уровне факультетов/институтов, связанных с достижением определенных целей и с решением конкретных стратегических задач. В статье подробно рассматривается вопрос построения количественной оценки качества управления факультетами/институтами вуза по достижению такой задачи как формирование благоприятной системы условий найма, работы и академических контрактов профессоров. В частности, в ней раскрываются вопросы формирования системы сбалансированных показателей, используемых для построения оценки качества управления по решению поставленной стратегической задачи; ранжирования их по значимости для ее решения; шкалирования и нормирования исходной информации по используемым сбалансированным показателям; определения фактических балльных и вербальных оценок качества управления факультетами; построения

интегральных количественных оценок качества управления каждым факультетом по решению поставленной стратегической задачи.

Ключевые слова: модель количественной оценки, качество управления вузом, стратегические цели и задачи, развитие вуза, сбалансированная система показателей, интегральная оценка качества управления, факультет вуза, решение конкретной стратегической задачи.

Vladimir G. Khalin[1],
Doctor of Economics, Professor,
Professor of the sub-department
of Information Systems in Economics;
Galina V. Chernova[2],
Doctor of Economics, Professor,
Professor of the sub-department
Risk management and Insurance

THE USE OF A MATHEMATICAL MODEL TO ASSESS THE QUALITY OF UNIVERSITY MANAGEMENT AT THE FACULTY LEVEL

[1, 2] Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia,
[1] v.halin@spbu.ru, [2] g.chernova@spbu.ru

Abstract. The article substantiates and confirms the possibility of using the general Model of a quantitative assessment of university management quality developed by the authors earlier to build quantitative assessments of university management at the level of faculties/institutes related to achieving specific goals and solving specific strategic problems. The article discusses in detail the question of constructing a quantitative assessment of management quality of university departments/institutes to achieve such a task as the formation of a favorable system of conditions for employment, work and academic contracts of professors.

In particular, it reveals the issues of forming a system of balanced indicators used to build an assessment of the management quality for solving the strategic problem; ranking them by importance for its solution; scaling and rationing of the initial information on the used balanced indicators; determination of actual point and verbal assessments of the faculty management quality; constructing integral quantitative assessments of the management quality of each faculty by solving a strategic problem.

Keywords: model of quantitative assessment, university management quality, strategic goals and objectives, university development, balanced scorecard, management quality integral assessment, university faculty, specific strategic task solving.

Введение

В докладе представлены результаты применения авторской количественной модели оценки качества системы управления университетом, основанной на концепции сбалансированной системы показателей [1, 2] (далее, Модели), к оценке качества управления вузом на уровне основ-

ных структурных подразделений вуза (факультетов и институтов). Обоснована и подтверждена гипотеза о возможности применения данной Модели для получения количественных оценок качества управления вузом на уровне факультетов по достижению определенных стратегических целей и решению конкретных управленческих задач.

1. Применение общей Модели для оценки качества управления вузом на уровне факультетов/институтов по решению определенной стратегической задачи

Для иллюстрации на уровне факультетов/институтов вуза выберем только одну стратегическую цель их развития, например, создание на факультетах/институтах вуза созвездия талантов профессоров [3].Среди возможных задач, требующих решения для достижения поставленной цели, также выделим только одну стратегическую задачу – формирование на всех факультетах/институтах вуза благоприятных условий найма, работы и академических контрактов, что позволило бы привлечь и удержать на факультетах лучших профессоров. Анализ деятельности вузов позволяет выделить показатели, связанные с решением этой управленческой задачи, а также сформировать соответствующую сбалансированную систему показателей (ССП) – систему, включающую необходимое и достаточное количество показателей, используемых при решении поставленной задачи. Показатели, входящие в сбалансированную систему, могут иметь разную значимость, выраженную соответствующими весовыми коэффициентами. На следующем шаге модели из доступных источников по каждому факультету вуза формируются исходные данные количественных значений показателей из ССП в натуральных (естественных) единицах измерения (рубли, часы и т. д.), которые в результате шкалирования и нормирования, переводятся в единую унифицированную числовую (балльную) шкалу. Экспертным путем устанавливается соответствие между вербальными значениями качества управления вузом на уровне факультета с интервальной унифицированной числовой (балльной) шкалой. Полученные фактические значения всех показателей из ССП в унифицированной (балльной) шкале становятся соизмеримыми и однородными, что позволяет построить по каждому факультету вуза интегральную количественную оценку качества управления по решению поставленной стратегической задачи – индекса качества управления данным факультетом Index of University Management Quality (IUMQ). Фактические значения индекса качества управления для каждого факультета вуза позволяют проводить сравнительный анализ успешности управления этими факультетами, а также получать более объективные вербальные оценки качества их управления (через механизм соответствия между интервальной унифицированной балльной шкалой и вербальной шкалой оценки качества управления).

Данный подход использования авторской Модели оценки качества системы управления вуза на уровне его факультетов/институтов продемонстрируем на реальных данных Санкт-Петербургского государственного университета.

2. Пример

Применение Модели оценки качества системы управления вуза для проведения сравнительного анализа и расчета значения индекса качества управления по каждому факультету/институту СПбГУ в контексте оценки качества условий найма, работы и академических контрактов штатных профессоров.

Расчет

2.1. Формирование ССП. Поскольку факультеты/институты являются основными учебными подразделениями СПбГУ, которые не обладают реальной автономией и полномочиями принятия управленческих решений по установлению длительности академических контрактов и формированию «социального пакета» профессорско-преподавательского состава (ППС), то можно предположить, что в рамках единого университета значения этих показателей являются близкими или одинаковыми у преподавателей, работающих на разных факультетах/институтах вуза. Это значит, что при расчете значения индекса качества управления по каждому факультету/институту СПбГУ эти показатели можно не учитывать. С учетом особенностей системы управления в СПбГУ, сбалансированную систему показателей, которая существенно зависят от специфики того или иного факультета/института вуза, можно сформировать в следующем виде и ранжировать соответствующими весами:

- E.1 – Гарантированный размер денежного вознаграждения за месяц работы профессора – вес 1/10;
- E.2 – Средняя заработная плата штатных профессоров за месяц работы– вес 3/5;
- E.3 – Величина средней аудиторной нагрузки в неделю за учебный год у штатного профессора – вес 3/10.

2.2. Выбор информационной базы исследования и определение фактических значений показателей ССП в натуральных единицах измерения. На сайте СПбГУ в разделе «Конкурсы на замещение профессорско-преподавательского состава СПбГУ» (URL: https://hr.spbu.ru/konkursy.html) содержится информация о фактических значениях показателей E.1 и E.2 по всем факультетам/институтам СПбГУ в разрезе всех должностей штата ППС (профессор, доцент, старший преподаватель, ассистент) с 2012 по 2019 год. В разделе «Электронное расписание занятий СПбГУ» (URL:https://timetable.spbu.ru/) представлены реальные данные об аудиторной нагрузке по учебным семестрам каждого преподавателя

вуза, что позволяет достаточно просто вычислить его реальную аудиторную нагрузку за семестр, учебный год и среднее за неделю персональное значение показателя E.3. Далее, с учетом данных раздела сайта «учебно-научные подразделения СПбГУ»(URL: https://spbu.ru/universitet/uchebno-nauchnye-podrazdeleniya) по всем факультетам/институтам и кафедрам вуза вычисляются соответствующие фактические значения показателя E.3 – величина средней аудиторной нагрузки в неделю за учебный год у штатного профессора, доцента, ст. преподавателя и ассистента по каждой кафедре, факультету/институту СПбГУ.

Подробные фактические значения всех показателей из ССП в натуральных единицах измерения по всем должностям ППС (профессор, доцент, старший преподаватель, ассистент) и факультетам/институтам СПбГУ за 2017 – 2018 учебный год представлены в таблице 9.3 [1].

В данном примере будут рассмотрены фактические значения показателей E.1, E.2 и E.3 только по штатным профессорам на 5 следующих факультетах/институтах СПбГУ («Биологический факультет» (Биофак), Институт «Высшая школа менеджмента» (ВШМ), «Математико-механический факультет» (Мат-Мех), «Экономический факультет» (Эк-фак) и «Юридический факультет» (Юрфак)) за 2017 – 2018 учебный год. На этих факультетах СПбГУ фактические значения показателей из ССП принимают заметно различные значения, что позволяет достаточно наглядно продемонстрировать возможность применения авторской Модели для оценки качества управления вузом на уровне факультетов.

Сводные фактические значения показателей E.1, E.2 и E.3 из ССП по должности «штатный профессор» на этих факультетах/институтах СПбГУ за 2017 – 2018 учебный год представлены в таблице 1.

Анализ фактических значений показателейE.1, E.2и E.3 для штатных профессоров факультетов/институтов СПбГУ по данным 2017 года позволяет сделать следующие выводы.

1. Фактическое значение показателя E.1 для штатного профессора СПбГУ на всех факультетах/институтах СПбГУ принимает только три значения (54594,96 руб., 53094,96 руб., 51053,28 руб.), что сравнимо с размером среднемесячной номинальной начисленной заработной платы по Санкт-Петербургу за 2017 год (54321 рублей) [6].

2. Фактическое значение показателя E.2для штатного профессорасущественно зависит от факультета/института СПбГУ, на котором он работает. Так, например, средняя заработная плата штатного профессора Экономического факультета за 2017 год составила 76682,16 рублей, а профессора Высшей школы менеджмента – 173446,37 рублей, что отличается в 2,26 раза.

3. Фактические значения показателя Е.2для штатного профессора СПбГУ за 2017 год на Юридическом факультете и ВШМ составляют не менее 200 % от средней заработной платы по Санкт-Петербургу (54321 рубля), а на Мат-мехе, Экономическом и Биологическом факультетах они не достигли этого уровня (200 %). Это, в частности, означает, что поштатным профессорам на Биологическом, Математико-механическом и Экономическом факультетах СПбГУ не выполнен Указ Президента России от 7 мая 2012 года № 597 (*«П. 1.Правительству Российской Федерации: а) обеспечить: ...повышение к 2018 году средней заработной платы врачей, преподавателей вузов и научных сотрудников до 200 процентов от средней заработной платы в соответствующем регионе»*).

4. На Юридическом факультете и в ВШМ СПбГУ, которые выполнили соответствующий указ Президента РФ по уровню средней заработной платы штатных профессоров, объем стимулирующих надбавок значительно превышает размер гарантированной оплаты труда (показатель Е.1), что не соответствует рекомендациям Минобрнауки России по доле стимулирующих надбавок в общем заработке научно-педагогических работников вузов России [4].

5. Фактические значения показателя Е.3 по Юридическому факультету и институту ВШМ СПбГУ вполне соответствуют стандартам аудиторной нагрузки профессоров в университетах мирового класса [5].

2.3. Выбор вербальной и унифицированной балльной шкалы для оценки качества управления вузом на уровне факультета, а также установление между ними необходимого соответствия. Для оценки качества управления вузом на уровне факультета выберем вербальную шкалу оценок из трех значений («неудовлетворительное», «удовлетворительное» и «хорошее» качество управления), а также количественную унифицированную балльную шкалу в виде отрезка [0, 10] вещественной числовой прямой. При этом установим, например, следующую взаимосвязь между вербальной и унифицированной шкалами оценки качества управления: если нормированное значение количественного показателя попадает в интервал [0, 5), то вербальная оценка качества управления этим показателем считается «неудовлетворительно»;если нормированное значение количественного показателя попадает в интервал [5, 8), то вербальная оценка качества управления этим показателем имеет значение «удовлетворительно»;если нормированное значение количественного показателя попадает в интервал [8, 10] унифицированной шкалы, то вербальная оценка качества управления этим показателем принимается «хорошей».

Таблица 1

Значения показателей E.1, E.2 и E.3 в натуральных единицах измерения для оценки качества условий найма, работы и академических контрактов штатных профессоров по факультетам/институтам СПбГУ по данным 2017 г. (Средняя зарплата по СПб – 54321 руб.[1])

Показатели	Факультеты/институты СПбГУ				
	Биология	Мат-мех	ВШМ	Экономика	Юриспруденция
1.Гарантированный размер денежного вознаграждения за месяц работы профессора (**E.1**) (рубли / доля от средней ЗП по СПб).	54594,96 / **1,01**	53094,96 / **0,98**	53094,96 / **0,98**	53094,96 / **0,98**	51053,28 / **0,94**
2 Средняя заработная плата штатных профессоров (**E.2**) (рубли / доля от средней ЗП по СПб).	69329,02 / **1,28**	107885,09 / **1,99**	173446,37 / **3,19**	76682,16 / **1,41**	133496,13 / **2,46**
3 Величина аудиторной нагрузки у профессора (**E.3**) (аудиторные часы в неделю)	**5,63**[2]	**6,583**	**2,714**	**7,435**	**2,356**

Источники данных:
[1]https://bankiros.ru/wiki/term/srednaa-zarplata-v-sankt-peterburge (дата обращения 19.05.2020);
[2]Кафедра зоологии беспозвоночных:https://bio.spbu.ru/faculty/departments/zbp/staff.php (дата обращения 19.05.2020);
[3]Кафедра высшей алгебры и теории чисел:http://math.spbu.ru/rus/mathematics-department/88-higher-algebra.html (дата обращения 19.05.2020);
[4]Кафедра стратегического и международного менеджмента: https://gsom.spbu.ru/gsom/faculty/depts1/sm/(дата обращения 19.05.2020);
[5]Кафедра информационных систем в экономике: http://www.econ.spbu.ru/ru/people/kafedri?structure=46 (дата обращения 19.05.2020);
[6]Кафедра гражданского права:http://law.spbu.ru/aboutfaculty/departments/grpravo/Member.aspx (дата обращения 19.05.2020) и кафедра гражданского процесса:http://law.spbu.ru/AboutFaculty/Departments/Grprocess/About.aspx (дата обращения 19.05.2020)

2.4. Установления соответствия между шкалой значений показателя из СПП, представленных естественными единицами измерения, и двумя другими шкалами – шкалой значений этого показателя в баллах, а также шкалой вербальных оценок качества управления этим показателем. Оно предполагает установление граничных значений для каждого из показателей ССП, представленных естественными единицами измерения. Под граничным значением определенного показателя из ССП, понимается его значение, представленное в естественных единицах измерения, которое отвечает граничному значению вербальной оценки. В

представленном примере вербальная оценка принимает 3 значения – «неудовлетворительно», «удовлетворительно» и «хорошо». Поэтому, например, для показателя «среднемесячная заработная плата штатных профессоров» на данном этапе устанавливаются следующие два граничных значения – значение среднемесячной заработной платы, отвечающее переходу вербальной оценки от значения «неудовлетворительно» к значению «удовлетворительно», а также значение среднемесячной заработной платы, отвечающее переходу вербальной оценки от значения «удовлетворительно» к значению «хорошо». Так как на этапе 3 было установлено соответствие между балльной и вербальной шкалой оценки качества, то итогом этого этапа является установленное соответствие между тремя шкалами – шкалой значений показателя, измеренного в натуральных единицах, шкалой его значений, представленных в баллах, и шкалой вербальных оценок.

Отметим, что для установления соответствия между значениями показателя, измеренного в натуральных единицах, и его балльными значениями, может применяться линейная интерполяция, связывающая фактические значения показателя с унифицированной балльной числовой шкалой от 0 до 10.

В представленном примере с учетом Указа Президента о повышении средней заработной платы преподавателей вузов к 2018 году до 200 % от средней заработной платы в соответствующем регионе РФ для показателя Е.1 соответствие шкал выглядит следующим образом.

Если гарантированный размер денежного вознаграждения за месяц работы профессора (показатель Е.1) будет меньше, чем 200 % от средней заработной платы в регионе РФ, то фактическим значениям показателя Е.1 из интервала [0 %, 200 %) соответствуют их балльные значения из интервала [0, 5) и значение вербальной оценки «неудовлетворительно».

Если гарантированный размер денежного вознаграждения за месяц работы профессора (показатель Е.1) будет не менее, чем 200 % от средней заработной платы в регионе РФ, но меньше, чем 300 %, то фактическим значениям показателя Е.1 из интервала [200 %, 300 %) соответствуют их балльные значения из интервала [5, 8) и значение вербальной оценки «удовлетворительно».

Если гарантированный размер денежного вознаграждения за месяц работы профессора (показатель Е.1) будет не менее, чем 300 % от средней заработной платы в регионе РФ, но не более, чем 800 %, то фактическим значениям показателя Е.1 из интервала [300 %, 800 %] соответствуют их балльные значения из интервала [8, 10] и значение вербальной оценки «хорошо».

Аналогично устанавливается соответствие шкал для показателя Е.2.

Для показателя E.3 – Величина средней аудиторной нагрузки в неделю (в аудиторных часах) по должности штатного профессора соответствие шкал выглядит следующим образом.

Если величина средней аудиторной нагрузки в неделю (в аудиторных часах) у профессора (показатель E.3) будет более 11 часов, то фактическим значениям показателя E.3 из интервала (11, 18] соответствуют их балльные значения из интервала [0, 5) и значение вербальной оценки «неудовлетворительно».

Если величина средней аудиторной нагрузки в неделю (в аудиторных часах) у профессора (показатель E.3) будет больше 5 часов, но не более 11 часов, то фактическим значениям показателя E.3 из интервала (5, 11] соответствуют их балльные значения из интервала [5, 8) и значение вербальной оценки «удовлетворительно».

Если величина средней аудиторной нагрузки в неделю (в аудиторных часах) у профессора (показатель E.3) будет не превосходить 5 часов, то фактическим значениям показателя E.3 из интервала [0, 5] соответствуют их балльные значения из интервала [8, 10] и значение вербальной оценки «хорошо».

2.5. Определение фактических значений показателей E.1, E.2 и E.3, измеренных в натуральных единицах измерения, и их перевод в балльные значения. Допустим, что гарантированный размер денежного вознаграждения за месяц работы профессора (E.1) на Биофаке по данным 2017 г. составил 54594,96 рублей. С учетом построенных на этапе 4 шкал для этого показателя, данному фактическому значению заработной платы отвечает ее балльное значение, равное 2,53 из промежутка [0, 5) унифицированной балльной шкалы. При этом отвечающая ему вербальная оценка качества управления этим показателем имеет значение «неудовлетворительно».

В таблице 2 представлены балльные значения показателей E.1, E.2 и E.3 в унифицированной шкале от 0 до 10, которые могут использоваться для получения соответствующих им значений вербальной оценки качества.

Представленные в таблице балльные значения показателей являются однородными и поэтому они могут быть использованы для расчета оценки качества управления по решению задачи формирования на всех факультетах/институтах СПбГУ благоприятных условий найма, работы и академических контрактов, описываемой именно этими показателями E.1, E.2 и E.3.

Таблица 2

Значения показателей E.1, E.2 и E.3 в унифицированной балльной шкале для расчета индекса качества условий найма, работы и академических контрактов по штатным профессорам на выбранных факультетах СПбГУ по данным 2017 г.

Показатели	Факультеты/институты СПбГУ				
	Биология	Мат-мех	ВШМ	Экономика	Юриспруденция
1.Гарантированный размер денежного вознаграждения за месяц работы профессора (E.1)	2,53	2,45	2,45	2,45	2,35
2 Средняя заработная плата штатных профессоров (E.2)	3,2	4,98	8,08	3,53	6,38
3 Величина аудиторной нагрузки у профессора (E.3)	7,69	7,21	8,92	6,79	9,06

2.6. Расчет значения индекса качества управления по факультетам/или институтам СПбГУ в контексте оценки качества условий найма, работы и академических контрактов штатных профессоров СПбГУ. Он проводится на основе приведенных выше данных таблицы 2 и итоговой формулы линейной свертки с весами важности критериев из ССП:

$$IUMQ = 1/10*E.1 + 3/5*E.2 + 3/10*E.3.$$

Для Биологического факультета СПбГУ индекс качества условий найма, работы и академических контрактов штатных профессоров будет равен

$$IUMQ(\text{Биофак}) = 1/10*2{,}53+3/5*3{,}2 + 3/10*7{,}69 = 4{,}48.$$

Для Мат-меха СПбГУ индекс качества условий найма, работы и академических контрактов штатных профессоров будет равен

$$IUMQ(\text{Мат-мех}) = 1/10*2{,}45+3/5*4{,}98 + 3/10*7{,}21 = 5{,}40.$$

Для ВШМ СПбГУ индекс качества условий найма, работы и академических контрактов штатных профессоров будет равен

$$IUMQ(\text{ВШМ}) = 1/10*2{,}45+3/5*8{,}08 + 3/10*8{,}92 = 7{,}76.$$

Для Экономического факультета СПбГУ индекс качества условий найма, работы и академических контрактов штатных профессоров будет равен

$$IUMQ(\text{Экфак}) = 1/10*2{,}45+3/5*3{,}53 + 3/10*6{,}79 = 4{,}40.$$

Для Юридического факультета СПбГУ индекс качества условий найма, работы и академических контрактов штатных профессоров будет равен

$$IUMQ(\text{Юрфак}) = 1/10*2{,}35+3/5*6{,}38 + 3/10*9{,}06 = 6{,}78.$$

3. Основные выводы

Анализ количественных значения индекса качества управления в контексте оценки качества условий найма, работы и академических контрактов профессоров на этих факультетах/институтах СПбГУ позволяет сделать следующие выводы:

1) условия найма, работы и академических контрактов профессоров в ВШМ СПбГУ являются самыми лучшими и благоприятными в университете. Индекс качества управления на ВШМ равен значению7,76 из 10, и хотя ему соответствует вербальная оценка качества управления «удовлетворительно», ее значение все-таки достаточно близко к значению 8 – левой границе вербальной оценки «хорошо». Два из трех значений показателей качества из ССП ВШМ попадают в интервал «хорошо», а один (E.1) в интервал «неудовлетворительно». Основная проблема для ВШМ связана с очень низким уровнем гарантированной заработной платы ППС (E.1) по сравнению с реальной величиной средней заработной платы ППС (E.2);

2) условия найма, работы и академических контрактов профессоров на Юридическом факультете СПбГУ являются также достаточно благоприятными и уступают только ВШМ. Индекс качества управления на Юридическом факультете равен значению 6,78 из 10 и попадает в интервал «удовлетворительно». Показатели качества ССП Юрфака попадают: E.3 в интервал «хорошо», E.2 в интервал «удовлетворительно», а E.1 в «неудовлетворительно». Основная проблема качества управления на этом факультете связана с низким уровнем гарантированной заработной платы ППС по сравнению с величиной реальной средней заработной платы ППС (E.2);

3) условия найма, работы и академических контрактов профессоров на Мат-мехе СПбГУ являются средними в вузе. Индекс качества управления на Мат-мехе равен 5,40 из 10 и попадает в интервал «удовлетворительно», но довольно близок к границе «неудовлетворительно». Показатель E.3 из ССП Мат-меха попадает в интервал «удовлетворительно», а показатели E.1 и E.2 – в интервал «неудовлетворительно». Проблемы качества управления на этом факультете связаны с низким уровнем средней и гарантированной заработной платыпрофессоров.

4) условия найма, работы и академических контрактов профессоров на Биологическом и Экономическом факультетах СПбГУ являются са-

мыми неблагоприятными из всех 23 факультетов университета. Индексы качества управления на Биофаке и Экфаке соответственно равны 4,48 и 4,40 из 10. Они попадают в интервал «неудовлетворительно». Только один показатель E.3 на этих факультетах попадает в интервал «удовлетворительно», а показатели E.1 и E.2 – в интервал «неудовлетворительно». Основная проблема качества управления на этих факультетах связаны с низким уровнем средней заработной платы ППС. Даже для профессоров на этих факультетах СПбГУ не выполнен Указ Президента России от 7 мая 2012 года № 597 о повышении к 2018 году средней заработной платы преподавателей вузов до 200 % от средней заработной платы в соответствующем регионе.

Заключение

Применение количественной Модели оценки качества управления вузом по созданию благоприятных условий найма, работы и академических контрактов университетских профессоров на уровне факультетов/институтов СПбГУ подтвердило гипотезу о возможности ее использования для получения количественных оценок качества управления вузом на уровне факультетов, связанных с достижением определенных стратегических целей и с решением конкретных управленческих задач.

Список литературы

1. Российские университеты в условиях цифровизации: математические и инструментальные методы оценки качества управления: монография / под общ.ред. В.Г.Халина. М.: Проспект, 2019. 896 с.

2. Халин В.Г., Чернова Г.В. Оценка качества управления российским вузом по реализации конкретной цели // Управленческое консультирование. 2019. № 4. С. 50–60.

3. Салми Дж. Создание университетов мирового класса / Пер. с англ. М.: Издательство «Весь Мир», 2009. 132 с.

4. Сенашенко В.С., Халин В.Г. Об эффективном контракте в высшей школе России // Высшее образование в России. 2015. № 5. С. 27–37.

5. Халин В.Г. Системы вознаграждения и академических контрактов профессоров Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе и Санкт-Петербургского государственного университета // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 5: Экономика. 2013. Вып. 3. С. 95–109.

6. Средняя зарплата в Санкт-Петербурге в 2020 году [Электронный ресурс.] // Bankiros.ru. URL: https://bankiros.ru/wiki/term/srednaa-zarplata-v-sankt-peterburge (дата обращения 19.05.2020).

УДК 33.012
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-229

Мотышина Марина Станиславовна[1],
д-р экон. наук, профессор, профессор

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ АДАПТИВНОСТИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Санкт-Петербургский гуманитарный университет профсоюзов,
Санкт-Петербург, Россия,
motishina@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена проблеме адаптивности образовательных систем. Рассматриваются подходы к адаптивности в дистанционном обучении. Исследуются различные принципы и методы обеспечения адаптивности, их достоинства и недостатки. Формулируются требования системного подхода к адаптивности дистанционного обучения.

Ключевые слова: адаптивность образования, дистанционное обучение, индивидуализация образовательной траектории, системный подход.

Marina S. Motyshina[1],
Doctor of Economics, Professor

THE SYSTEM APPROACH TO ADAPTABILITY OF DISTANCE EDUCATION

Saint Petersburg University of Humanities and Social Sciences,
St. Petersburg, Russia,
motishina@yandex.ru

Abstract. The article is devoted to the problem of adaptability of educational systems. Approaches to adaptability in distance learning are considered. Various principles and methods of adaptability, their advantages and disadvantages are investigated. The requirements of the system approach to adaptability of distance education are formulated.

Keywords: adaptability of education, distance learning, educational trajectory individualization, system approach.

Введение

Образование является важнейшим фактором экономического развития во всем мире, в значительной мере способствует повышению качества жизни населения. По мнению большинства граждан России (81 %), высокий уровень образования является гарантией жизненного успеха. Условием достижения высокого уровня и качества образования становится применение современных эффективных форм, включая цифровые, в том числе, онлайн-образовательные ресурсы и сервисы. Рынок онлайн-

образования в глобальном масштабе активно растет, особенно в США и в развитых странах Азии. В России в 2019 году объем рынка онлайн-образования составил 45–50 млрд руб., или 1,1 % от объема глобального рынка [1].

Важным требованием к современному образованию является его адаптивность. Адаптивное обучение (АО) представляет собой подход, который максимально учитывает индивидуальные способности и потребности обучающегося. Кроме того, целями АО являются развитие навыков самостоятельной работы, самоконтроля, приемам исследовательской деятельности. Задача индивидуализации обучения в России, в том числе, на основе цифровых технологий, формируется как важнейшая и на уровне руководства страны. Необходимость АО также обусловлена стремлением повысить эффективность образования, в том числе, дистанционного. Так, по данным опроса [2], из 67 055 слушателей четырех различных электронных учебных курсов (ЭУК) по экономике успешно освоили их только 4,77 % зарегистрировавшихся слушателей, причем один из популярных курсов не освоили 98,8 %. Автор опроса считает, что слушатели были недостаточно мотивированы. В то же время из тех, кто планировал пройти курс полностью и был достаточно мотивирован к обучению, успеха в освоении добились только 9,71 %, что подтверждает тезис о низкой эффективности ЭУК.

Перспективным направлением повышения качества обучения в цифровой среде является разработка так называемых, *адаптивных электронных учебных курсов*. Подобный курс должен обеспечивать учащемуся формирование индивидуальной образовательной траектории, предоставлять персональное образовательное пространство, содержание и форма материалов которого соответствуют индивидуальным особенностям учащегося, включая: психологические особенности и особенности восприятия информации, уровень «входных» знаний, цели и задачи обучения.

В высшем образовании доля технологий адаптивного обучения к настоящему времени была невелика. Их применение было характерно, главным образом, в западных школах и вузах. К адаптивным учебным платформам, по версии исследователей Eduventure, в 2015 году можно было отнести платформы 2U, Wiley, Canvas, LoudCloud, Blackboard, Knewton, Realize IT, Adaptcourseware, Anewspring, к компаниям, производящим адаптивный контент – Adaptcourseware, Wiley, Pearson, McGraw Hill Education, Jones & Bartlett Learning, sixRedMarbles, Smart Sparrow, Acrobatiq, Cengage Learning, Toolwire [3]. На российском рынке они слабо распространены. Среди отечественных разработок выделяют площадку с открытыми онлайн-курсами Stepik.Однако обстоятельства последних месяцев и резко возросшая потребность в дистанционном взаимо-

действии, в том числе, в высшем образовании, способны резко изменить ситуацию и существенно ускорить процесс развития адаптивного дистанционного обучения и его форм.

Анализ публикаций по данной проблематике показывает значительное разнообразие понимания и подходов к формированию адаптивных электронных курсов [4 – 6]. Так, некоторые авторы [6] считают, что в настоящее время следует различать *дифференцированный* и собственно *адаптивный* подход к обучению. Последний подразумевает измерение многочисленных параметров на начальном этапе и в процессе обучения и последующую корректировку траектории обучения учащегося в зависимости от полученных результатов. Если подобной зависимости нет, то, по мнению авторов, можно говорить лишь о наличии *элементов* адаптивного обучения.

Решению задачи индивидуализации образовательной траектории, методов и скорости усвоения материала во многом способствует использование цифровых обучающих систем. Одной из наиболее распространенных является LMS Moodle. Существуют разные точки зрения по поводу возможностей АО в данной среде. Согласно одной, LMS Moodle обладает возможностями по внедрению *отдельных элементов* АО. Другие авторы считают, что среда Moodle имеет богатый функционал, который позволяет разрабатывать электронные обучающие курсы и ресурсы, реализовывать адаптивное обучение, механизмы и приемы адаптивного тестирования, а также формирование индивидуальных образовательных траекторий. К достоинствам LMS Moodle можно отнести возможность расширения системы дополнительными модулями.

В ряде российских вузов создаются цифровые платформы, в том числе, на базе LMS Moodle, позволяющие создавать и внедрять адаптивные электронные курсы в образовательные процессы. Например, в Магнитогорском государственном техническом университете построена автоматизированная адаптивная система, позволяющая осуществлять мониторинг прохождения курса обучения пользователями на основе нейронных сетей и соответственно адаптировать структуру курса обучения под конкретного пользователя. Для построения персонализированного учебного курса предлагается использовать систему автоматизированной генерации тестовых заданий и модуль автоматизированного построения персонализированного учебного курса в среде LMS Moodle на основе результатов диагностического тестирования.

В Томском государственном университете систем управления и радиоэлектроники в рамках LMS Moodle предлагаются подходы и программная реализация для разработки адаптивной системы, в частности, адаптивного контента на базе: декомпозиции компетенций на целевые субкомпетенции, формирования БД субкомпетенций и соответствующих учебных модулей, реализации алгоритма обучения студента на основе

применения кривой забывания. Не преуменьшая ценности подобного подхода, следует отметить его недостатки, прежде всего, трудоемкость. Так, для одной компетенции по дисциплине «Информатика» авторами на основе декомпозиции было выделено свыше двухсот субкомпетенций. Кроме того, представляется, что подобный «технократический» подход пригоден далеко не для всех дисциплин и направлений подготовки. Например, если речь идет о магистерских программах гуманитарных направлений, то здесь такие измерительные процедуры как тесты можно использовать скорее как вспомогательный, а не основной инструмент. Решение задач синтеза здесь зачастую важнее задач анализа, а синтезируемые студентами решения не могут быть оценены с помощью только формальных инструментов. Вместе с тем, анализ сравнения результатов традиционного и адаптивного обучения, например, в Сибирском Федеральном университете, показывает лучшие результаты последнего [7].

Таким образом, следует отметить, что единой концепции адаптивного обучения пока нет. В то же время, с точки зрения системного подхода можно обозначить следующие его принципы:

– целостность представления дисциплины;

– релевантность в контексте связи с будущей профессиональной деятельностью;

– разнообразие и вариативность контента;

– итеративность обучения (возможность возврата к материалам темы и их изучения с помощью других инструментов);

– использование интеллектуальных средств мотивации студентов в процессе обучения;

– изменение роли преподавателя: он должен выступать как фасилитатор процесса.

Список литературы:

1. Анализ рынка образования [Электронны ресурс]. URL: https://www.businesstat.ru/russia/ services/education (дата обращения: 20.05.2020).

2. Семенова Т. Успешность прохождения MOOCs: от чего она зависит? М.: Высшая школа экономики, 2015. URL: https://iq.hse.ru/news/177665122.html (дата обращения: 20.05.2020).

3. Fleming B. Adaptive Learning: The Real Revolution in Online Learning. // Eduventures Summit 2015. March 2015. URL: http://www.eduventures.com/2015/03 (access date: 20.05.2020).

4. Цибульский Г.М., Вайнштейн Ю.В., Есин Р.В. Разработка адаптивных электронных обучающих курсов в среде LMS Moodle: Монография. Красноярск: Сиб. федер.ун-т, 2018. 166 с.

5. Степаненко Т.А., Ильина Е.А. Адаптивная система обучения студентов на базе LMS Moodle // Электронный научный архив УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. URL: http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/38687/1/tim_2013_77.pdf (дата обращения: 20.05.2020).

6. Кречетов И.А., Романенко В.В., Кручинин В.В., Городович А.В. Реализация адаптивного обучения: методы и технологии // Открытое и дистанционное образова-

ние. Томск: Издательство «Ассоциация образовательных и научных учреждений «Сибирский открытый университет». 2018. № 3 (71). С. 33–40 URL: http://journals.tsu.ru/uploads/import/1747/files/71_033.pdf (дата обращения: 20.05.2020). DOI: 10.17223/16095944/71/5.

7. Царев Р.Ю., Тынченко С.В., Гриценко С.Н. Адаптивное обучение с использованием ресурсов информационно-образовательной среды // Современные проблемы науки и образования. 2016. №5. URL: https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25227 (дата обращения: 20.05.2020).

УДК 371
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-230

Базилевич Леонид Анатольевич,
д-р экон. наук, профессор

СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕЛОВЫХ ИГР (HARDWARE + SOFTWARE + WETWARE)

Технологический институт Стивенса, Хобокен, Нью-Джерси, США,
leonabazil@gmail.com

Аннотация. В статье проводится обзор испытанных автором деловых игр и имитационных моделей управления технологическими, экологическими, экономическими и социальными системами. Приводятся примеры игр, построенных исключительно или преимущественно на одной из систем обеспечения: hardware (настольные игры LEGO, BEER, Монополия), software (видеоигры SimCity, MacMulti, MarketSim), wetware (ролевые игры Мастак, Apprentice, CyberShockWave). Основное внимание уделяется играм, интегрирующим различные виды системного обеспечения (CyberMarket, CashFlow, Capstone). Анализируются возможности и преимущества систем обеспечения деловых игр в различных условиях обучения (очное, заочное, дистанционное), для производства (тестирование и аттестация кадров), или для исследовательской деятельности (академическая, экспериментальная, внедренческая).

Ключевые слова: деловая игра, оборудование, программное обеспечение, интеллектуальное обеспечение.

Leon Bazil,
Doctor of Economics, Professor

BUSINESS GAMES SUPPORT SYSTEM (HARDWARE + SOFTWARE + WETWARE)

Stevens Institute of Technology, Hoboken, New Jersey, USA,
leonabazil@gmail.com

Abstract. The paper provides the survey of business games and simulations tested by the author for technological, ecological, economic and social systems. Illustrated games supported exclusively or mainly on the hardware (board games LEGO, BEER, Monopoly), on the software (videogames SimCity, MaccMulti, MarketSim), or on the wetware

(MASTAK, Apprentice, CyberShockWave). Main attention paid for games integrating all three types of support (CyberMarket, CashFlow, Capstone). Opportunities and advantages of different support systems are analysed for education (clsssroom, distance, by correspondence), for industry (personel training, testing and promotion), and for research (fundamental, applied, implementation).

Keywords: business games, hardware, software, wetware.

1. Деловая Игра (ДИ) как система

Мы рассматриваем ДИ как систему в структурном и динамическом аспектах. ДИ заключается во взаимодействии одного или более игроков, отражаемом на модели технологической, экологической, экономической или социальной системы. В крайнем случае видеоигры решения игрока отражаются на экране компьютера, в классическом варианте – на игровом столе, окруженном несколькими игроками, а в полном объёме – командами, расположенными в различных местах. Эти варианты определяются во взаимодействии со структурной моделью деловой ситуации и алгоритмической моделью принятия решений [4].

Модель ситуации может иметь физическую или виртуальную форму, отражающую как результаты решений игроков, так и воздействия случайных факторов. Модель принятия решений может быть наглядной (таблица, блок-схема), процедурной (алгоритм, имитация), или ментальной (опыт, интуиция). Необходимо, чтобы эти модели были близки и понятны и для инструктора, и для игроков [12].

Модели ДИ обеспечиваются системой поддержки (hardware + software + wetware), представленными в различных пропорциях. В ранних вариантах ДИ преобладала первая составляющая, в настоящее время доминирует вторая, а в будущем возрастает третья. Hardware (оборудование) может быть универсальным (мебель, компьютеры) или специальным (стенды, пульты). Software (программное обеспечение) также либо специальное, либо универсальное. Wetware (интеллект) заключается в головах участников (разработчиков, инструкторов и игроков).

2. Оборудование (hardware) для ДИ

Исторически первым составляющим обеспечения ДИ стало физическое оборудование из подручных материалов типа дерева и камня. Так в древности выглядели модели технологических систем: строительной (Jenga) и аграрной (Mancala). В lXX-м веке стали популярны настольные игры, имитирующие визуально транспортные (Traveller’s Tours) и социальные (The Game of Life) системы на настольных моделях. В середине XX-го века стали актуальны экономические проблемы, представленные схематично [7], игральными картами, фишками и прочими фигурками. Огромную популярность среди американского населения, поражённого кризисом 30-х годов, приобрёл вариант финансовой игры “Monopoly”, отражающий несбыточные надежды обогащения. Впоследствии ДИ

«Монополия», патентованная Чарльзом Дэрроу в 1935 году, завоевала весь мир.

СССР в те годы был озабочен проблемами индустриализации и милитаризации, что отразилось в появлении полевых ДИ типа «Красный Ткач», оборудованных картами и схемами [17]. Примерами универсального вычислительного обеспечения для них были бухгалтерское счёты и арифмометр «Железный Феликс». Размах планового хозяйства был позднее отмечен предоставлением на несколько месяцев для проведения сельскохозяйственной ДИ оборудования полного национального телевизионного центра Украины [25].

Оборудование деловых игр XXl-го века пополняется различными универсальными и специализированными системами, прежде всего обеспечивающими ДИ информационными технологиями. Универсальное оборудование преимущественно представляют портативные компьютеры, планшеты и смартфоны, специальное оборудование типа 3х-мерных макетов и пультов используется в основном в корпоративных учебных центрах и индустриальных школах бизнеса. Например, Британский Центр Лидерства оборудован специальным фабричным полигоном и спортивными сооружениями, используемыми для профессионального и психологического развития менеджеров [4].

Большую популярность среди учебных заведений, школ бизнеса и корпоративных центров подготовки и аттестации персонала приобретает оборудование ДИ игрушечными фигурами для визуального представления технологических процессов. Корпорация Siemens и Эстонская школа бизнеса используют универсальные наборы ЛЕГО для создания физических моделей логистических процессов.

Современная электроника наиболее полно обеспечивает ДИ виртуальными средствами визуализации не только наглядных технологических и экологических систем, но и абстрактные экономические и социальные модели. Далеко вперёд ушли в этом направлении видеоигры, обеспечиваемые универсальными мультимедийными и кинематографическими элементами. ДИ используют для этого универсальные средства типа WhiteBoard, способные наглядно представить самые сложные структуры, концепции и процессы.

3. Программное обеспечение ДИ (software)

Исключительной особенностью software ДИ является сочетание специфической и стандартной составляющих: первая включает модели, правила и процедуры, вторая - информационную технологию.

Правила устанавливают цели игры и принципы их достижения, ограничения на поведение игроков и оценку их деятельности. Разработчикам игры следует избегать соблазна широты замысла и излишней детализации модели ситуации. Целью игры может быть обучение или атте-

стация игроков, либо исследование, либо отладка методов управления моделируемой системой [2]. Достижение первой группы целей в основном обеспечивается через wetware (обсуждается в следующем разделе), что обеспечивается чёткой и ясной системой оценок. Вторая группа целей обусловлена качеством моделей ситуации и методов принятия решений.

Процедуры ДИ определяют последовательность действий игроков и их информационное обеспечение. Они могут принимать решения одновременно или последовательно, получая полную или ограниченную информацию. Ассортимент решений может быть ограниченным и представленным игрокам их допустимыми стратегиями [22, 23], обеспечен алгоритмом принятия решений, и/или полагаться на опыт и интуицию игроков [1].

Информационное обеспечение ДИ определяется в тесной зависимости от программного обеспечения, которое может быть стандартным или специальным. Игроки обычно пользуются универсальными программами типа Excel, инструктора – мультимедийными приложениями. В распоряжении конструкторов игры имеются специальные продукты и системы проектирования ДИ [24]. Для моделирования технологических и экологических систем в основном используется статистическая имитация, для экономических и социальных – системная динамика [8] и динамическая имитация [напр., 20]. Производство видеоигр обеспечивается огромной индустрией программных продуктов и курсами среднего и высшего образования.

4. Интеллектуальное обеспечение ДИ (wetware)

Наиболее существенным отличием ДИ от других видов имитационных систем является наличие интеллектуального обеспечения игры. Wetware в полном смысле термина обозначает интеллектуальные и эмоциональные способности человека. Широкий интеллект дизайнера обеспечивает качество ДИ на этапах её конструирования и отладки, инструктор же должен мобилизовать весь свой эмоциональный потенциал во время игры. В этом смысле ДИ подобна, но даже превосходит содержание театральной постановки, соединяющей hardware (декорации, костюмы), software (текст, музыка) и wetware (режиссура, поведение актёров). Но каждая ДИ непохожа и неповторима как другие, особенно ролевые игры, окрашиваемые импровизацией инструкторов и игроков.

Интеллектуальное обеспечение ДИ включает формальный (know-how) и персональный (experience) опыт дизайнера, инструкторов и игроков. Оно интенсивно используется в командных, так называемых «серьёзных» ДИ серии Capstone [11]. Этому же способствуют методы активизации творческой деятельности, адаптированные для принятия деловых решений [14].

Эмоциональная поддержка игры включает харизму инструкторов и темперамент игроков, проявляющийся в их общении. Они выражаются в конкуренции, взаимопомощи или бездействии в зависимости от их мотивации, а также в поддержании темпа игры. Проблемы поддержания разумного баланса между соперничеством и сотрудничеством особенно обостряются в командных играх. Многое зависит и от воодушевления, воображения и чувства юмора участников игры.

Использование интеллектуального и профессионального опыта игроков особенно ценно на этапах подготовки ДИ. Это не только обогащает содержание игры, но и повышает их ответственность и активность во время игры. Например, игра “CyberMarket” [3] начинается с формирования игроками моделей спроса и предложения на товары и услуги их повседневного пользования. Значение эмоциональной составляющей wetware неуклонно возрастает, достигая максимума при анализе её результатов и оценке решений игроков. Особо это проявляется в тестовых и аттестационных играх, где необходимо отделить последствия решений отдельных игроков от успеха команды и от влияния случайных факторов.

Заключение

Современные требования к образованию и совершенствованию систем управления ведут к разработке и внедрению активных методов обучения и экспериментирования. На этом пути при дальнейшем совершенствовании информационных технологий (hardware + software) резко повышается значение интеллектуальной составляющей (wetware) обеспечения системных исследований. Творческий подход к представлению систем проявляется в виде ассоциациативного мышления [6] или пьесы [5], природных ассоциаций [19] и художественных образов [18].

Будущее деловых игр представляется блестящим от абсолютного оптимизма: «Игры вместо Жизни» [24] до практических предложений: «Система обучения управлению ВИВАТ» [16]. Игры адаптируются для условий дистанционного обучения и удалённых исследований. Расширяется и состав пользователей деловых игр: от детей [21] и до государственных деятелей [10].

Список литературы

1. Avedon E. M, Sutton-Smith B. The Study of Games. New York-Tokyo: Ishi Press Int., 2015. 546 p.

2. Bakken B., Sterman J.D. International Oil Tanker Management Flight Simulator. Software (for Macintosh) and Briefing Book. Cambridge, MA, 1993.

3. Bazil(evich) L. Transition from Command to Market Economy. Michigan, 1993.

4. Bazil L. Business Games for Management and Economics. Singapore, 2012.

5. Beer S. Platform for Change. Manchester, 1994.

6. DeBono E. The Use of Lateral Thinking. Penguin, 1967.

7. The Fascinating Game of Finance // www.adena.com. URL: http://www.adena.com/adena/mo/fn01.htm (access date: 04.04.2020).

8. Forrester J. Industrial Dynamics, Cambridge, 1961.

9. Game Theory: 5 Questions / Aumann R. et al.; Hendricks V.F., Hansen P.G. (eds.). Later prt. Edition Copenhagen, Denmark: Automatic Press / VIP; 2007. 248 p.

10. Jennings R. Cyber ShockWave CNN/BPC wargame: was it a failure? // CNN, February 17, 2010. URL: https://web.archive.org/web/20100223000551/http://blogs.computerworld.com/15603/cyber_shockwave_cnn_bpc_wargame_was_it_a_failure (access date: 04.04.2020).

11. Keys B. Capstone Business Simulation, 2003.

12. Ostrom E., Gardner R., Walker J. Rules, Games, and Common-Pool Resources. Ann Arbor: University of Michigan Press, 1994. 392p.

13. Top 100 PC Game Downloads // Big Fish Games, 2020. URL: https://www.bigfishgames.com/download-games/top-100-game-downloads.html (access date: 04.04.2020).

14. Альтшуллер Г.С. Теория решения изобретательских задач: Справка «ТРИЗ-88». Ангарск, 1988. 35 с.

15. Базилевич Л.А. Автоматизация организационного проектирования. Л.: Изд-во ЛГУ, 1984.

16. Базилевич Л.А. Система обучения управлению ВИВАТ (Визуализация Информации через Виртуальную Активность в Темпе) // Системный анализ в проектировании и управлении: Сборник научных трудов XXIII Междунар. науч.-практич. конф. В 3 ч. Ч. 1. СПб.: Изд-во Политех-Пресс, 2019. С. 165–172.

17. Бельчиков, Я.М., Бирштейн М.М. Деловые игры. Рига: Авотс, 1989. 303 с.

18. Волкова В.Н. Искусство формализации: От математики к теории систем и от теории систем – к математике. Изд. 2-е. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2004. 199 с.

19. Кавтарадзе Д.Н. Зелёный рюкзак экологических игр. М.: МГУ, 2006.

20. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование на AnyLogic 5. СПб.: БХВ-Петербург, 2005.

21. Кийосаки Р. Богатый папа, бедный папа / Пер. с англ. О.Г. Белошеева Минск: ООО «Попурри», 2012. 230 с.

22. Клименков Г.В., Кукор Б.Л., Пыткин А.Н. Экспертные системы и системы ситуационного управления на базе логико-лингвистических моделей // Вестник Пермского научного центра УРО РАН. Пермь: Издательство Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук. 2010. № 2. С. 26–37.

23. Кукор Б.Л. Информация и процесс принятия решения руководителем: Учеб. пособие. Л.: ЛФЭИ, 1984. 81 с.

24. Макгонигал Дж. Реальность под вопросом. Почему игры делают нас лучше и как они могут изменить мир / Пер. с англ. под ред. В. Шульпина. М.: ООО «Манн, Иванов и Фербер», 2018. 510 с.

25. Управление сельскохозяйственным производством: Деловые игры / Н.Т. Юхнов и др. М.: Агропромиздат, 1991. 91 с.

УДК 004.9
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-231

Шполянская Ирина Юрьевна [1],
д-р экон. наук, доцент, профессор;
Середкина Татьяна Андреевна[2],
ассистент

ТЕХНОЛОГИИ SEMANTIC WEB В ОРГАНИЗАЦИИ ПОДДЕРЖКИ ОНЛАЙН ОБУЧЕНИЯ

[1, 2] Ростовский государственный экономический университет (РИНХ),
Ростов-на-Дону, Россия,
[1] irinaspol@yandex.ru, [2] Seredkina.1994@yandex.ru

Аннотация. В процессе создания и эксплуатации систем онлайн обучения возникают проблемы адекватного представления информации об электронных курсах, а также выбора ресурсов, в наибольшей степени соответствующих запросам, предпочтениям и характеристикам обучающегося. Онтологические модели и семантические технологии обеспечивают единую интегрированную среду для поддержки пользователя в построении индивидуальной траектории обучения. В процессе работы система динамически строит и обновляет базу знаний о характеристиках обучающихся, тем самым повышая эффективность формируемых рекомендаций.

Ключевые слова: онтология электронного обучения, семантическая сеть, рекомендательная система, профиль обучающегося.

Irina Yu. Shpolianskaya[1],
Professor, Doctor of Economic Sciences,
Tatyana A. Seredkin[2],
Assistant

SEMANTIC WEB TECHNOLOGIES FOR THE SUPPORT OF ONLINE LEARNING

[1, 2] Rostov State University of Economics, Rostov-on-Don, Russia,
[1] irinaspol@yandex.ru, [2] Seredkina.1994@yandex.ru

Abstract. In the process of development and operation of e-learning systems, problems arise with the adequate presentation of information about e-courses and with the selection of resources that best meet the students needs, preferences and characteristics. Ontological models and semantic technologies provide a single integrated environment to support the user in construction of the individual learning path. In the process, the system dynamically builds and updates the knowledge base about the studentscharacteristics, thereby increasing the effectiveness of recommendations.

Keywords: e-learning ontology, Semantic Web, recommendation system, student profile.

Введение

Развитие информационного общества привело к возникновению новых образовательных технологий и сред, созданию систем электронного обучения на основе веб-технологий. В последние годы наблюдается непрерывный рост числа учебных ресурсов, доступных в режиме онлайн через массовые открытые онлайн-курсы (MOOCs) и системы управления обучением (LMS). Основной проблемой для пользователей в онлайн среде становится трудность в поиске наиболее подходящих курсов, которые наилучшим образом соответствуют их интересам. Концепция построения электронной информационно-образовательной среды нового поколения должна предоставить возможность автоматического построения индивидуальных траекторий обучения, осуществляя выбор учебных ресурсов на основе анализа достижений, предпочтений и особенностей обучающихся, адаптируясь в ходе образовательного процесса под текущее функциональное состояние обучающегося с использованием многоканальной обратной связи [1].

Индивидуальная траектория обучения определяется как последовательность учебных задач или действий, необходимых студенту для получения знаний или навыков в конкретной предметной области. Цель разработки оптимальной траектории обучения заключается в том, чтобы предоставить обучающимся наиболее подходящий учебный объект (последовательность объектов) для изучения в соответствии с характеристиками обучающегося. Однако традиционные технологии, основанные на синтаксической разметке информации, не обеспечивают адекватного поиска и эффективной навигации в среде распределенных знаний. Традиционная система выбора курсов из множества альтеративных требует существенных затрат времени, а компьютерная поддержка семантического анализа содержимого ресурсов весьма ограничена [2].

Растущая потребность в разработке и развитии подходов, обеспечивающих персонализацию образовательного процесса в электронной среде, обусловливает необходимость в применении гибких подходов, при которых выбор и определение способа композиции учебных материалов будет происходить не только на этапе проектирования учебного процесса, но и в ходе самого процесса обучения, в соответствии с изменяющимися требованиями обучающегося и достигнутыми показателями обучения [3].

Использование технологий Semantic Web поможет внести семантику в информационные сервисы и учебные материалы, чтобы их контент был представлен в базе знаний информационно-образовательной среды в однозначной и машинно-интерпретируемой форме. В этом случае процессы поиска и использования информационных ресурсов при реализации индивидуальной траектории обучения может быть реализованы автоматически программными агентами, которые смогут понимать семантиче-

ские описания на основе соответствующих онтологий. Технологии Semantic Web, предоставляющие общий контекст и обрабатываемые компьютером метаданные и используемые набором соответствующих сервисов, обеспечивают мощные средства для повышения эффективности процессов электронного обучения [4].

1. Семантическая модель системы поддержки электронного обучения

Существующий подход к процессам синтеза индивидуальной траектории обучения на основе поиска описаний учебных материалов по ключевым словам не обеспечивает возможности динамического управления процессом обучения в соответствии с текущими потребностями обучающегося [2]. Использование семантического подхода в большей степени направлено на поиск соответствия контента, возможностей и характеристик информационных ресурсов и сервисов в соответствии с текущими запросами пользователя.

Процессы поиска и интеграции информационных ресурсов в индивидуальную траекторию электронного обучения могут быть реализованы программными агентами, которые воспринимают семантические описания ресурсов на основе соответствующих онтологий. Методы поиска оптимальной траектории обучения могут быть реализованы в виде рекомендательной системы, интегрированной в структуру LMS. Целью разработки и внедрения рекомендательной системы в среде электронного обучения являются задачи оптимального выбора учебных ресурсов из множества доступных на основе анализа качества учебных ресурсов и восприятия их пользователями. В рекомендациях онтологии используются для представления знаний об обучаемом и об учебных ресурсах. Онтологии имеют преимущества многократного использования, способность к интеграции и поддерживают механизмы вывода, что помогает предоставлять расширенные рекомендации и создавать более релевантные материалы для обучающихся [5]. Процедуры поддержки онлайн обучения в разрабатываемой системе основаны на семантическом анализе запросов обучающихся, навигации по учебным материалам, и выборе материала, в наибольшей степени соответствующего текущим потребностям пользователя, на основе использования онтологических моделей.

В среде электронного обучения может возникнуть ситуация, когда разные преподаватели используют разные термины для обозначения одних и тех же объектов, и в этом случае комбинация разных учебных материалов становится затруднительной. Проблема поиска усугубляется тем фактом, что обычно преподаватели и студенты имеют разный опыт и уровни знаний. Механизм для установления общего понимания обеспечивают семантические модели представления знаний в форме онтологии на основе технологий Semantic Web. Онтологии предоставляют мощные

средства для эффективного представления и использования структуры и содержания электронного обучения. Сюда входят онтология предметной области, онтология электронных курсов (структура и содержание учебного контента), онтологии аннотаций (ключевых слов) учебных материалов, онтология профилей обучающихся, а также связывающая их референтная онтология. Интеграция данных онтологий в виде графовой модели базы знаний в формате RDF/OWL и процедуры логического вывода обеспечивают в системах электронного обучения возможность определения и непосредственной доставки учебных материалов, соответствующих текущему состоянию профилю обучающегося и его запросам.

Semantic Web обеспечивает создание соответствующей инфраструктуры для интеллектуальных агентов и сервисов, которые выполняют сложные действия для пользователей образовательных порталов. Эти технологии обеспечивают явное объявление знаний, представленных на портале, интеллектуальную интеграцию информации, семантический доступ к ресурсам и извлечение информации из текстов.

Чтобы процесс поиска и композиции учебных ресурсов в траекторию обучения мог быть реализован в динамическом режиме, необходимо, чтобы ресурсы имели семантическое описание в однозначной и машинно-интерпретируемой форме (например, с помощью языка OWL), которое программа могла бы понимать на основе соответствующих онтологий.

Мы рассматриваем семантический подход как возможность реализации сценариев электронного обучения на основе онтологий. Элементы знаний (учебные материалы), присутствующие на образовательном портале связываются с соответствующими онтологиями, что обеспечивает возможность построения семантических запросов по заданной тематике. Для каждого пользователя создается собственный персонализированный агент, который связывается с другими агентами и сервисами системы онлайн обучения. Пользователь может описать свою текущую ситуацию (цель обучения, имеющиеся знания, и т. д.) и выполнить семантический запрос для поиска подходящего учебного материала. В этих целях создается Профиль пользователя.

2. Архитектура семантически ориентированной системы поддержки онлайн обучения

На рисунке 1 изображена концептуальная схема семантической модели электронного обучения, которая предоставляет сервисы пользователям системы онлайн обучения. Основными уровнями этой структуры являются уровень доступа пользователей (студенты, авторы курсов и тьюторы), уровень интерфейса, который предоставляет различные средства взаимодействия пользователя с системой, уровень базы знаний и уровень сервисов, который управляет процессами взаимодействия системы с онтологиями.

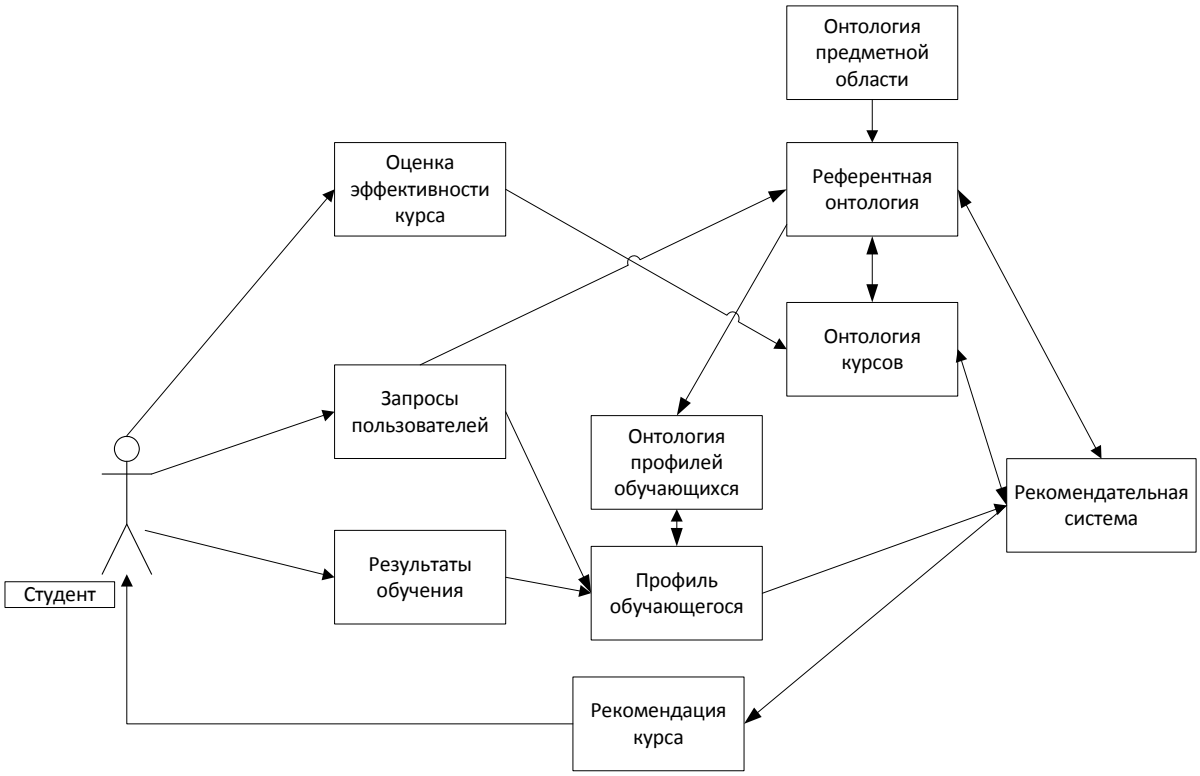


Рис. 1. Архитектура семантически ориентированной системы поддержки онлайн обучения

В предлагаемом подходе для семантического описания объектов системы используется онтология, которая включает модель описания ресурсов, модель обучающегося с описанием его предпочтений и характеристик, а также онтологическую модель компетенций учебной программы. Использование онтологического подхода обеспечивает основу для создания интеллектуальной среды, когда в онтологиях сохраняются данные о текущем состоянии персонального учебного процесса обучающегося, данные о требованиях и обновленные данные об измененных характеристиках пользователя, об успешных стратегиях выбора и освоения ресурсов другими пользователями со схожими характеристиками, на основе которых программный инструментарий в автоматизированном режиме на очередном шаге осуществляет поиск ресурсов с последующей их интеграцией в структуру индивидуальной траектории обучения. С помощью онтологической модели пользователь описывает свои требования и цели относительно предполагаемой структуры учебной траектории и последовательности освоения электронных ресурсов. Система использует семантические описания профиля обучающегося и релевантных учебных электронных ресурсов вместе с информацией обратной связи по предыдущим сценариям использования ресурсов другими пользователями. Формируемая и обновляемая база знаний предоставляет данные, необходимые в дальнейшем для работы обучающихся алгоритмов, и обес-

печивает информационную поддержку автоматизированных процессов синтеза эффективной траектории обучения.

Система поддержки онлайн обучения с использованием технологий семантического Web включает следующие компоненты:

- онтологическая модель предметной области, база компетенций учебных программ;
- база учебных материалов, включающая семантическое описание онлайн ресурсов вместе с оценками их параметров.
- референтная онтологическая модель, позволяющая реализовать автоматическую привязку электронных ресурсов к соответствующему профилю обучающегося.
- онтологическая модель обучаемого, включающая семантическое описание характеристик его профиля. Описание профиля обучаемого формируется на основе обработки результатов онлайн-тестирования учащегося и корректируется на основе информации о действиях пользователя при работе с онлайн ресурсами.

Система электронного обучения, предназначенная для достижения адаптивности обучения, должна использовать не только контент учебных материалов, но также базу знаний о предметной области, к которой относится учебный объект. База знаний предметной области дает структурированное описание пространства знаний для содержания электронного обучения в целом. Онтология предметной области определяет правила композиции учебных объектов для их включения в индивидуальную траекторию обучения, адаптированную к структуре профиля студента. Правила композиции основаны на стандартных метаданных для обеспечения взаимодействия между онтологиями и представлены в формальной онтологии для поддержки автоматического вывода.

В предлагаемой системе поддержки электронного обучения онтология предметной области разработана с использованием системы классификации научных областей знаний (в частности, ГРНТИ). Эта онтология классифицирует различные области научных знаний и привязывает к ним понятия (ключевые слова), используемые в различных онлайн курсах, с помощью организованной иерархической структуры. Так, согласно классификации области компьютерных наук, Программное обеспечение является прямым подклассом Компьютерных наук и состоит из разделов Программная инженерия, Операционные системы, Языки программирования и Технологии программирования в качестве подклассов. Эти или темы затем классифицируются на подтемы. Например, раздел Языки программирования включает подразделы Основы программирования, Web-программирование и т. д. Конкретные темы, в частности, «Основы программирования на языке Python» описываются как отдельные экземпляры класса Основы программирования.

Прикладные онтологии структурируют информацию, связанную с пользователями и учебными ресурсами. Система использует модель (профиль) обучающегося, представляющую информацию о целях и предпочтениях пользователя, для рекомендаций обучающемуся электронного курса с соответствующими характеристиками. Пользователи имеют определенные свойства данных, такие как, идентификатор пользователя и его квалификационные характеристики. Профиль обучающегося, представленный и реализованный как онтология, должен непрерывно обновляться в процессе обучения.

Owl-файлы онтологии содержат подробную информацию о курсах, такую как автор, темы курса, форма представления (видео, конспекты лекций, ссылки на учебники и т. д). Описания ресурсов в owl-онтологии состоят из свойств данных, которые связывают индивиды, определенные в рамках конкретного ресурса, с файлами учебных материалов, размещенных на сервере приложений. Например, онлайн курс «Программирование на языке Python» выступает как индивид, связанный с соответствующими ресурсами – конспектами лекций, которые, в свою очередь, описываются как подкласс атрибута Источник. После идентификации индивидов и соответствующих классов определяются свойства объектов, которые связывают индивиды друг с другом. Различные индивиды, идентифицированные в онтологии предметной области, связаны с индивидами, определенными в классе ресурсов, ключевых слов, а также в классе пользователей. Например, курс Основы языка программирования Python ассоциируется с определенными ключевыми словами – объектами класса Ключевые слова. Свойство объекта «содержит» связывает все объекты ключевых слов со всеми курсами и ресурсами, в том числе и с ресурсом Основы языка программирования Python.pdf.

Онтологии используются в качестве интеграционной платформы для всех процессов электронного обучения. Поиск информации на основе персонифицированных агентов создает динамичную обучающую среду, интегрированную со всеми процессами электронного обучения. Пользователь, используя свой персональный агент, ищет учебный материал в соответствии со своими потребностями. Онтология становится связующим звеном между потребностями (запросами) пользователя и характеристиками учебного материала. Возможности навигации по порталу также могут быть расширены с помощью семантически определенных связей между страницами портала.

Заключение

В работе представлен новый подход к решению задачи персонализации обучения в условиях динамичной электронной среды на основе онтологических моделей. В рамках данного подхода:

• предложена методика использования OWL-онтологии для интеграции ресурсов в индивидуальную траекторию обучения. Обоснована це-

лесообразность использования онтологических моделей для более адекватного представления онлайн ресурсов электронного обучения, обеспечивающего совместимость формата запроса пользователя с описаниями учебных ресурсов от разных разработчиков.

• определена архитектура системы поддержки электронного обучения по выбору онлайн ресурсов для дальнейшего их включения в индивидуальную траекторию обучения студента. Разрабатываемая система реализуется в виде набора персональных агентов и сервисов, которые взаимодействуют на основе базы знаний, представленной в виде комплекса взаимосвязанных онтологических моделей. Система рекомендует ресурс в зависимости от текущих запросов и характеристик пользователя в соответствии с его профилем. В процессе работы система динамически обновляет базу знаний о текущих характеристиках пользователя, тем самым повышая эффективность формируемых рекомендаций.

Список литературы

1. Aroyo L. Dicheva D. The New Challenges for E-learning: The Educational Semantic Web // Educational Technology & Society. 2004. No. 4. P. 59–69.

2. Montuschi P., Lamberti F., Gatteschi V., Demartini C. A semantic recommender system for adaptive learning // IT Prof. 2015. Vol. 17. No. 5. P. 50–58.

3. Rani M., Nayak R., Vyas O.P. An ontology-based adaptive personalized e-learning system, assisted by software agents on cloud storage // Knowledge-Based Syst. 2015. Vol. 90. P. 33–48.

4. Dzbor M., Motta E., Stutt A. Achieving higher-level learning through adaptable Semantic Web applications // Int. J. Knowledge and Learning. 2005. 1(1/2). P. 25–43.

5. Rani M., Srivastava K.V., Vyas O.P. An ontological learning management system // Comput. Appl. Eng. Educ. 2016. Vol. 24. No. 5. P. 706–722.

УДК 519.6
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-232

Солодилова Наталья Алексеевна[1],
канд. техн. наук, доцент;
Петраш Виктор Иванович[2],
канд. техн. наук, доцент

ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В БАЗОВОМ МОДУЛЕ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ В ОБЛАСТИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

[1, 2] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия,
[1] solodilova_na@spbstu.ru, [2] petrash_vi@ spbstu.ru

Аннотация. В статье обоснована необходимость изучения технологии анализа проектируемого объекта методом конечных элементов в базовой подготовке инженера-машиностроителя. На примере дисциплин «Вычислительная математика» и «САПР в машиностроении» показано использование междисциплинарного

подхода, позволяющего комплексно применять теоретические знания и практические навыки, полученные при изучении разных дисциплин.

Ключевые слова: метод конечных элементов, система автоматизированного проектирования, САПР, система инженерного анализа, конечно-элементный анализ, прочностной анализ.

Natalia A. Solodilova[1],
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor;
Victor I. Petrash[2],
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

DIGITAL MODELING TECHNOLOGIES IN THE BASIC MODULE BACHELOR'S DEGREE IN MECHANICAL ENGINEERING

Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia,
[1] solodilova_na@spbstu.ru, [2] petrash_vi@ spbstu.ru

Abstract. The article substantiates the need to study the technology of analysis of the projected object by the finite element method in the basic training of a mechanical engineer. Based on the courses "Computational mathematics" and "CAD in mechanical engineering" is shown using an interdisciplinary approach, allowing to apply the theoretical knowledge and practical skills gained when studying different disciplines.

Keywords: finite element method, computer-aided design, CAD, computer-aided engineering, finite element analysis, strength analysis.

Введение

Системный анализ в области высшего образования позволяет построить стройную последовательность изучаемых дисциплин с целью овладения студентами требуемыми компетенциями. Это достигается путем логической связи ранее изучаемых дисциплин, как базовых, с последующими дисциплинами, дополняющими и углубляющими полученные ранее знания и навыки. В полной мере это относится и к подготовке специалистов в области машиностроения.

Одним из ключевых компонентов и систем современного производственного предприятия является цифровое моделирование и оптимизация процессов и продуктов компании, включая инженерный анализ, виртуальное прототипирование и анализ методом конечных элементов (МКЭ). Различные способы моделирования – от физических процессов и отдельных сборочных единиц до технологических процессов и производства в целом – широко используются на всех ведущих производственных предприятиях сегодня, обеспечивая их отраслевое лидерство [1]. На сегодняшний день вряд ли возможно представить успешно функционирующее высокотехнологичное предприятие, не использующее цифровые технологии по крайней мере на некоторых этапах [2].

1. Постановка задачи

Успех в профессиональной деятельности современного инженера напрямую зависит от навыков владения инструментами автоматизации проектирования. Опыт преподавания показывает, что начать освоение технологий автоматизированного проектирования (САПР) лучше на примере систем среднего уровня. В результате анализа таких требований, как наличие базового функционала, достаточного для решения большинства производственных задач, широкое использование на предприятиях, в том числе, в связи с реализацией программы импортозамещения, эффективное сотрудничество вендора программного комплекса с учебным заведением был сделан выбор в пользу отечественной САПР КОМПАС-3D [3 – 7].

Образовательные стандарты высшего образования СПбПУ по направлениям подготовки бакалавров 15.03.01 «Машиностроение» и 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», среди прочих, устанавливают общепрофессиональные компетенции «Способен использовать современные информационные технологии, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности» и «Расчет и проектирование деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования».

Важное место в проектировании деталей и узлов машиностроительных конструкций занимает проведение для них различных прочностных и тепловых расчетов для определения возникающих в них напряжений и деформаций.

Одним из методов, который нашел широкое применение в области инженерного анализа в системах автоматизации проектирования, является метод конечных элементов.

Разнообразные варианты МКЭ положены в основу эффективного решения различных инженерных задач в системах инженерного анализа (CAE): прочностных расчётов, анализа аэро-, гидро-, термодинамических процессов, расчётов и симуляции процессов литья, штамповки и т. д.

В связи с этим при подготовке специалистов в области машиностроения необходимым является получение ими теоретических знаний и практических навыков использования МКЭ для расчета деформаций и напряжений в деталях и узлах машиностроительных конструкций.

2. Знакомство с МКЭ в рамках дисциплины «Вычислительная математика»

Знакомство студентов Высшей школы машиностроения с МКЭ начинается в весеннем семестре второго курса в рамках дисциплин «Вычислительная математика» и «САПР в машиностроении».

В дисциплине «Вычислительная математика» на лекциях и лабораторных работах изучается решение дифференциальных уравнений в частных производных в MATLAB с помощью приложения **pdetool** [8].

С помощью этого приложения используя МКЭ можно решать плоские задачи математической физики, описываемые уравнениями эллиптического, параболического и гиперболического типов при краевых условиях Дирихле (первая краевая задача) или Неймана (вторая краевая задача).

В построенной области решения задачи с помощью команды генерируется конечно-элементная сетка. В случае необходимости она может быть изменена путем увеличения числа конечных элементов. При необходимости можно показать номера конечных элементов и узлов сетки.

На лекциях студенты знакомятся с общими принципами МКЭ, особенностями его использования и реализации с помощью приложения **pdetool**. Показывается преимущество МКЭ перед методом конечных разностей.

На лабораторных работах студенты закрепляют полученные теоретические знания путем решения практической задачи (уравнения Лапласа с заданными граничными условиями). При этом задача решается двумя способами: с помощью МКЭ и конечных разностей. В результате студенты убеждаются в одинаковости полученных результатов.

3. Использование МКЭ для проведения прочностного анализа

В рамках курса «САПР в машиностроении» студенты знакомятся с реализацией МКЭ на примере продукта, относящегося к классу CAE, системы прочностного анализа APM FEM, интегрированной САПР КОМПАС-3D. Приложение APM FEM позволяет выполнять экспресс-расчёты твердотельных объектов и визуализировать результаты этих расчётов.

Используя приложение APM FEM студентам предлагается выполнить прочностной анализ одной из деталей, входящих в сборку или, по желанию, подсборки. Этому предшествует получение навыков трёхмерного моделирования деталей при помощи основных формообразующих операций, создания массива элементов, моделирования листовой детали, моделирования сборочных моделей, создания ассоциативных чертежей и спецификаций, связанных с моделями чертежами и сборками [9 – 11].

Функционал APM FEM включает набор инструментов, позволяющих выполнить предварительный анализ проектируемой конструкции и предназначен для обычных конструкторов. Доступны следующие виды расчета:

- статический расчет;
- расчет на устойчивость;
- расчет собственных частот и форм колебаний;
- тепловой расчет.

В процессе выполнения анализа студенты подготавливают модель к расчёту – задают закрепления и нагрузки (рис. 1). Возможно задание восьми видов нагрузки: давление, угловое ускорение, распределённый момент, распределённая сила, удельная сила по длине, температура, линейное ускорение, удельная сила по площади.

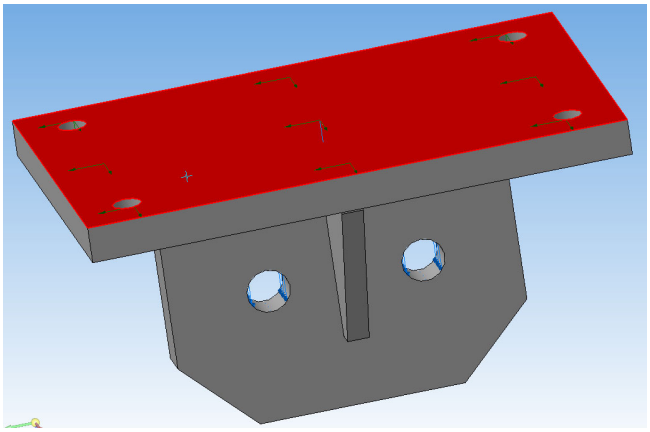


Рис. 1. Задание закреплений и приложение нагрузки

Следующий этап – генерация конечно-элементной сетки. Грамотно задать параметры сетки (выбрать тип конечного элемента, задать максимальную длину стороны элемента, максимальный коэффициент сгущения на поверхности и коэффициент разрежения в объёме) и визуально проконтролировать качество конечно-элементного разбиения помогут знания, приобретённые в курсе «Вычислительная математика». Результат выполнения этого этапа иллюстрирует рисунок 2.

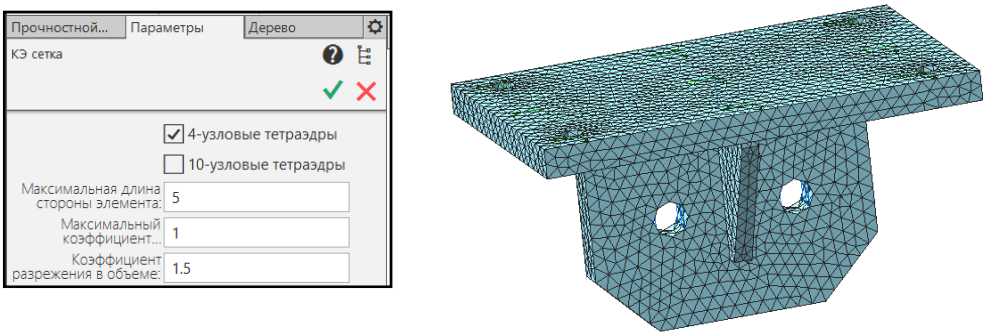


Рис. 2. Пример сгенерированной сетки

Далее выполняется расчет модели. Предварительно выбираются необходимые виды расчёта из перечня, приведённого выше, и настраиваются параметры расчёта, такие как выбор метода решения конкретной задачи, точность решения, максимальное количество итераций.

Результаты расчётов представляются в виде карт результатов (рис. 3, 4), для которых также предоставлены широкие возможности настройки опций параметров вывода, диалоговых окон с информацией об инерционных характеристиках, частотах собственных колебаний с возможностью просмотра формы колебаний для выбранной частоты (рис. 5), коэффициентом запаса устойчивости с просмотром формы потери устойчивости. Результаты расчёта могут быть сохранены в файл отчёта в формате html или xml.

В результате выполнения практического задания студенты приобретают навыки проведения предварительного прочностного анализа проектируемой модели.

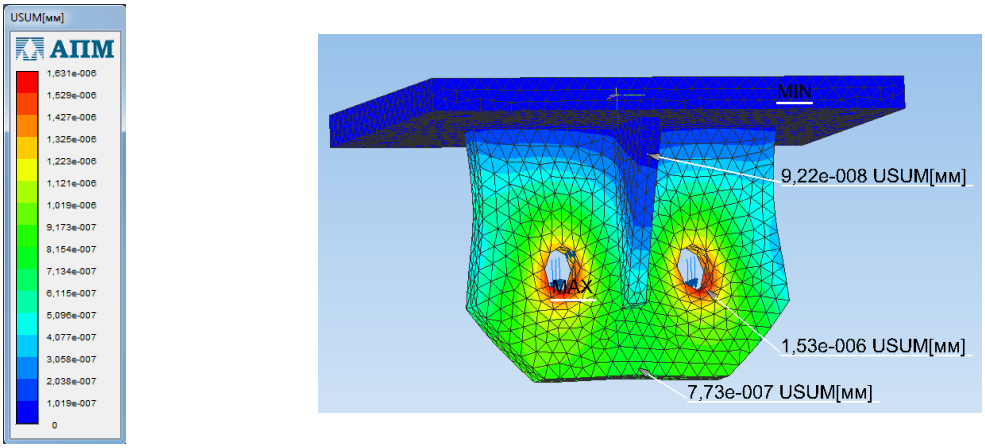


Рис. 3. Карта перемещений

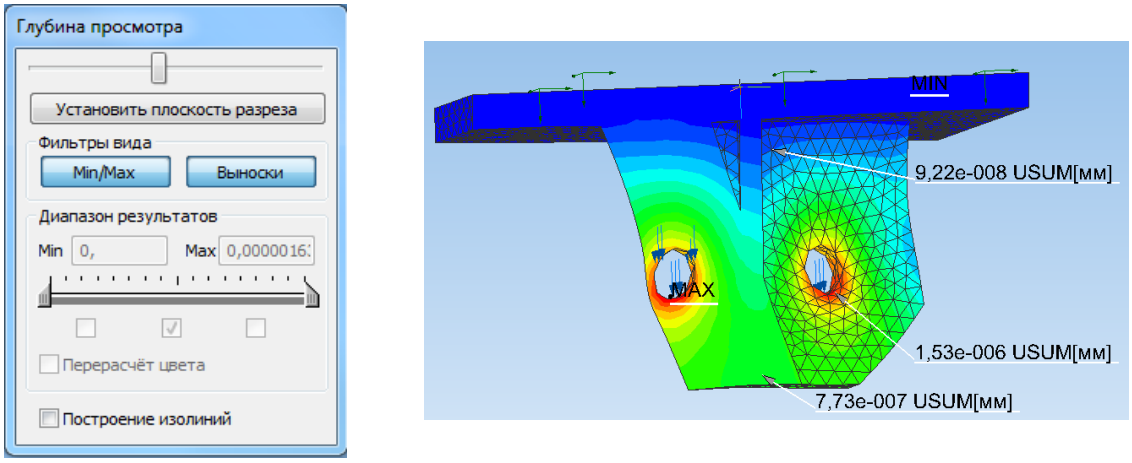


Рис. 4. Просмотр результатов внутри модели

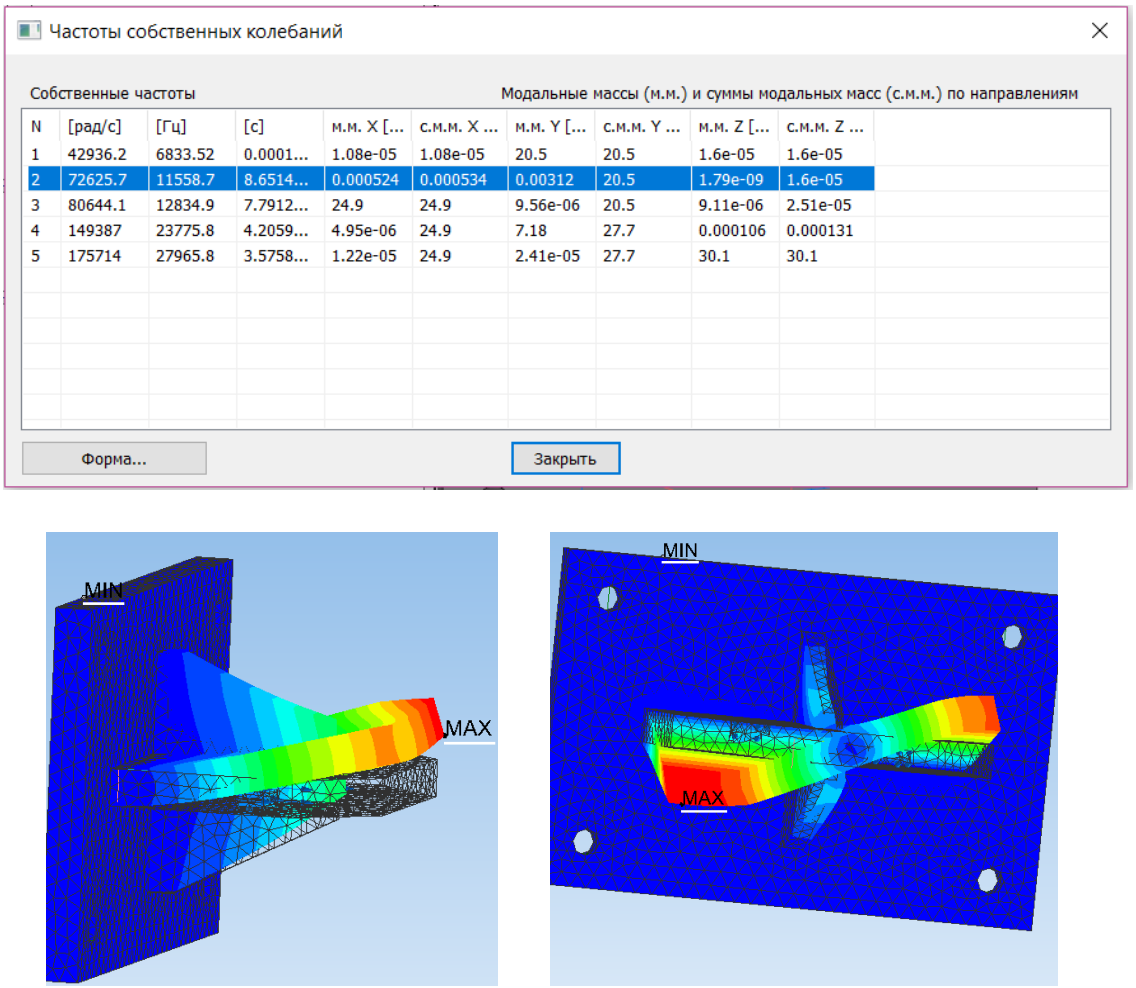


Рис. 5. Просмотр результатов расчёта собственных колебаний

Заключение

Полученные в рамках этих курсов знания и практические навыки будут использованы студентами на старших курсах в рамках дисциплин вычислительная механика, введение в технологии виртуального инжиниринга, автоматизация технологической подготовки производства, основы технологии машиностроения и в выпускных квалификационных работах.

Таким образом, использование системного анализа позволяет построить в Высшей школе машиностроения стройную систему последовательного изучения использования МКЭ при подготовке специалистов в области машиностроения.

Список литературы

1. Биленко П.Н., Лысенко С.Л. Ключевые системы и компоненты цифрового производственного предприятия // Доклад «Цифровое производство: методы, экосистемы, технологии». 2018. С. 16–23. URL: http://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2018/04_april/12/cifrovoe-proizvodstvo-032018.pdf (дата обращения 25.02.2020).

2. Боровков А.И., Марусева В.М., Рябов Ю.А. Новая парадигма цифрового проектирования и моделирования глобально конкурентоспособной продукции нового поколения // Доклад «Цифровое производство: методы, экосистемы, технологии». 2018. С. 24–43. URL: http://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2018/04_april/12/cifrovoe-proizvodstvo-032018.pdf (дата обращения 25.02.2020).

3. Кочергин В.С., Привалов Э.Н. Современные методики преподавания САПР в высших учебных заведениях машиностроительного профиля // Образование. Наука. Карьера. Сборник научных статей Международной научно-методической конференции. Курск: Закрытое акционерное общество «Университетская книга», 2018. С. 228–232.

4. Надеин В.В., Кувырталова М.А. Педагогические условия реализации инновационных технологий при изучении студентами вуза – будущими инженерами графических дисциплин // Материалы научной конференции научно-педагогических работников, аспирантов, магистрантов «Университет XXI века: научное измерение». Тула: ТГПУ им. Л. Н. Толстого, 2019. С. 87–92.

5. Янченко В.С. Импортозамещение САПР, опыт преподавания графических сред NANOCAD, КОМПАС // Материалы научно-методической конференции «Современные проблемы высшего профессионального образования», 01 апреля – 31 мая 2015 г., Брянск. Брянск: Издательство Брянской гос. инженерно-технологической академии, 2015. С. 84–86.

6. Нигметзянова В.М. Методологические основы преподавания дисциплины САПР на примере системы UNIGRAPHICS NX // Актуальные проблемы инновационного педагогического образования. 2018. № 3 (6). С. 18–21.

7. Солодилова Н. А. Новые технологии проектирования в рамках дисциплины «САПР в машиностроении» // Системный анализ в проектировании и управлении: Сборник научных трудов XXIII Междунар. науч.-практич. конф. Ч. 3. СПб.: Изд-во Политех-Пресс, 2019. С. 391–397.

8. Петраш В. И. Вычислительная система MATLAB. Учебное пособие. СПб., 2020. URL: http://elib.spbstu.ru/dl/2/s20-5.pdf (дата обращения 26.02.2020).

9. Бортяков Д.Е., Мещеряков С.В., Солодилова Н.А. Основы проектной деятельности. Системы автоматизированного проектирования машин и оборудования: учебное пособие / Под ред. С.В. Мещерякова. 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. 152 с.

10. Мещеряков С.В., Солодилова Н.А. Автоматизация машиностроительного проектирования в САПР КОМПАС-3D. Ч. 1. Создание трехмерных моделей деталей: учеб. Пособие. 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. 169 с.

11. Донская М.М., Солодилова Н.А. САПР в машиностроении. Компас-график, Компас-3D, Вертикаль, Библиотека анимации [Электронный ресурс]: учебное пособие. СПб.: Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2013. URL: http://elib.spbstu.ru/dl/2948.pdf (дата обращения 28.02.2020).

УДК 330.1
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-233

Яковлева Елена Анатольевна[1],
д-р экон. наук, доцент, профессор;
Павлова Оксана Сергеевна[2],
канд. экон. наук, доцент, доцент;
Краснопевцева Мария[3],
магистрант

ИНТЕГРАЦИЯ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО КАРКАСА АДАПТИВНОГО ПОДХОДА В СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА

[1, 2, 3] Санкт-Петербургский государственный экономический университет,
Санкт-Петербург, Россия,
[1] helen7199@gmail.com, [2] pavlovaoksanas@gmail.com,
[3] mariakr.27@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются концептуальные основы экономической взаимосвязи внешней и внутренней среды, раскрываются необходимые элементы концептуальной основы. Целью является изучение концептуальных основ с целью их практического применения для выбранной сферы. Результатом работы является применение концептуальных основ для инновационного образовательного проекта, разработка фрейма, построение дискретной ситуационной сети проблемных ситуаций согласно теории адаптивного управления и ситуационного подхода.

Ключевые слова: системный анализ, ситуационный подход, инновационный образовательный проект, семантическая модель.

Elena A. Iakovleva[1],
Doctor of Economics, Professor;
Oksana S. Pavlova[2],
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor;
Maria Krasnopevtseva[3],
Graduate Student

INTEGRATION OF THE CONCEPTUAL FRAME OF ADAPTIVE APPROACH TO THE MANAGEMENT SYSTEM OF THE INNOVATIVE EDUCATIONAL PROJECT

[1, 2, 3] Saint Petersburg State University of Economics,
St. Petersburg, Russia,
[1] helen7199@gmail.com, [2] pavlovaoksanas@gmail.com,
[3] mariakr.27@gmail.com

Abstract. The article discusses the conceptual foundations of the economic relationship of the external and internal environment, reveals the necessary elements of a conceptual framework. The goal is to study the conceptual framework with a view to their practical application for the chosen field. The result of the work is the application of the conceptual framework for an innovative educational project, the development of a frame, the construction of a discrete situational network of problem situations according to the theory of adaptive management and a situational approach.

Keywords: system analysis, situational approach, innovative educational project, semantic model.

Введение

Анализ перспектив развития рынка труда с учетом инновационного вектора развития экономики показал необходимость в создании инновационного образовательного проекта, который объединит молодых специалистов и представителей бизнеса, позволит на практике применить полученные теоретические знания, поможет развить технологические и предпринимательские компетенции в сфере Интернета Вещей, который является ключевым инструментом для развития и внедрения цифровизации в реальность.

Применение концептуального каркаса теории адаптивного управления Б.Л. Кукора для анализа основ экономической взаимосвязи внутренней и внешней среды мы будем рассматривать на примере образовательной платформы IoT Alma Mater [2, 3]. Это проект, созданный в Санкт-Петербурге, который направлен на создание единого информационного и физического пространства, а также сообщества для создания новых цифровых IoT продуктов, начинается с этапа формирования идеи и разработки заканчивается внедрением продукта на рынок.

1. Постановка задачи

Основной задачей данной статьи является рассмотрение концептуальных основ, модели социально-экономической системы, рассмотрение этапов построения модели.

В общем виде концептуальная основа включает в себя следующие элементы: модель объекта и субъекта, дерево целей объекта и субъекта, дискретно-ситуационную сеть, альтернативно сетевой график субъекта и объекта управления, матрицу рисков и терминосистему.

Для более глубокого погружения в выбранную тему исследования, необходимо первостепенно представить модель социально-экономической системы (СЭС), схематическое представление которой дает представление о структуре системы управления. В модели СЭС представлены понятия и отношения. Графы отражают необходимые элементы, дугами представлены взаимосвязи между ними. В зависимости от выбранной отрасли, от предприятия, графы могут меняться, добавляться необходимые для конкретной отрасли элементы, при сохранении концептуальных основ.

2. Алгоритм решения задачи

После схематического представления модели СЭС, следующим шагом является процесс моделирования управленческих действий, который включает в себя 5 этапов: целеполагание, учет, прогноз (пессимистический, оптимистический), управляющее воздействие и анализ. При составлении фрейма мы моделируем ситуацию, обозначаем последовательность действий, обозначаем кратким названием каждое действия, для удобства дальнейшей работы.

Для понимания СЭС необходимо представить графы семантической модели, узлы графов, их расшифровку, показать связь графов и отношение понятий. Далее рассматривается взаимосвязь между объектами. Необходимо пронумеровать и добавить обозначение потока (информационный, финансовый, материальный).

Модель объекта включает в себя следующие элементы: платформа, студенты, команда студентов, преподаватели ВУЗов, представители бизнеса и промышленных компаний + компаний, работающих в сфере технологий, производители технического оборудования, электроники, плат и иных деталях, научно-технический комплекс(НТК),региональный инжиниринговый центр, исполнительные органы государственной власти (на данном этапе в целях реализации проекта цифровизации). В указанном примере было рассмотрено 37 взаимосвязей. Большая часть взаимосвязей носят информационный характер, т.к. изначально проект разрабатывался как социальный.

Далее необходимо определить параметры элементарных объектов, входящих в объект управления. Например, существует потребность объединить лидеров отрасли и создать сообщество для взаимовыгодного сотрудничества, в создании новых продуктов и реализации идей, взаимопомощи, существует возможность для ралиизации указанной потребности, потребность в инновационных идеях, возможность их реализовать и иные примеры. Мы рассматриваем потребность и возможность по каждому элементарному объекту.

Следующим этапом идет дискретная ситуационная сеть проблемных ситуаций. При проведении оценки потерь по видам проблемных ситуаций и типам задач их решения мы определили проблемную ситуацию, тип дисбаланса связи, были описаны характеристики и модель оценки потерь, оценена вероятность возникновения потерь, предложен способ решения проблемной ситуации и определен тип задачи.

После составления фрейма, необходимо показать влияние и взаимосвязь этапов и действий.

3. Пример: фрагмент дискретной ситуационной сети проблемных ситуаций

Пример фрейма (фрагмент) представлен в таблице 1.

Таблица 1

Фрейм потока

Обозначение	Название	Значение
1.Дескриптивная функция **целеполагание** для описания фрейма		
CP1	Максимизация из ПЛАТФОРМА в ЭО 1 «Студенты»	тип
2.Дескриптивная функция **учет** для описания фрейма		
N1	Ожидаемое количество студентов	Числовая
ALP	Студенты, которые подали заявки на обучение	Числовая
NA	Количество студентов, успешно прошедших обучение	Числовая
T	Время, затраченное на одного студента	Числовая
V	Потребности, необходимые на одного студента	Числовая
VAII (T2)	Потребности на поток студентов	Числовая
AP	Количество студентов, завершивших обучение, в год	Числовая
3.Дескриптивная функция **прогноз** для описания фрейма		
Students	Количество студентов в лаборатории падает	Количество студентов в лаборатории падает растет
4.Дескриптивная функция **управляющее воздействие** для описания фрейма		
UV1	Повышение качества предоставляемого обучения	Качественная
5.Дескриптивная функция **анализ**		
Если Students падает, то ALP падает. Если ALP падает, то N1 падает. Если NA падает, то VAII = V*NA, падает. Если T падает, то V падает. Если V и T падают, то UV 1 падает. Если UV 1 падает, то AP падает. Если AP падает, то ALP падает. Если Students растет, то ALP растет. Если ALP растет, то N1 растет. Если NA растет, то VAII = V*NA, растет. Если T растет, то V растет. Если V и T падают, то UV 1 растет. Если UV 1 растет, то AP растет. Если AP растет, то ALP растет. Если ALP растет, то CP1 – max.		

Рассмотрим проблемную ситуацию на указанном ранее примере. Вероятность наступления проблемной ситуации дисбаланса связи в средствах обеспечения функционирования образовательного проекта была

оценена низко, что связано с тщательным изначальным выбором поставщиком оборудования и программного обеспечения и площадки для проведения занятий. В типе дисбаланса связи в средствах обеспечения функционирования платформа нами были выделены следующие проблемные ситуации: отказ работы оборудования в период проведения лекционных и практических занятиях, и неполадки в лекционном помещении, что мешает проведению занятий. Высоко была оценена вероятность возникновения проблемной ситуации, связанной с отсутствием заработной платы персоналу.

Отсутствие заработной платы связано, как было указано ранее, с изначальным позиционированием проекта как социального, не было цели его монетизировать. Однако пилотный проект показал высокий интерес со стороны партнеров и представителей бизнеса. В связи с интересом к деятельности платформы необходимо расширяться, находить пути монетизации и финансирование проекта.

Заключение

В работе были применены концептуальные основы экономической взаимосвязи на примере инновационного образовательного проекта, разработан фрейм, представлен фрагмент дискретной ситуационной сети проблемных ситуаций.

Исследование выполнение при поддержке гранта РФФИ, проект 19-010-00257 Методология анализа промышленных предприятий и отраслей нематериального производства в условиях информационного общества и цифровизации.

Список литературы

1. Официальный сайт Human Resources Development Fund. URL: https://www.hrdf.com.my/ (дата обращения: 01.05.2020).

2. Официальный сайт RedBees URL: http://redbees.ru/iot-alma-mater/ (дата обращения: 01.05.2020).

3. Кукор Б.Л. Организационное моделирование процесса управления предпринимательской деятельностью в регионе. СПб.: Изд-во СПБГУЭФ, 1996. 234 с.

4. Официальный сайт The Boston Consulting Group. URL: https://www.bcg.com/ (дата обращения: 01.05.2020).

5. Кукор Б.Л., Клименков Г.В. Адаптивное управление промышленным комплексом региона: теория, методология, практика / Под общ. Ред. Б.Л. Кукора. Екатеринбург–СПб.: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук», 2017. 306 с.

УДК 377.1
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-234

Болсуновская Марина Владимировна[1],
зав. лаборатории «Промышленные системы потоковой обработки данных» ЦНТИ, канд. техн. наук, доцент;
Васильянов Георгий Сергеевич[2],
инженер лаборатории «Промышленные системы потоковой обработки данных» ЦНТИ;
Баринов Дмитрий Сергеевич[3],
программист лаборатории «Промышленные системы потоковой обработки данных» ЦНТИ

ПРИМЕНЕНИЕ МАЛОГАБАРИТНОЙ МОДЕЛИ АВТОНОМНОГО АВТОМОБИЛЯ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА НА БАЗЕ ПОЛИГОНА-ДЕМОНСТРАТОРА НОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ TESTBED

[1, 2, 3] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия,
[1] bolsun_hht@mail.ru, [2] georgiy.vasilyanov@spbpu.com,
[3] dmitriy.barinov@spbpu.com

Аннотация. Данная статья содержит результаты исследований в рамках проекта TestBed по разработке малогабаритной модели автономного автомобиля, принципов построения взаимодействия с Web и Android приложениями, а также результатами работ в рамках использования разработки для поддержки выполнения лабораторных работ, курсовых проектов и выполнения научно-исследовательских работ студентами технических ВУЗов.

Ключевые слова: автономный автомобиль, малогабаритная модель, курсовой проект, полигон-демонстратор, машинное зрение, web-приложение, учебно-демонстрационная площадка.

Marina V. Bolsunovskaya[1],
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Georgiy S. Vasilyanov[2],
Engineer;
Dmitriy S. Barinov[3],
Programmer

A SMALL-SIZED MODEL OF AN AUTONOMOUS CAR APPLICATION TO SUPPORT THE EDUCATIONAL PROCESS ON THE BASIS OF THE PROVING GROUND FOR NEW PRODUCTION TECHNOLOGIES “TESTBED”

[1, 2, 3] Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia,
[1] bolsun_hht@mail.ru, [2] georgiy.vasilyanov@spbpu.com,
[3] dmitriy.barinov@spbpu.com

Abstract. This article contains the results of research in the framework of the experimental stand project for the development of a small-sized model of an Autonomous car, the principles of building interaction with web and Android applications, as well as the results of work in the framework of using the development to support laboratory work, course projects and research work by students of technical Universities.

Keywords: autonomous car, small-sized model, course project, demonstrator polygon, machine vision, web application, training and demonstration platform.

Введение

Для развития комплексных образовательных технологий в Российской Федерации создан достаточный технологический задел, сформирована необходимая инфраструктура, имеется кадровый потенциал. В этой связи актуальным является использование учебно-демонстрационных площадок для отработки технических решений в рамках подготовки и повышения квалификации научных и научно-технических кадров, а также с целью презентации передовых разработок и компетенций в сфере новых производственных технологий. Анализ обеспеченности и соответствия учебно-материальной базы современным требованиям образовательного процесса показал необходимость совершенствования и развития специализированных классов и необходимость комплексного формирования учебно – демонстрационного полигона. Цель данной статьи – представить структуру Малогабаритной Модели Автономного Автомобиля (далее – ММАА) и опыт ее применения для поддержки выполнения курсовых проектов на базе полигона-демонстратора новых производственных технологий TestBed.

1. Постановка задачи

1.1. Описание предметной области

Полигон-демонстратор новых производственных технологий (TestBed) представляет собой уникальный комплекс аппаратно-программных средств для получения знаний в области цифрового моделирования и проектирования сложных технических комплексов и отработки навыков их построения с использованием передовых производственных технологий на примере ММАА.

На рисунке 1 показан внешний вид ММАА.

В состав ММАА входят:

- 10 датчиков дистанции и 4 датчика дистанции для колес;
- 4 энкодера (по 1 внутри каждого колеса);
- Трекинг-камера;

– Камера глубины (опционально);
– Лидар;
– Вычислительная платформа NVidia Jetson.

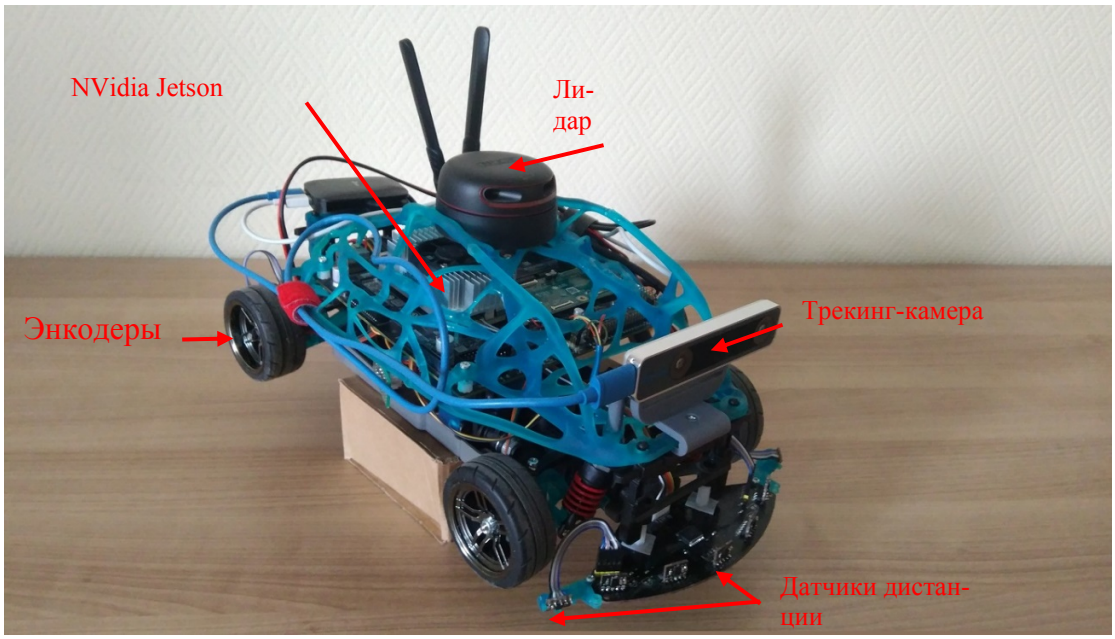


Рис. 1. Внешний вид ММАА

В ходе выполнения работы было проведен анализ различных типов аппаратно-программных компонентов, выполнен их сравнительный анализ и оценка с использованием методики ПАТТЕРН [1, 2]. В результате выполнения проектирования в состав полигона демонстратора включены все основные типы аппаратно-программных компонентов, задействованных при проектировании реальных беспилотных устройств. Проект осуществляется в рамках образовательного направления программы Центра НТИ СПбПУ с целью ознакомления студентов с технологиями цифрового проектирования и моделирования [3]. Учебно-демонстрационная платформа включена в состав полигона-демонстратора (Test Bed) новых производственных технологий Центра НТИ СПбПУ и позволит студентам технических вузов и специалистам смежных специальностей изучить широкий спектр технологий, используемых для построения систем ADAS (Advanced Driver Assistance System).

Все модули соответствуют передовым разработкам в данной отрасли. Программно-аппаратная платформа построена на базе микрокомпьютера NVidia Jetson TX2 и глубоко модифицированного шасси Traxxass 4-Tec 2.0. В состав стандартных датчиков входят: энкодеры, 10 высокоточных датчиков дистанции, лидар, камера глубины, трекинг-камера, 4 промышленные видеокамеры. ПО на основе фреймворка ROS Melodic включает в себя блоки построения карты, навигации, одометрии, управления

движением, коммуникации между модулями, а также интеграции с аппаратными средствами под управлением контроллера STM. Разработанные компоненты могут обеспечить образовательный процесс в части изучения основ проектирования микропроцессорных систем в соответствии с рабочими программами дисциплин подготовки бакалавров по направлению «Информатика и вычислительная техника» [4].

В модулях ПО, осуществляющих сбор и обработку информации с датчиков, использованы технологии технического зрения (сбор и объединение изображений с камер), машинного обучения (алгоритмы распознавания пешеходов) и искусственного интеллекта (расчет маршрута избегания динамических объектов / обхода препятствий в интеллектуальной системе управления). Модульность конструкции позволяет перестраивать устройство под различные задачи. Улучшение технических характеристик платформы выполнено сотрудниками Инжинирингового центра (расчеты конструкции шасси для уменьшения радиуса разворота до 40 см, проектирование деки с применением подходов бионического дизайна).

Программная часть написана на основе открытого ПО для свободы дальнейшей модификации устройства. Платформа удобна в эксплуатации благодаря небольшим габаритам (40х25 см) и малому радиусу разворота (менее 40 см). Для отладки ПО используются технологии имитационного моделирования. В симуляторе Gazebo создана цифровая модель устройства со всеми датчиками для виртуальных испытаний. Разработанная модель предоставляет возможность в удобной для пользователя среде осуществлять разработку, редактирование и осуществление наблюдения за логикой, необходимой для управления ПО, включая инструменты для управления и конфигурирования всех компонентов платформы.

При организации комплексного формирования учебно – тренировочной платформы с использованием передовых производственных технологий были определен набор программных средств, обеспечивающих функциональные возможности учебно-демонстрационной площадки на базе ММАА. ПО ММАА состоит из двух основных приложений: Web-приложение (рис. 2) и Android-приложение (рис. 3).

Для управления ММАА используются Web-приложение и Android-приложение, при этом они функционально разнесены между собой.

Web-приложение позволяет отображать:

- Построение карты местности;
- Итоговую карту после выполнения построения;
- Текущую точку следования ММАА;
- Текущую траекторию движения ММАА;
- Информацию о скорости движения, углах поворота колёс, а также о расстоянии до каждого из датчиков расстояния.

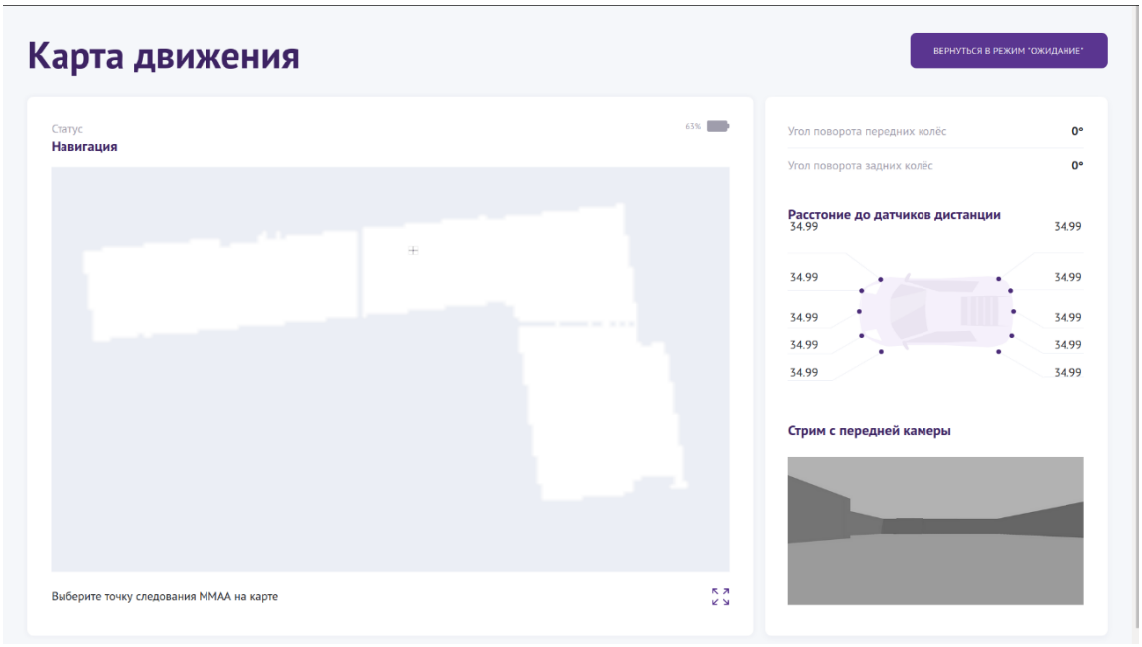


Рис. 2. Внешний вид Web-приложения для MMAA

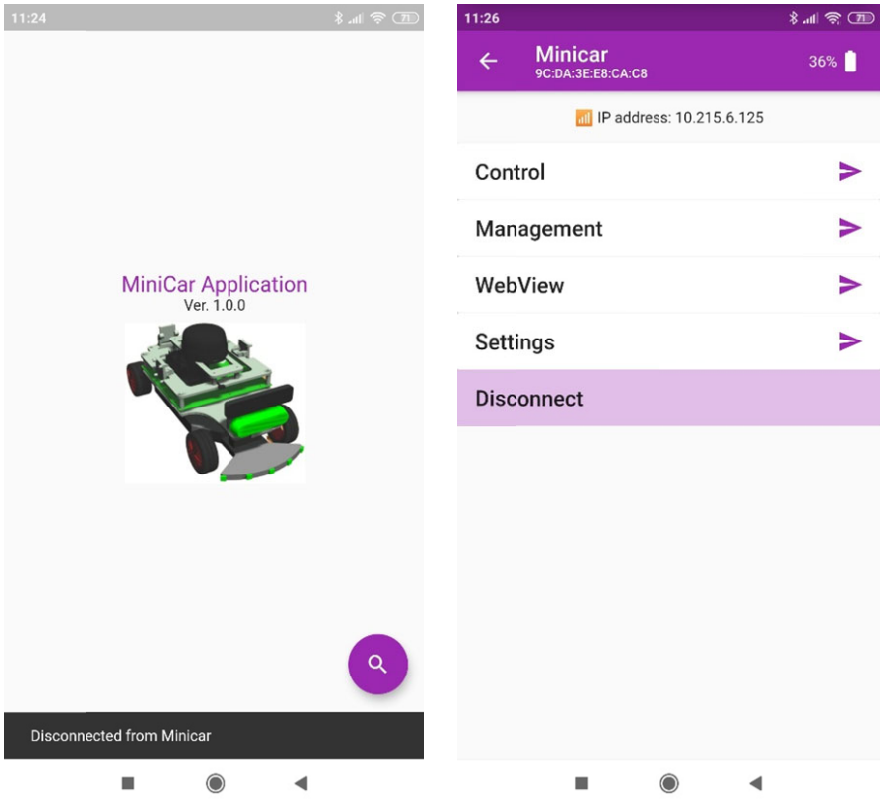


Рис. 3. Внешний вид Android-приложения

Кроме того, Web-приложение позволяет выбирать карту и переключаться между состояниями MMAA.

В отличии от Web-приложения, Android-приложение является в большей степени служебным и позволяет:

– Получать служебную информацию о собственном IP-адресе, имени сети, состоянию основных программных компонентов;
– Управлять в ручном режиме ММАА;
– Выполнять построение карты местности в ручном или автоматическом режимах;
– Сохранять построенную карту;
– Выполнять настройку ММАА.

В процессе выполнения лабораторных работ используются также сторонние отладочные программные приложения с графическим интерфейсом – RViz и Gazebo, показанные на рисунках 4 и 5, соответственно.

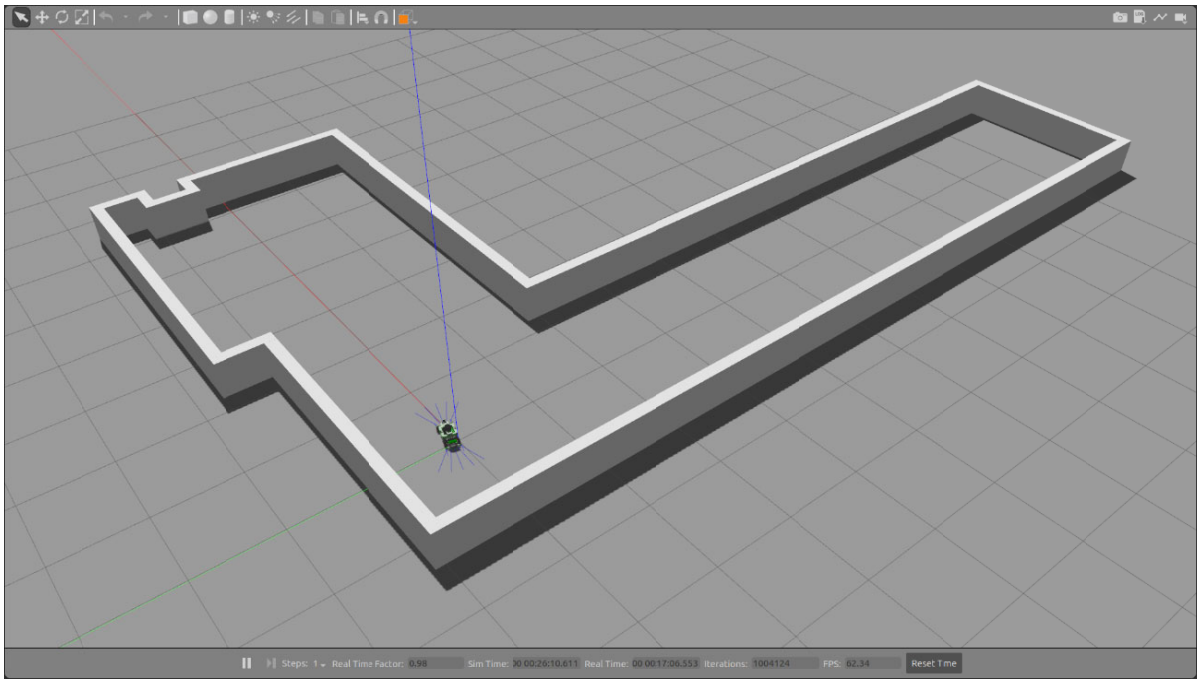


Рис. 4. Внешний вид симулятора Gazebo

В ходе выполнения лабораторных работ студенты изучают функциональные возможности учебно-демонстрационного полигона двумя способами: при помощи использования виртуальной модели и при помощи использования физической модели ММАА. Первый способ позволяет беспрепятственно и безопасно проводить любые испытания на различных картах и в различных условиях, при этом минимизируется риск повреждения физической модели ММАА. Второй вариант целесообразно использовать после того, как выполнены все тесты в виртуальной среде и ПО ММАА готово к загрузке на физическую модель.

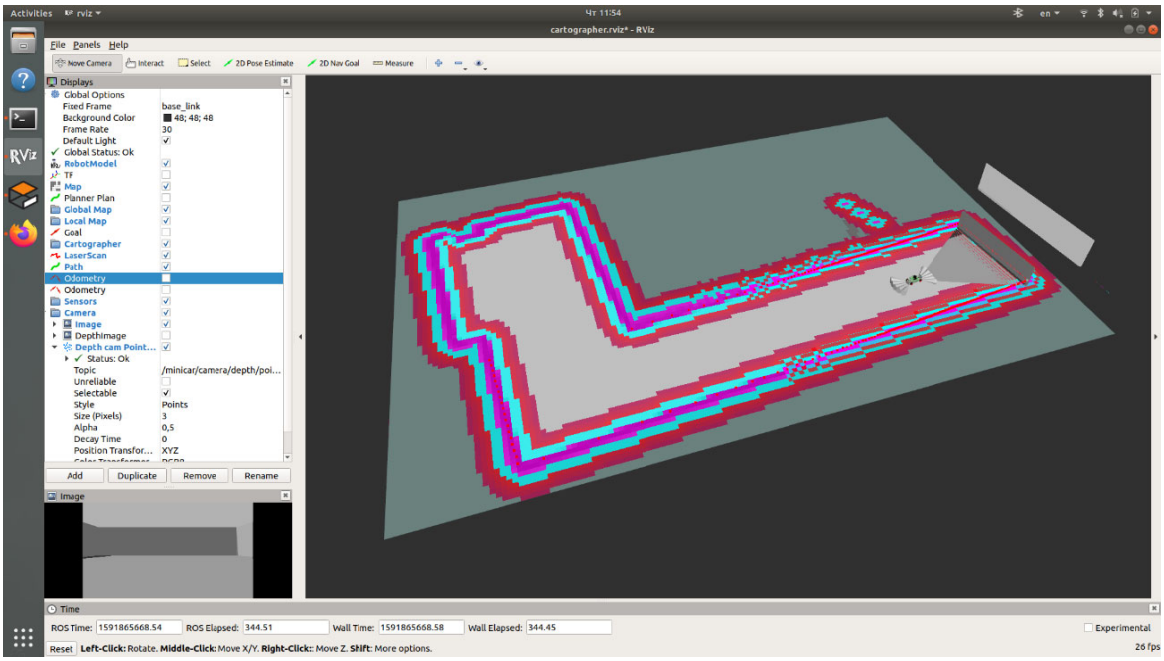


Рис. 5. Внешний вид отладочного приложения RViz

Заключение

В работе было изучены возможности построения учебно-демонстрационных полигонов и их применения в образовательном процессе для студентов технических направлений подготовки в ВУЗах. Была выполнена разработка аппаратно-программных средств для обеспечения функционирования полигона с использованием передовых производственных технологий, используемых в отрасли при проектировании реальных беспилотных устройств. Разработан комплекс лабораторных работ, планируемых к выполнению с использованием учебно – тренировочной площадки полигона, который позволит проведение учебных занятий, научно-исследовательской работы, а также подготовку студентов к участию в конкурсах. Практическая ценность разрабатываемой платформы заключается в возможности использования результатов математического моделирования (виртуальных испытаний) ситуаций, в которых реальный объект не эксплуатировался или испытания провести невозможно, в первую очередь, в соответствии с соображениями безопасности или чрезмерной дороговизны, и возможности сравнения результатов виртуальных и натурных испытаний.

Список литературы

1. Моделирование систем и процессов: учебник для академического бакалавриата / В. Н .Волкова, Г. В. Горелова, В. Н. Козлов и др. Под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. М.: Изд-во Юрайт, 2014. 592 с.

2. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник / Под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. М.: Высшая школа, 2004. 616 с.

3. Боровков А.И., Рябов Ю.А., Марусева В.М. Новая парадигма цифрового проектирования и моделирования глобально конкурентоспособной продукции нового поколения // Цифровое производство: методы, экосистемы, технологии. МШУ СКОЛКОВО, 2018. С. 24–44. URL: http://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2018/04_april/12/cifrovoe-proizvodstvo-032018.pdf (дата обращения: 13.04.2020).

4. Павловский Е.Г., Жвариков В.А., Кузьмин А.А.Организация микроконтроллеров и основы проектирования микропроцессорных систем: учебное пособие и методические указания к лабораторному практикуму. СПб.: Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2014. 193 с.

УДК 004.04
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-235

Кудаков Александр Владимирович[1],
директор Высшей инженерной школы;
Брык Иван Юрьевич[2],
ст. преподаватель
Высшей инженерной школы;
Бражников Владислав Владимирович[3],
бакалавр,
Высшая школа интеллектуальных систем
и суперкомпьютерных технологий

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОСТРОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ

[1, 2, 3] Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия,
[1] alexander.kudakov@spbstu.ru

Аннотация. В статье рассмотрены задачи разработки информационной системы построения образовательных траекторий дополнительного профессионального образования с учетом требований профессиональных стандартов и пользовательских критериев. На основе проведенного анализа установлены взаимозависимости между образовательной программой/модулем и профессиональным стандартом, описаны этапы формирования оптимальной образовательной траектории, очередность выполнения элементов образовательной траектории. Для решения поставленных задач использованы метод экспертных оценок и метод анализа иерархий.

Ключевые слова: информационные системы, образовательная траектория, профессиональный стандарт, метод экспертных оценок, метод анализа иерархий.

Alexander V. Kudakov[1],
Head of the Higher School of Engineering;
Ivan Y. Bryk[2],
Senior Lecturer, Higher School of Engineering;
Vladislav V. Brazhnikov[3],
BSc, Higher School of Intelligent Systems
and Supercomputing Technologies

INFORMATION SYSTEM FOR COMPOSITION OF EDUCATIONAL TRAJECTORIES FOR SUPPLEMENTARY PROFESSIONAL EDUCATION ON THE BASIS OF OCCUPATIONAL STANDARDS

[1, 2, 3] Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia,
[1] alexander.kudakov@spbstu.ru

Abstract. Tasks on the development of the Information system for composition of educational trajectories for supplementary professional education on the basis of Occupational standards and users' criteria are considered in the article. Due to the conducted analysis, interrelations between study program/module and Occupational standards are determined, as well as the priority in deployment of elements of educational trajectory. For solving of stated tasks, techniques of expert assessments and analytic hierarchy process are used.

Keywords: information systems, educational trajectory, occupational standard, expert assessments technique, hierarchy analysis method.

Введение

В условиях стремительно развивающейся экономики, появления высокотехнологичного оборудования, новых материалов и технологий, высокие требования предъявляются к квалификации работников. Каждый работник должен обладать соответствующей квалификацией, для управления этим процессом требуется действенный механизм. Характеристика квалификации, необходимой работнику для осуществления определенного вида профессиональной деятельности, содержится в профессиональных стандартах. Поэтому именно профессиональные стандарты могут быть приняты за основу при создании механизма формирования необходимых компетенций. Использование профессиональных стандартов – обязательное условие разработки программ (модулей, частей программ), обеспечивающих готовность к выполнению того или иного вида профессиональной деятельности.

Целью данного исследования является разработка информационной системы, которая позволит формировать образовательные траектории для достижения заданных компетенций в рамках профессионального

стандарта на основе реализуемых образовательных программ. Далее будут рассмотрены вопросы учета требований профессиональных стандартов при разработке образовательных траекторий.

1. Разработка образовательных программ с учетом соответствующих профессиональных стандартов

Одним из обязательных требований к образовательным программам в условиях современного развития образования является учет потребностей работодателей и требований к уровню квалификации специалистов, соответствующих уровню развития науки, техники и экономики.

Профессиональные стандарты являются одним из механизмов, которые обеспечивают согласование требований к квалификациям рынка труда и сферы образования. Характеристика квалификации в профессиональном стандарте объемна, важно в полном объеме обеспечить в образовательной программе формирование компетенций, отражающих те или иные трудовые функции.

Методические рекомендации по разработке основных профессиональных образовательных программ и дополнительных профессиональных программ с учетом соответствующих профессиональных стандартов (далее – Методические рекомендации) [1] направлены на оказание методической помощи разработчикам образовательных программ.

Целью разрабатываемой информационной системы является приближение образовательного процесса к компетентностной модели выпускника, которая заявлена в требованиях федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) и должна обеспечить готовность выпускника ко всем видам профессиональной деятельности, а также обеспечивает уровень квалификации, который соответствует требованиям профессионального стандарта. Этим объясняется необходимость интеграции требований ФГОС и профессионального стандарта специалиста [2].

ФГОС регламентирует требования к результатам обучения: практический опыт, общие и профессиональные компетенции и др. Профессиональный стандарт определяет требования к содержанию и условиям труда, квалификации и компетенциям работников по различным квалификационным уровням в области профессиональной деятельности. В профессиональном стандарте зафиксированы уровни квалификаций, определена структура навыков, знаний, умений человека для выполнения определенных трудовых функций. Обобщенные трудовые функции определяют уровень квалификации и начальные условия в виде уровня образования, опыта работы и других характеристик. Обобщенные трудовые функции состоят из трудовых функций, которые определяют, какими навыками,

знаниями должен обладать специалист, чтобы заниматься определенной деятельностью [3]. На рисунке 1 представлена модель профессионального стандарта.

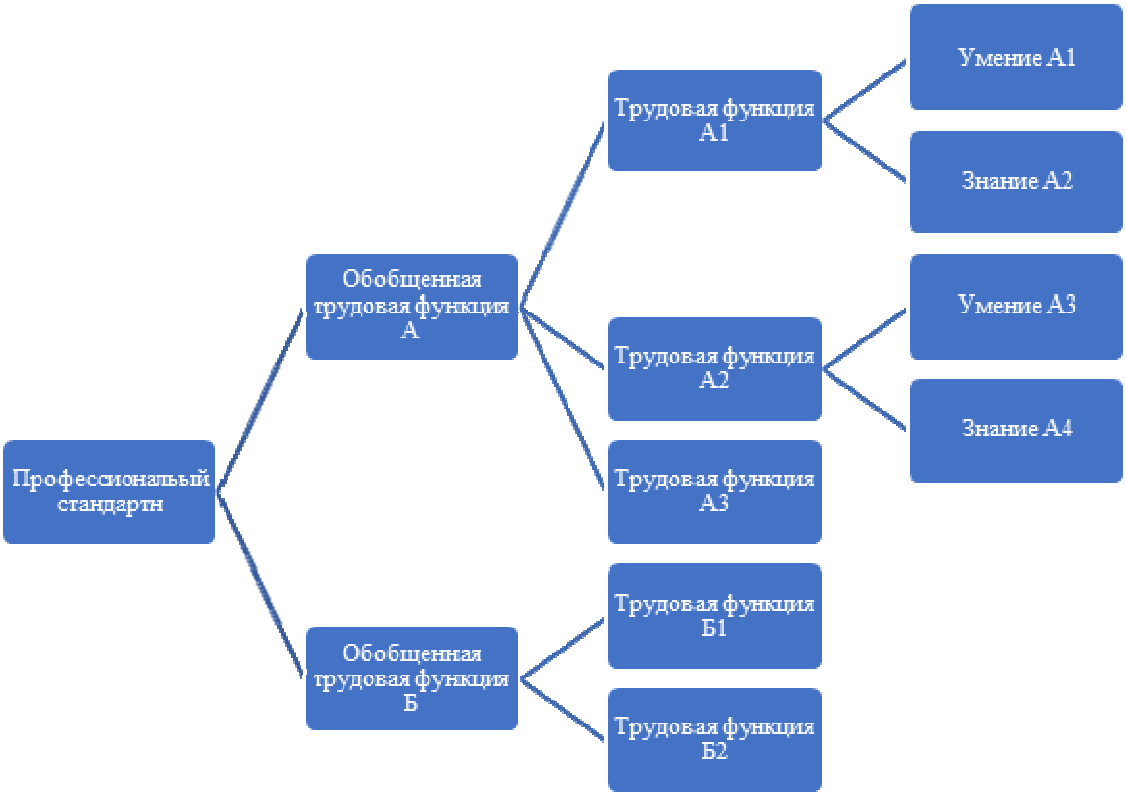


Рис. 1. Модель профессионального стандарта

В соответствии с Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 № 273-ФЗ дополнительное профессиональное образование (ДПО) осуществляется посредством реализации дополнительных профессиональных программ, содержание которых должно учитывать профессиональные стандарты, квалификационные требования, указанные в квалификационных справочниках по соответствующим должностям, профессиям и специальностям, или квалификационные требования к профессиональным знаниям и навыкам, необходимым для исполнения должностных обязанностей, которые устанавливаются в соответствии с федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации о государственной службе. Программы профессиональной переподготовки разрабатываются на основании установленных квалификационных требований, профессиональных стандартов и требований соответствующих федеральных государственных образовательных стандартов среднего профессионального и (или) высшего образования к результатам освоения образовательных программ» [4].

2. Формирование оптимальной образовательной траектории дополнительного профессионального образования

Каждая образовательная программа имеет свои цели, особенности и начальные требования. Дополнительные профессиональные программы отличаются своей спецификой и нацелены на повышение квалификации или профессиональную переподготовку с присвоением новой квалификации. На рисунке 2 представлена модель образовательной программы.

В образовательном учреждении, реализующем программы ДПО, обычно представлен широкий выбор образовательных программ/модулей, доступных для освоения. Это формирует базу для обеспечения гибкости в вопросе адаптации образовательной программы под конкретного обучающегося.

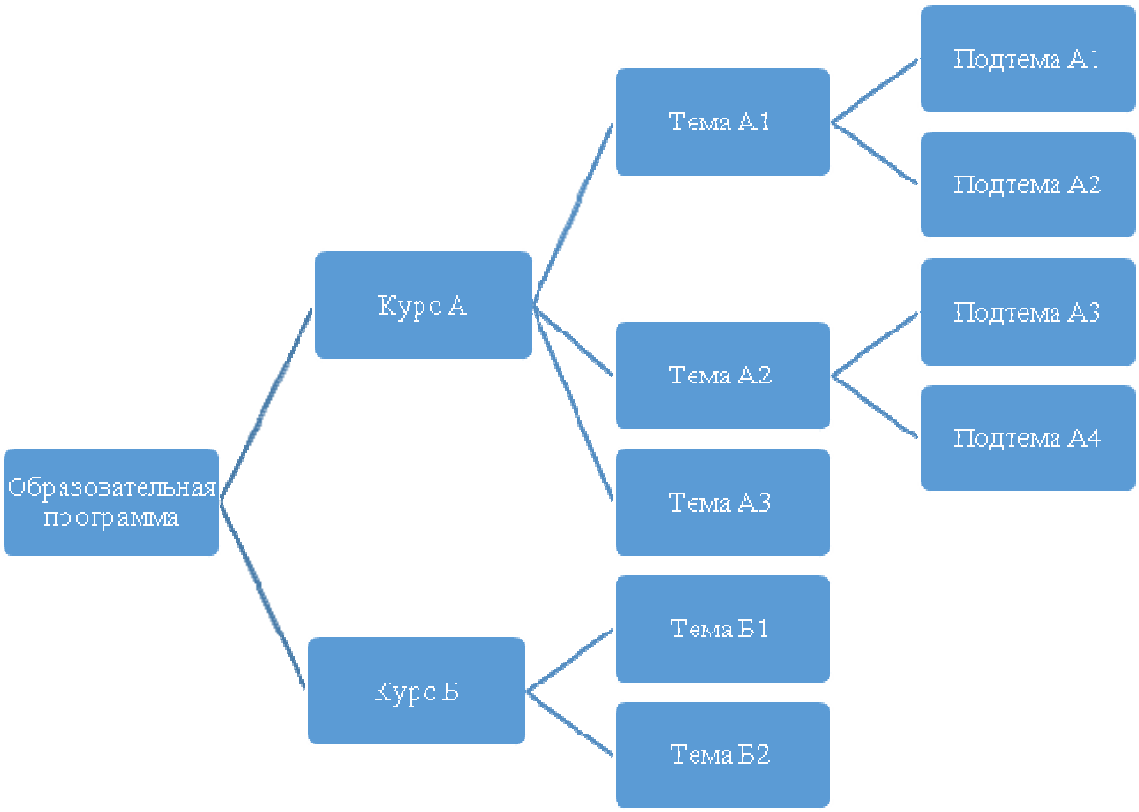


Рис. 2. Модель образовательной программы

Образовательная траектория позволяет на основе выбора определять индивидуальный образовательный путь в удовлетворении потребностей в образовании, получении квалификации в избранной области с учетом спроса на рынке труда. При формировании образовательной траектории необходимо определить набор дисциплин/модулей с целью обеспечения формирования необходимых компетенций для требуемой квалификации в рамках профессионального стандарта.

Анализ существующих подходов к формированию образовательной траектории показал, что одни исследователи рассматривают построение образовательных траекторий в рамках существующего перечня образовательных программ/курсов и оптимизируют путь с целью достижения заданного результата [5]. Другие исследователи рассматривают вопросы формирования индивидуальной образовательной траектории обучающегося путем определения последовательности изучаемых дисциплин на базе динамической модели слежения за эталонной траекторией [6]. Однако в рассмотренных исследованиях при формировании образовательных траекторий не учитывается связь с требованиями профессиональных стандартов.

Рассматривая вопрос, каким образом можно достичь соответствие образовательной программы характеристикам обобщенной трудовой функции, описанной в профессиональном стандарте, предложено использовать методы экспертных оценок, которые разделяются по способам сравнения объектов и по способам обработки конечных оценок [7 – 11]. Для решения задачи использован метод индивидуальных экспертных оценок, поскольку связи являются независимыми, для получения конечной оценки использовано среднее значение, а в качестве оценки согласованности – коэффициент вариации.

Для поиска наилучшего варианта среди множества предложено использовать метод анализа иерархий Саати [11] для обработки как количественных, так и качественных показателей образовательной траектории.

3. Разработка пилотного проекта информационной системы построения образовательных траекторий

На рисунке 3 представлена схема MVC (Model-View-Controller, Модель-Представление-Контроллер) структуры системы, позволяющая разделить данные приложения, пользовательского интерфейса и управляющей логики на три отдельных компонента.

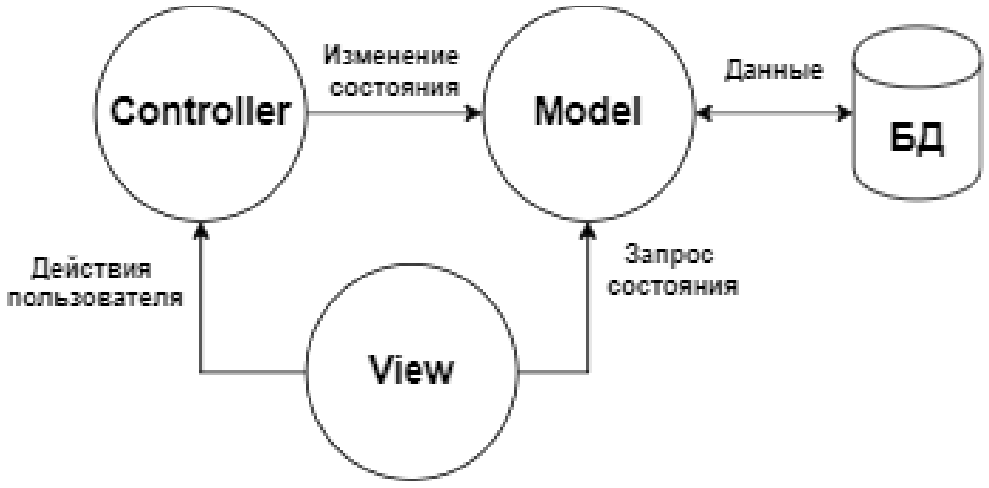


Рис. 3. Схема MVC структуры системы

Архитектура системы состоит из трех модулей:

– модуль «Связи», обеспечивает формирование связей между образовательной программой/курсом и профессиональным стандартом;

– модуль «Образовательные траектории», обеспечивает возможность получения и хранения общей информации об образовательной программе/курсе;

– модуль «Пользовательский интерфейс», позволяет вводить и выводить информацию в основные модули, используя графический интерфейс и API (application programming interface – интерфейс прикладного программирования) модулей.

Опытный образец информационный системы прошел полное функциональное тестирование на основе сценариев взаимодействия. В результате тестирования было подтверждено, что система удовлетворяет функциональным требованиям и работает корректно.

Заключение

Изменение требований, предъявляемых к квалификации работников в условиях развития высокотехнологичных секторов экономики, определяет необходимость приведения образовательной системы в соответствии с потребностями рынка. Обоснована актуальность разработки образовательных траекторий, позволяющих обучающемуся приобрести необходимых компетенции для успешного выполнения трудовых функций, регламентированных профессиональными стандартами.

Рассмотрены вопросы разработки информационной системы построения образовательных траекторий с учетом профессиональных стандартов и пользовательских критериев. Определены методы решения поставленных задач, спроектирована архитектура и модель информационной системы. По результатам тестирования системы определены основные направления для совершенствования информационной системы.

Список литературы

1. Методические рекомендации по разработке основных профессиональных образовательных программ и дополнительных профессиональных программ с учетом соответствующих профессиональных стандартов (утв. Минобрнауки России 22.01.2015 № ДЛ-1/05вн). URL: https://base.garant.ru/70884816 (дата обращения: 23.05.2020).

2. Использование профессиональных стандартов в образовательном процессе. Учебно-методическое пособие / Составители Е.Н. Летягина, С.В. Едемская. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2015. 56 с.

3. Приказ Минтруда России от 12.04.2013 №147н (ред. от 29.09.2014) «Об утверждении Макета профессионального стандарта». URL: https://base.garant.ru/70366850 (дата обращения: 23.05.2020).

4. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273–ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (с изменениями на 25.05.2020). URL: https://base.garant.ru/70291362 (дата обращения: 27.05.2020).

5. Вишняков А.В., Иванов Е.М. Автоматизация выбора траектории обучения в среде Smart-образования // Информационные технологии. 2016. № 9. С. 684–691.

6. Мицель А.А., Черняева Н.В. Динамическая модель управления индивидуальной траекторией обучения студента // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. № 2. С. 77–81.
7. Волкова В.Н. Моделирование систем. Подходы и методы. Учебное пособие / В.Н. Волкова и др., под ред. В.Н. Козлова. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. 586 с.
8. Орлов А.И. Организационно-экономическое моделирование: теория принятия решений. М.: КНОРУС, 2015. 568 с.
9. Гуцыкова С.Т. Метод экспертных оценок. Теория и практика. М.: Институт психологии РАН, 2011. 144 с.
10. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. М.: Ленанд, 2018. 360 с.
11. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. М.: Лагос, 2002. 392 с.

УДК 004.94
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-236

Данилова Татьяна Викторовна[1],
доцент кафедры
Информационных систем и прикладной информатики;
Мирошниченко Юлия Николаевна[2],
магистрант кафедры
Информационных систем и прикладной информатики;
Кракузина Влада Викторовна[3],
студент кафедры
Информационных систем и прикладной информатики;
Щербаков Сергей Михайлович[4],
д-р экон. наук, доцент, и.о. зав. кафедрой
Информационных систем и прикладной информатики

МОДЕЛИРОВАНИЕ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

[1, 2, 3, 4] Ростовский государственный экономический университет (РИНХ),
Ростов-на-Дону, Россия,
[1] tandan@rambler.ru, [2] cool-juliamiroshnichenko1998@yandex.ru,
[3] vlada.krakuzina@mail.ru, [4] sergwood@mail.ru

Аннотация. В статье освещаются этапы разработки программ дополнительного профессионального образования, акцентируются вопросы применения профессиональных стандартов и федеральных государственных стандартов в соответствии с частью 4 статьи 76 Федерального закона от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». При этом строятся UML-модели процессов дополнительного профессионального образования, определяются возможности и перспективы автоматизации этих процессов. Разработанные модели также могут служить основой для имитационного моделирования затрат труда на учебно-методическую деятельность дополнительного профессионального образования.

Ключевые слова: вуз, дополнительное профессиональное образование, непрерывное образование, UML-модели, имитационное моделирование.

Tatyana V. Danilova[1],
Associate Professor, The Department of Information Systems
and Applied Computer Science;
Julia N. Miroshnichenko[2],
Master Student, The Department of Information Systems
and Applied Computer Science;
Vlada V. Krakuzina[3],
Student, The Department of Information Systems
and Applied Computer Science;
Sergey M. Shcherbakov[4],
Doctor in Economics, Associate Professor,
Head of Department of Information systems
and Applied Computer Science,

METHODOLOGICAL ACTIVITY OF FURTHER EDUCATION MODELING

[1, 2, 3, 4] Rostov State University of Economics, Rostov-on-Don, Russia,
[1] tandan@rambler.ru, [2] cool-juliamiroshnichenko1998@yandex.ru,
[3] vlada.krakuzina@mail.ru, [4] sergwood@mail.ru

Abstract. The article highlights the stages of developing programs of continuing professional education, focuses on the application of professional standards and federal state standards in accordance with Federal Law No. 273-FZ "On Education in the Russian Federation" (December 29, 2012). At the same time, UML models of the processes of further education are built, the possibilities and prospects of automation of these processes are determined. The developed models can also serve as the basis for the labor costs simulation of educational and methodological activities.

Keywords: university, additional professional education, continuing education, UML-models, simulation modeling.

С необходимостью получения дополнительного профессионального образования (ДПО) сталкивается любой взрослый человек, имеющий среднее-специальное или высшее образование и работающий практически в любой отрасли экономики.

Ускорение темпов развития производственных технологий, компьютерных и программных средств, появление новых методов управления в современной экономике и изменения в социальной сфере общества способствуют росту несоответствия между требованиями работодателей и квалификацией выпускников образовательных организаций и работающих граждан. Сокращению или устранению этого дисбаланса способствует создание и развитие системы дополнительного профессио-

нального образования, призванной обеспечить повышение профессиональных компетенций и квалификаций, или приобретение новых профессиональных возможностей.

Поэтому система ДПО развивается и совершенствуется на государственном уровне в соответствии с состоянием экономического, научного, информационного, технического и технологического развития общества.

Дополнительное профессиональное образование осуществляется посредством реализации дополнительных профессиональных программ (ДПП), включая:

– программы повышения квалификации (ППК);

– программы профессиональной переподготовки (ППП) лиц, имеющих или получающих среднее профессиональное или высшее образование [1].

Программа повышения квалификации ориентирована на развитие имеющейся или получение новой компетенции, что необходимо для профессиональной деятельности обучающегося.

Программа профессиональной переподготовки имеет более масштабный и радикальный характер – она направлена на получение набора новых компетенций, необходимых для освоения нового вида профессиональной деятельности, на получение новой специальности.

Для совокупности процессов, связанных с ДПО, было проведено визуальное моделирование средствами унифицированного языка UML.

На рисунке 1 приведена диаграмма классов, демонстрирующая основные сущности предметной области ДПО, их атрибуты и взаимосвязи, в том числе отношения агрегации и наследования.

На рисунке 2 представлена диаграмма прецедентов для совокупности процессов учебно-методической деятельности ДПО. Диаграмма иллюстрирует изучаемые процессы на самом верхнем уровне, отражая их участников (актеров) и прецеденты, обращения участников к отдельным процессам.

Диаграмма деятельности языка UML, приведенная на рисунке 3, детально показывает один из рассматриваемых процессов – создания программы профессиональной переподготовки.

На начальном этапе разработки программ дополнительного профессионального образования и профессиональной подготовки необходимо определить наличие готовой программы в рамках какого-либо Федерального государственного стандарта по данной предметной области (ФГОС), после чего принимается решение о ее корректировке либо разработке заново с учетом требований стандарта.

Перенос требований профессиональных стандартов (ПС) в дополнительные профессиональные программы является основной задачей. В зависимости от результатов анализа требований рынка труда будет осуществляться выбор одного или нескольких ПС.

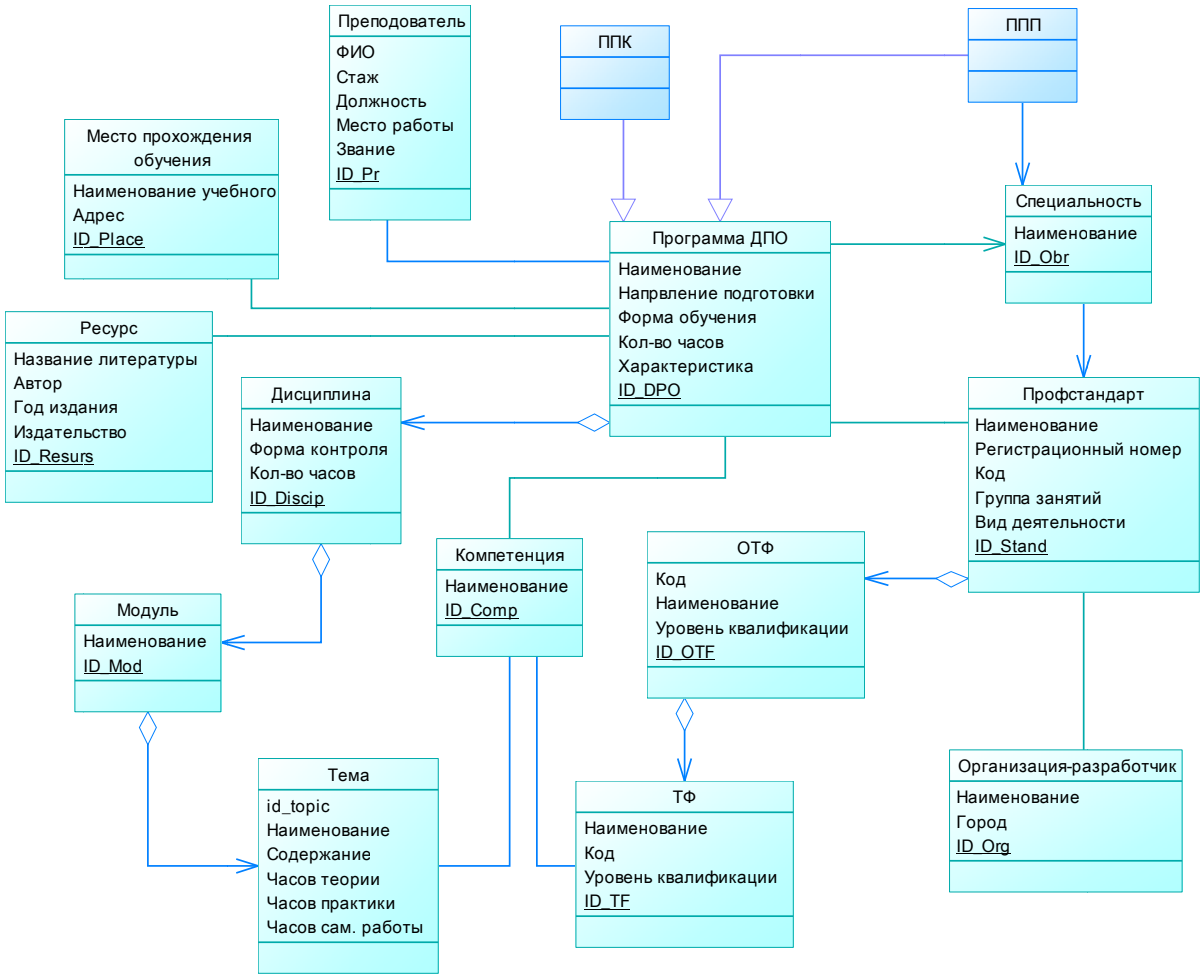


Рис. 1. Диаграмма классов учебно-методического обеспечения ДПО

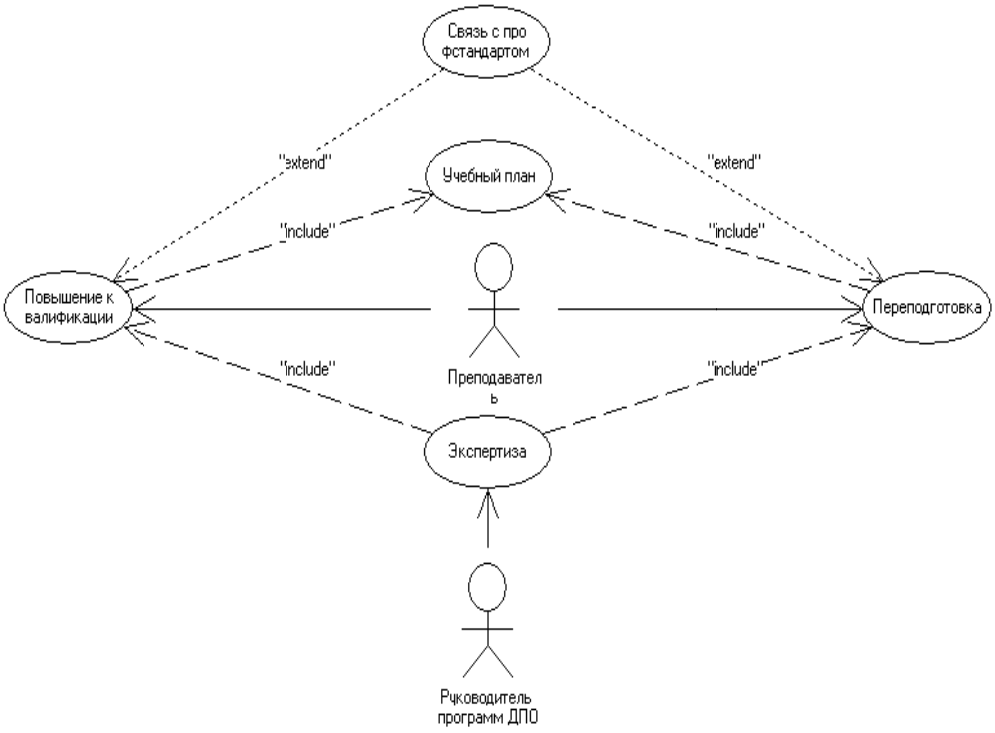


Рис. 2. Диаграмма прецедентов (Use Case Diagram)

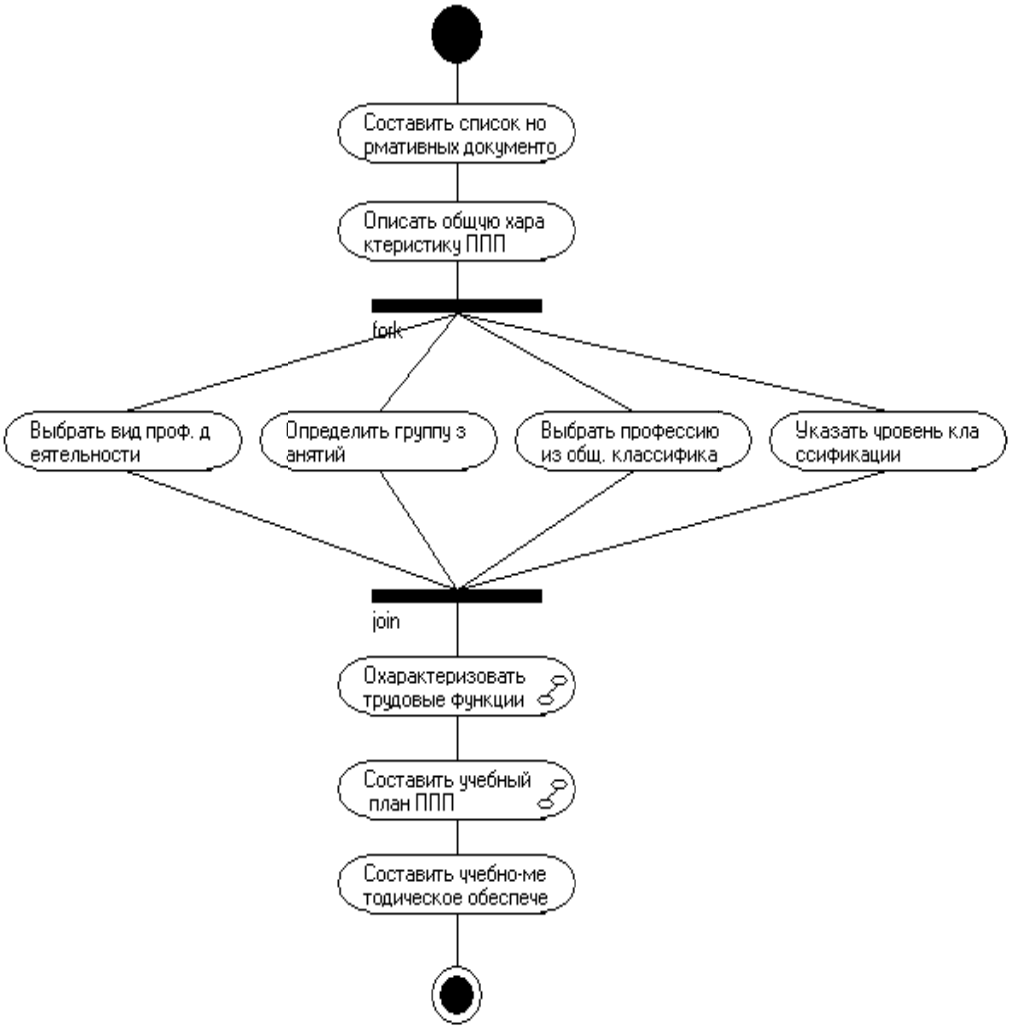


Рис. 3. Диаграмма деятельности создания программы переподготовки (Active Diagram)

При определении цели реализации ДПП и формировании перечня профессиональных компетенций выпускников этой программы анализируется перечень конкретных трудовых функций профессиональных стандартов (раздел II «Описание трудовых функций, входящих в профессиональный стандарт) и выбираются наиболее значимые трудовые функции в разделе III «Характеристика обобщенных трудовых функций».

В каждой из программ обязательным этапом является составление учебного плана (рис. 4), где подробно описываются модули и распределяются академические часы. Учебный план определяет состав, трудоемкость, последовательность и распределение модулей и тем, а также указание видов текущей, промежуточной и итоговой аттестации.

Для проверки освоения видов деятельности и компетенций, которыми должны обладать слушатели по окончании обучения разрабатываются контрольно-оценочные средства, содержащие формы и методы, проверяющие овладение трудовыми функциями профессионального стандарта [2].

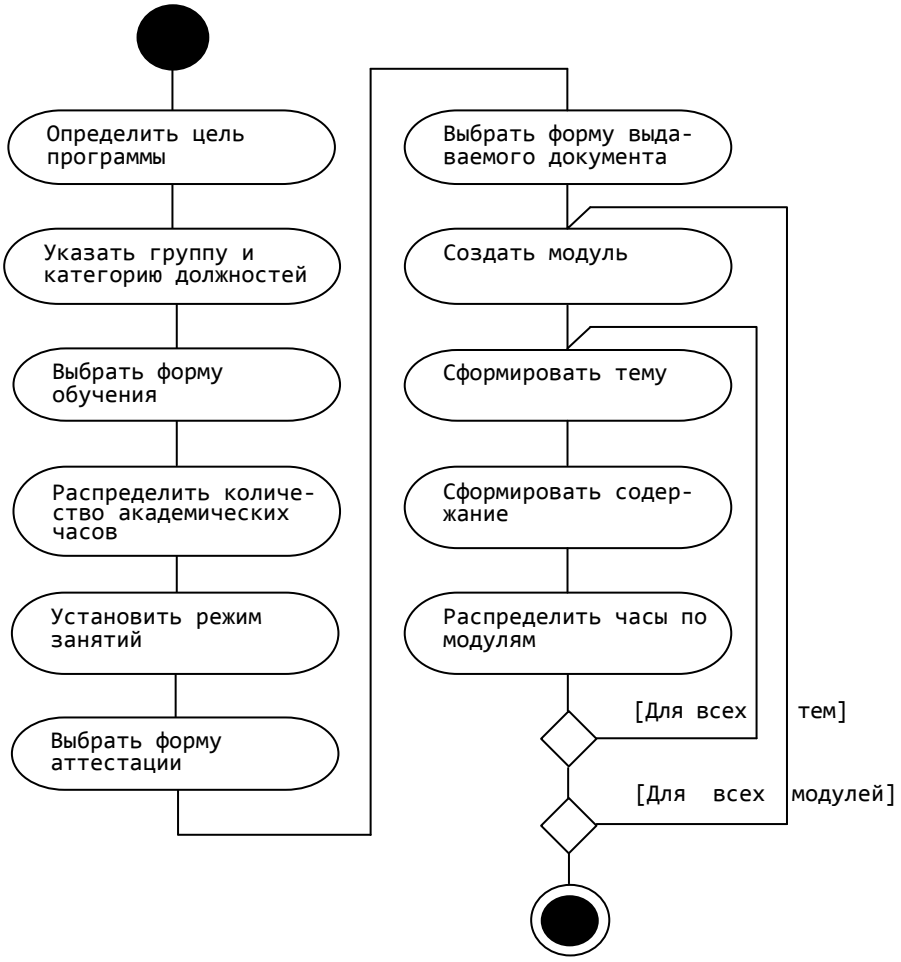


Рис. 4. Диаграмма деятельности составления плана обучения (Active Diagram)

В завершении работы программа ДПО передается руководителю программы ДПО на экспертизу для утверждения данной программы.

Руководителем программы и руководителями структурных подразделений организации, осуществляющей деятельность в сфере дополнительного профессионального обучения, выполняется работа по обеспечению необходимого содержания и качества обучения слушателей по данной программе (контроль и мониторинг учебно-методического обеспечения).

Разработанная UML-модель ДПО и опыт автоматизированного формирования учебно-методической документации однозначно свидетельствуют о возможности автоматизации процессов разработки учебных планов, рабочих программ и иных учебно-методических документов [4].

В дальнейшем, должна быть разработана полномасштабная информационная система, обладающая функционалом анализа требований профессиональных стандартов, федеральных государственных стандартов и синтеза профессиональных компетенций, требований и пожеланий работодателей с тематикой и содержанием учебных курсов, дисциплин (модулей, разделов).

Совокупность разработанных UML-моделей процессов формирования учебно-методического обеспечения ДПО может использоваться для автоматизации создания имитационной модели этих процессов, которая позволит оценить затраты труда на формирование учебно-методического обеспечения ДПО в условиях использования профессиональных стандартов, позволит выявить перспективные направления автоматизации учебно-методической деятельности [3].

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) в рамках научного проекта 19-013-00690 «Экономика учебно-методической деятельности в высшей школе».

Список литературы

1. Васенина А.Ю. Как работать с профессиональными стандартами // Практическое пособие. М.: ООО «Актион кадры и право», 2016.

2. Коршунов И. А., Пешкова В. М., Малкова Н. В. Успешные стратегии реализации программ дополнительного профессионального образования в профессиональных образовательных организациях и вузах // Вопросы образования. 2019. № 1. С. 187–214.

3. Хубаев Г.Н., Щербаков С.М. Система автоматизированного синтеза имитационных моделей на основе языка UML 2.0 (СИМ-UML 2.0) // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. № 2016661676. М.: Роспатент, 2016.

4. Щербаков С.М., Мирошниченко И.И., Аручиди Н.А. Опыт автоматизированного формирования учебно-методической документации в вузе // Информатика и образование. 2019. № 8 (307). С. 48–56.

Секция 10

СЕКЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Председатель – ***Ефремов Артём Александрович***,
канд. физ.-мат. наук, доцент,
доцент Высшей школы киберфизических систем и управления,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Ученый секретарь – ***Кузнецова Лидия Валерьевна***,
ст. преподаватель Высшей школы киберфизических систем и управления,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

УДК 330.1
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-237

Спатарь Алина[1],
студент;
Широкова Светлана Владимировна[2],
доцент, канд. техн. наук, доцент

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

[1, 2] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия,
[2] swchirokov@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается системный подход к оценке эффективности цифровых технологий для малых и средних производственных предприятий. Цифровые технологии являются ключевыми для реализации цифровой трансформации и повышения эффективности и гибкости производственных процессов. Таким образом, в данной статье разработана модель оценки экономической эффективности цифровых технологий, предназначенных для малых и средних предприятий.Для оценки эффективности различные виды затрат на внедрение цифровых технологий определены и систематизированы. Проведен анализ потенциальных выгод от использования цифровых технологий, предложены правила количественной оценки качественных показателей. Показатель «Рентабельность цифровых технологий (RoDT)» разработан для оценки прибыли на основе инвестированного капитала. RoDT позволяет производственным предприятиям принять правильное решение в области цифровых технологий для эффективного управления производственные процессами.

Ключевые слова: цифровая трансформация, цифровые технологии, модель оценки цифровых технологий.

Alina Spatar[1],
Student;
Svetlana V. Shirokova[2],
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

SYSTEMATIC APPROACH TO ASSESS THE EFFECTIVNESS OF ENTERPRISE DIGITAL TECHNOLOGIES

[1, 2] Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia,
[2] swchirokov@mail.ru

Abstract.This paper addresses the challenge of evaluating the cost effectiveness of digital technologies for small and medium-sized enterprises in manufacturing. Digital technologies are key technologies to implement the digitalization and interlinking of production processes with the advantage of increasing production efficiency and flexibility. Thus, an evaluation model for assessing the economic effectiveness of digital technologies aimed at small and medium-sized enterprises is developed in this paper. To assess the effectiveness, different cost types of implementing digital technologies are identified and classified. Furthermore, potential benefits of digital technologies utilization are analyzed comprehensively and calculation rules for monetization of benefits are suggested. The metric «Return on digital technologies (RoDT)» is defined to value the profit based on the invested capital. The RoDT will facilitate the selection of economically efficient digital technologies solutions, supporting small and medium-sized enterprises with economic growth by reasonable technology management.

Keywords: digital transformation, digital technologies, digital technologies evaluation model.

Введение

В настоящее время производственные предприятия сталкиваются с трендом цифровизации для повышения эффективности производства и снижения производственных затрат [1]. Цифровыетехнологии являются ключевыми для достижения целейцифровизации и реализации объединения производственных процессов. Малые и средние предприятия (МСП) и новые начинающие компании заинтересованы во внедрении цифровых решений для обеспечения конкурентоспособности на рынке.

На сегодняшний день не существует общепринятого определенияцифровыхтехнологий. В 2008 году Эдвард Ли выдвинул следующее определение: «Цифровыетехнологии – это интеграция вычислений с физическими процессами. Встроенные устройства, системы и сети контролируют и управляют физическими процессами, с помощью контуров обратной связи, когда физические процессы влияют на цифровые модели и наоборот» [2]. Брой и Гайсбергер понимали цифровые системы как интернет-сервисы, встроенные системы, процессы логистики, координации и управления, которые используют датчики для сбора и реагирования на

физические данные и процессы с помощью исполнительных механизмов [3]. Для четкого понимания цифровых систем представлена классификация компонентов и технологий в таблице 1.

Таблица 1

Технологические кластеры цифровых технологий

Цифровые технологии		
Наименование	Функции	Технологии
Исполнительные механизмы	Манипулирование физической реальностью с помощью аппаратного и программного обеспечения	MES, MDC, робототехника
HMI (Human-Machine Interface) –Человеко-машинныйинтерфейс	Интерфейс для взаимодействия человека с киберфизической системой	Приложения, умные очки, информационные панели
Датчики	Сбор данных из физического окружения и передача их в цифровую среду	RFID, сети датчиков, ИК-системы
ИТ-инфраструктура	Инфраструктура для хранения и обработки данных внутри среды	Серверы, облако, блокчейн
Технологии передачи данных	Инфраструктура для обмена данными между цифровой и физической средой	Ethernet, 4G, 5G, WI-FI, Bluetooth
Анализ и обработка данных	Возможность анализа и обработки данных из/для бизнес-операций	Большие данные, ERP, PDM, PLM

Существующие методологии экономической оценки можно разделить на три категории: качественная оценка; количественная оценка на основе эмпирических данных (например, тематических исследований) или экспертных оценок; и количественная оценка, основанная на моделях структурированной оценки [4]. Существует довольно много качественных анализов экономических преимуществ цифровых технологий. Качественная оценка прибыльности конкретных технологий больше распространена в литературе, например, в некоторых публикациях описываются преимущества и недостатки использования технологии RFID (радиочастотная идентификация) в управлении цепями поставок [3; 4]. Для второй методологической категории проводится количественная оценка цифровых технологий на основе эмпирических данных или экспертных оценок.

Леббекке [5] использовалза основу магазинбудущего “MetroGroup” и проанализировал потенциальные преимущества применения RFID. Были использованы математические и имитационные модели для проведения более структурированной количественной оценки.Мираглиотта [6] разработал модели учета затрат и выгод с использованием подхода, основанного на деятельности, и принял чистую приведенную стоимость как внутреннюю норму прибыли для оценки прибыльности RFID. Ли [2] разработал имитационную модель для количественной оценки «косвенных» преимуществ, предоставляемых RFID, таких как сокращение запа-

сов и улучшение обслуживания. По сравнению с методами качественной оценки, количественные модели оценки предоставляют более ценную информацию при выборе инвестиционного проекта. Однако, число эффективных методов количественной оценки значительно меньше, так как большинство исследований не являются универсальными и не основаны на реальных случаях применения цифровых технологий. Из обзора литературы можно сделать вывод, что практическая и универсальная методология оценки экономической эффективности различных технологий все еще отсутствует. Кроме того, отсутствуют простые и явные модели оценки цифровых технологий, которые подходят для МСП с ограниченными человеческими и финансовыми ресурсами. Сложность выявления и количественной оценки вклада цифровых технологий в рост прибыли при существующих методах оценки не может облегчить МСП в процессе принятия решений. Далее будет рассматриваться метод систематической идентификации затрат и выгод, связанных с разработкой простой и практичной модели оценки прибыльности цифровых технологий для МСП.

1. Подход к оценке эффекта от внедрения цифровых технологий

Далее рассматривается универсальная методология оценки цифровых систем, которая позволяет широко использовать полученные результаты для оценки эффективности различных технологий в рамках малых и средних предприятий (МСП). В данной работе разработана модель для оценки экономической эффективности цифровых технологий, ориентированной на МСП. Для оценки эффективности определены и классифицированы различные виды затрат на внедрение цифровых технологий. Показатель «Рентабельность цифровых технологий (digital technologies) (RoDT)» оценивает прибыль на основе инвестированного капитала [6]. Таким образом, финансовый коэффициент RoI, характеризующий уровень возврата инвестиций, является основой для построения показателя RoDT, который направлен на оценку экономической эффективности от внедрения цифровых технологий. Система оценки RoDT включает анализ таких разделов, как:

— Риски от внедрения проекта.

— Стоимость проекта внедрения.

— Прибыль и потенциальные выгоды.

— Потенциал (будущая гибкость).

— Анализ затрат на внедрение.

Затраты на внедрение цифровых технологий можно систематизировать следующим образом (см. табл. 2):

— Расходы на оборудование.
— Расходы на инфраструктуру.
— Расходы на ПО.
— Защита данных.
— Расходы по проекту.
— Прочие расходы.

Таблица 2

Систематизация затрат на внедрение цифровых технологий

Статья расходов	Элементы
На оборудование	на приобретение; компоненты аппаратных средств; стоимость настройки пользовательских интерфейсов; стоимость настройки для аппаратных интерфейсов; датчики; сетевая инфраструктура.
На программное обеспечение	прикладные программы; системы банков данных; инструменты администрирования; затраты на настройку программного модуля; разработка ПО; программные обновления приобретение лицензий.
Защита данных	контроль доступа; системы авторизации; носители данных; шифрование носителей данных.
Затраты на инфраструктуру	новое помещение, при необходимости; ремонт; строительное оборудование; серверные помещения; склад; внутренняя логистика.
Затраты по проекту	на персонал; на обучение; на инженерный и управленческий консалтинг; командировочные расходы; расходы на аренду помещения.
Прочие расходы	на техническое обслуживание; на энергетические ресурсы; на связь.

Данная классификация является универсальной и подходит для различных цифровых технологий. Расходы на приобретение и эксплуатаци-

онные расходы на аппаратное и программное обеспечение являются основными элементами затрат в рамках внедренияцифровых технологий. Также могут возникнуть расходы на резервное копирование данных и реконструкцию инфраструктуры. Необходимо учитывать обычные затраты на реализацию проекта, такие как расходы на персонал, расходы на обучение, расходы на консультационные услуги и т. д. Прочие расходы включают расходы на техническое обслуживание, дополнительные расходы на электроэнергию и т. д.

Для расчета RoDT все затраты, изложенные в таблице 2, должны быть представлены как единовременные инвестиции в проект и текущие эксплуатационные расходы. Расходы за начальный период представляют собой сумму инвестиционных затрат и операционных расходов, тогда как затраты в других периодах равны операционным расходам.

2. Анализ потенциальных выгод от внедрения цифровых технологий

Преимущества внедрения цифровых технологий зависят от особенностей конкретной технологии. Учитывая общие характеристики цифровых технологии (связь в режиме реального времени, прозрачность информации, эффективность процесса, упреждающее обслуживание и т. д.), потенциальные преимущества цифровых технологий можно разделитьна следующие пять категорий (см. табл. 3): сокращение времени обработки, сокращение затрат на ликвидацию ошибок, снижение потребления ресурсов, повышение удовлетворенности клиентов, улучшение сбора и накопления информации.

Первые три типа являются качественными преимуществами, которые возможно прямо оценить. Качественные выгоды сложно/невозможно оценить, поэтому результаты такого анализа могут быть спорными и ценятся меньше.

При сокращении времени обработки компании получают долгосрочную экономию благодаря повышению производительности за счет инвестиций в цифровые технологии. Более высокий уровень автоматизации и сбора информации, обеспечиваемый цифровыми технологиями, гарантирует, что определенные этапы обработки могут быть ускорены или устранены таким образом, что занятость сотрудников снижается, азагрузка оборудования увеличивается. Освободившиесяресурсы сотрудников и/или оборудования могут быть направлены для выполнения дополнительных операций, приносящих добавленную стоимость, что повышает производительность.

Таблица 3

Систематизация потенциальных выгод от внедрения цифровых технологий

Оценка	Выгоды	Значение
количественная	Сокращение времени обработки	сокращение трудоемких ручных процессов; уменьшение времени на настройку и времени обработки.
	Уменьшение затрат, вызванных ошибками	минимизация частоты ошибок; сокращение потерь от ошибок; сокращение времени ликвидации ошибки.
	Снижение потребления ресурсов	экономия затрат на материальные активы
	Увеличение объема производства	вследствие сокращения жизненного цикла производства
качественная	Повышение уровня удовлетворенности клиентов	сокращение стратегических ошибок; сокращение сроков доставки.
	Улучшение процесса сбора и накопления информации	обеспечивается доступность информации для более эффективного управления процессами

Соответственно, прибыль от сокращения времени обработки может быть рассчитана по формуле (1):

$$Пр_i = q_i * t_i * z_i, \quad (1)$$

где: q_i – количество дополнительных этапов обработки, шт./год;

t_i – рабочее время на один этап, ч.;

z_i – почасовая заработная плата сотрудников и/или почасовые эксплуатационные расходы оборудования, руб./час.

Возможность мониторинга в режиме реального времени и высокоуровневой замены ручной работы при использованиицифровых технологий приводит к снижению количества и частоты ошибок и затрат на ошибки.Их применение может уменьшить количество ошибок трех типов:

— снижение частоты ошибок;

— минимизация потерь в результате ошибок;

— сокращение времени устранения неполадок.

Оценка эффекта от сокращения времени устранения неполадок может быть рассчитана как экономия затрат на персонал за счет уменьшения рабочей нагрузки для устранения неполадок. Формула оценки при-

были, полученной в результате снижения частоты ошибок, приведена ниже (2), а прибыль, полученная в результате других видов уменьшения ошибок, может быть рассчитана аналогичным образом.

$$Пр_e = q_e * (t_e * z_e + w_e) * s \,, \qquad (2)$$

где: q_e – количество ошибок, шт./период;

t_e – время устранения на ошибки, ч./период;

z_e – почасовая заработная плата сотрудников, руб./ч.;

w_e – потери в результате ошибок, руб./период;

s – коэффициент, характеризующий процент изменения рабочей нагрузки для устранения неполадок, %.

Применение цифровых технологийтакже может способствовать сокращению потребления ресурсов (в данном случае речь о материальных активах) и сокращению затрат производства. Сокращение затрат может быть обеспечено за счет: экономии затрат на сырье и расходные материалы для инструментов во время обработки, предотвращение износа, а также за счет значительного снижения стоимости запасов.

Повышение удовлетворенности клиентов: требование клиентов может быть лучше удовлетворено путем косвенного внедрения цифровых технологий. Например, можно уменьшить стратегические ошибки и улучшить качество продукции; сроки поставки могут быть сокращены, а товары могут быть доставлены быстрее. Повышение удовлетворенности клиентов может привести к увеличению продаж.Так как уровень удовлетворенности клиентов является качественным показателем, его влияние на увеличение продаж сложно оценить. Поэтому выгоды от внедрения цифровых технологий, связанные с увеличением удовлетворенности клиентов, могут быть упущены и недооценены.

Улучшение сбора информации: комплексное получение информации о процессе способствует выявлению недостатков в работе компании. Следовательно, процессы могут быть усовершенствованы эффективно и результативно. Построение прозрачной информационной сети позволяет находить параллельные процессы, выполняющиеся несколькими исполнителями, повторяющиеся или ненужные операции, которые в последствии устраняются или перестраиваются в процессы, приносящие добавленную стоимость. Рассмотренный параметр также является качественным и трудно оценимым.

Понимание и оценка перечисленных преимуществ от реализации цифровых технологийпозволяет выстроить руководство для универсальной оценки различных технологий.

3. Разработка модели оценки рентабельности инвестиций в цифровые технологии

Рентабельность инвестиций в цифровые технологии RoDT определяется как сумма прироста выручки (дохода) от внедрения технологии относительно суммы его инвестиций. Статическая модель RoDT фокусируется на общий доход, динамическая модель учитывает фактор времени.

3.1. Статическая модель

RoDT это отношение выгоды от реализации цифровых технологий к стоимости реализации (см. формулу (3)). Результат отображается в процентах на определенный период, который можно сравнить с другими расчетами. Для более точного расчета RoDT используется метод чистой приведенной стоимости (NPV), который учитывает изменение стоимости денег во времени из-за инфляции.

$$RoDT = \frac{\sum_{i=0}^{n} \frac{p_i}{(1+r_i)^i}}{\sum_{i=0}^{n} \frac{c_i}{(1+r_i)^i}}, \quad (3)$$

где: p_i – общая прибыль в периоде i, руб.;

c_i – общие инвестиции в периоде i, руб.;

r_i – ставка дисконтирования в периоде i, %;

n – количество периодов.

Значение RoDT указывает на экономическую эффективность решения. Если значение RoDT превышает «1», доходность цифровых технологий выше, чем его инвестиционные затраты. Если значение равно или меньше «1», проект внедренияне окупил вложенные инвестиции. Таким образом, метрика RoDT помогает МСП количественно оценить экономическую эффективность цифровых технологий.

3.2. Динамическая модель

Одним из основных факторов, который игнорируется в статической модели RoDT, является время реализации. Поскольку стоимость внедрения уменьшается с увеличением технологической зрелости цифровых технологий, была разработана динамическая модель оценки RoDT, учитывающая фактор времени.

Предполагается, что стоимость внедрения цифровых технологий уменьшается в геометрической прогрессии с течением времени. Прогресс кривой затрат и ее формула (4) показаны на рисунке 1 соответственно.

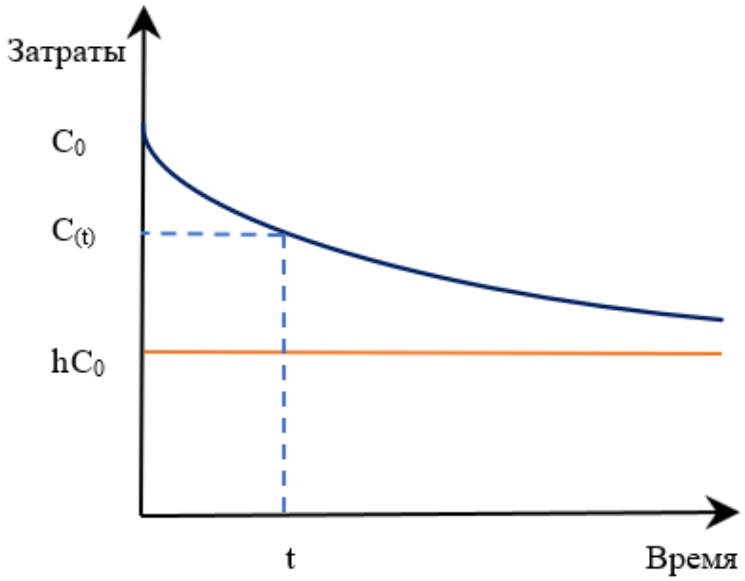


Рис. 1. Кривая изменения стоимости внедрения цифровых технологий

$$c(t) = c_0[(1-h)e^{-mt} + h], \tag{4}$$

где: c_0 описывает стоимость внедрения цифровых технологий в начальный момент времени (период 0);

$c(t)$ – стоимость внедрения цифровых технологий в период t;

h ($0 < h < 1$) – это коэффициент снижения стоимости цифровых технологий;

m – постоянная экспоненциальной кривой.

Значения параметров h и m оба определяются эмпирически. Стоимость технологии в момент, когда она станет зрелой, описывается как hc_0. Следовательно, динамическая модель RoDT выражается как функция времени t, которая представлена в формуле (5).

$$RoCPS(t) = \frac{\sum_{i=t}^{n} \frac{p_i}{(1+r_i)^i}}{\sum_{i=t}^{n} \frac{c_i}{(1+r_i)^i}}, \tag{5}$$

где: p_i – общая прибыль в периоде i, руб.;

c_i – общие инвестиции в периоде i, руб.;

r_i – ставка дисконтирования в периоде i, %;

n – количество периодов.

Следовательно, экономическую эффективность одной и той же технологии с разным временем внедрения можно оценить путем сравнения значений динамического RoDT. Максимальное значение динамического показателя RoDT определяется математическими методами, соответственно, можно определить оптимальное время реализации технологии для максимальной отдачи от проекта внедрения.

Заключение

Применение информационных технологий позволит организациям пройти путь от начального этапа автоматизации к цифровой трансформации бизнес-модели [7, 8]. Цифровое предприятие обладает повышенной гибкостью, что является основой для сокращения жизненного цикла изделий и, соответственно, сроков выхода на рынок новых продуктов. В рамках четвертой промышленной революции применение концепций Индустрии 4.0, цифровых технологий и других передовых производственных технологий станет необходимым шагом к сохранению позиций на рынке.

В данном исследовании рассмотрен системный подход к оценке экономической эффективности цифровых технологий, который позволит малым и средним предприятиям выбрать соответствующую технологию для осуществления цифровой трансформации с экономической точки зрения. Описаны способы систематизации затрат и потенциальных выгод от проекта внедрения. Представлена модель оценки RoDT – рентабельность цифровых технологий, на основе которой можно провести быстрый анализ экономической эффективности технологии.

Список литературы

1. Гаврилов Л. П. Электронная коммерция: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры. М.: Издательство Юрайт, 2018. 363 с.

2. Burggräf P., Dannapfel M., Bertling M., Xu T. Return on CPS (RoCPS): An Evaluation Model to Assess the Cost Effectiveness of Cyber-Physical Systems for Small and Medium-Sized Enterprises // Proc. of the 2018 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET). 19–23August 2018, Honolulu, Hawaii, USA. Publisher: IEEE, 2018. DOI: 10.23919/PICMET.2018.8481980.

3. Broy M., Cengarle M.V., Geisberger E. Cyber-physical systems: imminent challenges // Calinescu R., Garlan D. (eds.) Large-Scale Complex IT Systems. Development, Operation and Management. 17th Monterey Workshop 2012. 17th Monterey conference on Large-Scale Complex IT Systems: development operation and management. 19–21 March 2012, Oxford, UK. Lecture Notes in Computer Science. Vol. 7539. Berlin, Heidelberg: Springer, 2012. P. 1–28. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-34059-8_1

4. Geisberger E., Broy. M. Living in a networked world: Integrated research agenda Cyber-Physical Systems (agenda CPS). Munich, Germany: acatech – National Academy of Science and Engineering, 2015. 293 p.

5. Akkaya I., Derler P., Emoto S., Lee E.A. Systems engineering for industrial cyber-physical systems using aspects // Proceedings of the IEEE. 2016. Vol. 104. No. 5. P. 997–1012.

6. Волкова В.Н., Юрьев В.Н., Широкова С.В., Логинова А.В. Информационные системы в экономике:Учебник. М.: Издательство Юрайт, 2020. 402 с.

7. Волкова В.Н. Моделирование систем и процессов: Учебник для академического бакалавриата / В.Н. Волкова, Г.В. Горелова, В.Н. Козлов [и др.]; под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. М.: Издательство Юрайт, 2019. 450 с.

УДК 330.88:65.01
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-238

Шадрин Александр Давыдович[1],
д-р техн. наук, профессор;
Михайлов Максим Сергеевич[2],
студент

КОНТЕКСТ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИИ

[1, 2] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия,
[1] sigmads@yandex.ru, [2] smon.maks@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается институциональная экономика как контекст системы менеджмента качества организации. Показано, что система менеджмента качества, соответствующая стандартам ИСО серии 9000, не только корректно функционирует в контексте институциональной экономики, но и может рассматриваться как её частное проявление.

Ключевые слова: организация, среда организации, институциональная экономика, институты, система менеджмента качества, ИСО серии 9000.

Alexander D. Shadrin[1],
Doctor of Technical Sciences, Professor;
Maksim S. Mikhailov[2],
Student

CONTEXT OF THE ORGANIZATION'S QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

[1,2] Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia,
[1] sigmads@yandex.ru, [2] smon.maks@mail.ru

Abstract. The paper examines the institutional economy as the context of the organization's quality management system. It is shown that the quality management system corresponding to ISO 9000 series not only functions correctly in the context of institutional Economics but can also be considered as a particular manifestation of it.

Keywords: organization, organization environment, institutional economy, institutions, quality management system, ISO 9000 series.

Для долговременного успеха любая организация должна систематически анализировать как свою внутреннюю среду, так и внешние условия, внутри которых эта организация существует, поскольку именно со-

четание этих факторов (двух сред) с одной стороны, создает возможности, а с другой – формирует ограничения для деятельности организации.

Другими словами, понимание среды организации – это важнейший процесс ее системы менеджмента (организационного управления). Строго говоря, результаты этого процесса предшествуют появлению самой организации, а в последствии влияют практически на все элементы ее системы менеджмента. В рамках этого процесса определяются факторы, которые влияют на намерение, цели, технологию и устойчивость организации. Причем важнейшими из этих факторов являются потребности и ожиданий всех заинтересованных сторон организации: владельцев, потребителей, персонала, партнеров и общества в целом.

Как подчеркивает А. Аузан, «Экономический агент, исходя из своей целевой функции, – функции полезности для потребителя, функции прибыли для предпринимателя и т. п., – и имеющихся ресурсных ограничений, выбирает такое распределение ресурсов между возможными направлениями их использования, которое обеспечивает экстремальное значение его целевой функции» [4].

В описании среды организации (далее для краткости – ***контекста***) обычно речь идет о внутренних и внешних факторах организации.

В начале 21-го века системный подход к формированию и анализу контекста организации успешно развивается в рамках международных и национальных стандартов менеджмента, и прежде всего, в стандартах менеджмента качества (ИСО серии 9000), которые рассматривают качество не как совокупность свойств отдельного продукта или отдельной услуги, а именно как степень удовлетворения требований всех заинтересованных сторон организации [5, 6].

Согласно ГОСТ Р ИСО 9000, «Среда организации (context of the organization): сочетание внутренних и внешних факторов, которое может оказывать влияние на подход организации к постановке и достижению ее целей. В русском языке это понятие часто выражается другими терминами, таким, как бизнес-среда, организационная среда или экосистема организации» [5].

В соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001, организация должна определить *внешние* и *внутренние* факторы, относящиеся к ее намерениям, стратегическому направлению, и влияющие на ее способность достигать намеченного(ых) результата(ов) ее системы менеджмента качества. Организация должна осуществлять мониторинг и анализ информации об этих внешних и внутренних факторах [6].

Факторов, влияющих на организацию, чрезвычайно много. Любой предлагаемый перечень таких факторов может быть дополнен. Многие факторы (право, традиции, мораль, технология, физиология и психология работников, политика и т. д. и т. п.) носят разнородный и противоречи-

вый характер. И характеризуя свой контекст, организация должна понимать, что в полной мере реализовать системный подход, т. е. учесть ***все*** факторы, реально влияющие на ее деятельность, невозможно.

При этом менеджмент любой организации, в явном или неявном виде, использует известный из кибернетики принцип оптимального управления – ***воздействие на главный фактор***, осуществляя учет только некоторых важнейших (с точки зрения данной организации) факторов.

Как известно, по сути, менеджмент – это целенаправленная деятельность одних людей (одного человека) при построении взаимоотношений с другими людьми [3, 13].

В этой ситуации, на наш взгляд, целесообразно обратиться к наработкам сравнительно нового научного направления, получившего название ***институциональная экономика***, поскольку данное направление в построении экономической практики отталкивается именно от реальных объективных особенностей современного человека.

«Более 200 лет экономическая теория исходила из модели homo economicus – эгоистического, рационально мыслящего, оптимизирующего среду субъекта. На самом деле такого человека нет» [4].

Институциональная теория основывается на, очевидно реальной, модели человека, характеризуемого двумя чертами.

Первая черта – это ограниченная рациональность: люди не всеведущи, они не обладают неограниченными способностями и не могут бесконечно и успешно решать оптимизационные задачи.

Вторая черта – это оппортунистическое поведение, то есть тот факт, что люди не склонны к соблюдению правил.

Экономист и психолог Г. Саймон в 1978 г. получил Нобелевскую премию за решение вопроса о том, как именно проявляется ограниченная рациональность, как человек, не имея бесконечных способностей к добыванию информации и ее переработке, решает множество жизненных вопросов.

Еще один толчок институциональная теория получила, примерно в то же время, в работах американского экономиста Дж. Акерлофа, который провел анализ «рынков с несимметричной информацией» (Нобелевская премия 2001 г.).

В работах Акерлофа анализируется реальная ситуация – честная конкуренция, без вмешательства внешних сил или монополий. Но из-за того, что покупатель *ограниченно рационален* и не может знать всего, а продавец скрывает часть информации (*ведет себя оппортунистически*), конкуренция «автоматически» не ведет к экономическому процветанию. Больше того, она может просто разрушить этот рынок, потому что качество продукции и услуг будет постоянно падать. Другими словами, вез-

де, где потребитель не в состоянии оценить качество продукта, работает ухудшающий отбор [4].

Описанная ситуация заставляет сделать два вывода.

Во-первых, квалиметрия, которая занимается оценкой качества результатов деятельности, это – не частная, а фундаментальная наука для успеха отдельной организации и экономики в целом. Этот вывод – тема отдельного исследования.

Во-вторых, решение проблемы «цивилизованного» рынка (а как, в частности, показывает ситуация с пандемией 2020 года – решение и других важнейших проблем человеческого общества в целом) возможно только с помощью введения определенных правил – ***институтов***. Далее в статье рассматривается только второй вывод.

По Д. Норту, ***институты*** – это «правила игры» в обществе, или, выражаясь более формально, созданные человеком ограничительные рамки, которые организуют взаимоотношения между людьми. Следовательно, они задают структуру побудительных мотивов человеческого взаимодействия – будь то в политике, социальной сфере или в экономике [8].

Очевидно, что именно указанные работы экономистов привели к созданию в конце 20-го века первых стандартов менеджмента – стандартов ИСО серии 9000. Сегодня мы можем утверждать, что эти стандарты качества, и последовавшие за ними десятки стандартов менеджмента в других областях становятся инструментами институциональной экономики.

Причем «Очень важно понять, что стандарты – это альтернатива регулятивным требованиям. Они имеют непосредственную значимость для конкретных отраслей и разрабатываются на основе сотрудничества с представителями индустриального комплекса», – подчеркивает директор по стандартам BSI, вице-президент ИСО, Скотт Стидман [12].

Рассмотрим подробнее место стандартов менеджмента как необходимого условия существования и взаимодействия организаций в рыночной институциональной среде.

Говоря о функциях институциональной среды, можно выделить три основных.

Первая – это **обеспечение предсказуемости и стабильности взаимодействия между агентами**. Предсказуемость результатов действий и социальной реакции на наши действия, устойчивость экономических взаимодействий и возможность оценки потенциальных издержек и результатов наших действий мы приобретаем за счет совокупности институтов, действующих в нашей институциональной среде [7].

Без обеспечения предсказуемости и стабильности во внутренней среде организации невозможно выработать ни один стандарт (образец,

эталон, модель, принимаемые за исходные для сопоставления с ними других подобных объектов) на продукцию или услугу. Бессмысленно проектировать эталонную модель продукта или услуги, если на каждом цикле при одинаковых входах процесса будет возникать различный выход (результат).

Во-вторых, **институты позволяют минимизировать затраты на обеспечение сделок**. Это позволяет минимизировать усилия по поиску партнеров, что обеспечивает достоверность тех обязательств, которые организации берут на себя в тех или иных взаимодействиях [7].

Данная функция институциональной среды позволяет уменьшить риски экономическим агентам в их взаимоотношениях и находит отражение в стандартах, обеспечивающих достоверность принятых агентами обязательств.

Наконец, еще одной очень важной функцией институтов является **передача знаний**. В рамках различных институтов люди осваивают новые правила, и это особенно важно в тех случаях, когда правила не являются кодифицированными и могут быть переданы только в рамках социальных взаимодействий.

Данная функция сегодня также отражена в стандартах ИСО серии 9000. В реальной практике нет возможности кодифицировать все правила и условия исполнения стандартов. Поэтому очень важно наличие каналов передачи знаний внутри институтов. Например, корпоративная культура внутри организации передается в рамках социальных взаимодействий.

Известно, что правила и санкции, связанные с реализацией этих правил, могут носить как формальный, так и неформальный характер. Именно поэтому, в рамках институциональной теории говорится о важности существовании формальных (регулятивных) и неформальных институтов. В случае формальных институтов мы имеем дело не только с кодифицированными правилами, но и с санкциями, которые обычно носят организованный характер. Напротив, когда говорится про неформальные институты, речь идет о правилах, которые не только не кодифицированы, но и не могут быть кодифицированы. Они передаются в рамках социальной группы в организации, в рамках общества, и в рамках взаимодействия индивидов друг с другом [7].

Этот факт отражается в стандартах ИСО серии 9000, в которых подчеркивается важность повышения вовлеченности работников в деятельность по улучшению, проявления инициативы и креативности, повыше-

ния удовлетворенности работников, повышения доверия и сотрудничества и внимания к общим ценностям и культуре всей организации [6].

Вместе с тем, формализация всех правил, помимо того, что она едва ли возможна, может привести к результатам, прямо противоположным цели их введения [2].

Что касается непосредственно стандартов менеджмента, очевидно необходимо придерживаться концепции, при которой неформальные правила дополняют правила формальные. Например, в области стандартов на пищевую продукцию уже сегодня существуют достаточно жесткие формальные требования к безопасности, но в остальном производителю предоставлена свобода выбора, где свою роль проявляют неформальные институты влияния со стороны потребителя и рынка. Этот же принцип сегодня действует в России в рамках технического регулирования в целом.

Известно также, что важнейшей проблемой современной экономики является фактор доверия. К. Эрроу отмечал, что практически каждая коммерческая сделка содержит в себе элемент доверия, и можно утверждать, что значительная часть экономической отсталости в мире может объясняться недостатком взаимного доверия. Исследования показывают, что высокий уровень доверия формирует основания для снижения транзакционных издержек, упрощения обмена и сокращения потерь, как от провалов рынка, так и во многих случаях от провалов государства. Высокое доверие между экономическими агентами снижает проблему неполноты контрактов и риск оппортунистического поведения [1].

Американский социальный философ и экономист Д. Рифкин писал: «Мы привыкли считать, что коммерция и торговля обеспечены золотом или серебром, на деле им необходимо совсем другое обеспечение – доверие общества. Когда доверие велико, экономика процветает, а будущее манит перспективой. Когда доверие подорвано, экономика терпит крах, а будущее становится туманным» [9].

Приведенные точки зрения экономистов подтверждаются сравнением распределения ВВП в странах мира [11] и средним уровнем доверия в этих странах [10]. Такое сравнение показывает четкую прямую корреляцию между количественными оценками двух данных факторов. Этот факт находит очевидное объяснение: доверяют не тому, кто сегодня выигрывает конкурентную борьбу, а тому, кто регулярно (стандартно) выполняет свои обязанности [13].

Таким образом, у стандартов на системы менеджмента качества и у институциональной экономики одна и та же цель – создание условий,

стимулирующих производительную деятельность на основе создания доверия между экономическими агентами и рациональной организации информационных потоков внутри системы.

Другими словами, система менеджмента качества, соответствующая ИСО серии 9000, не только корректно функционирует в контексте институциональной экономики, но и может рассматриваться как её частное проявление.

Список литературы

1. Arrow K. Gifts and Exchanges // Philosophy and Public Affairs, 1972. I. P. 357.
2. Gneezy U., Rustichini A. A Fine Is a Price // The Journal of Legal Studies. 2000. Vol. 29. No. 1. P. 1–17.
3. Адлер Ю.П., Шпер В.Л. Возможно ли включение концепции Э. Деминга в состав стандарта ИСО 9000? // Стандарты и качество. 2017. № 7. С. 74–78.
4. Аузан А.А. Институциональная экономика. М.: Инфра-М. 2006. URL: https://royallib.com/read/auzan_aleksandr/institutsionaya_ekonomika.html# (дата обращения: 24.03.2020).
5. ГОСТ Р ИСО 9000-2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. URL: http://docs.cntd.ru/document/1200124393 (дата обращения: 24.03.2020).
6. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования. URL: http://docs.cntd.ru/document/1200124394 (дата обращения: 24.03.2020).
7. Юдкевич М.М. Институциональная экономика (Institutional economics): онлайн курс. НИУ ВШЭ, 2020. URL: https://www.coursera.org/learn/institutional-economics (дата обращения: 09.03.2020).
8. Норт Д. Институты, институциональные изменения и функционирование экономики. М.: Фонд экономической книги «Начала», 1997. С. 17.
9. Рифкин Дж. Третья промышленная революция: как горизонтальные взаимодействия меняют энергетику, экономику и мир в целом. М.: Альпина нон-фикшн. 2014. 410 с.
10. Россия потеряла 70% ВВП из-за недоверчивости // Итерфакс. 15 июля 2013 г. URL: https://www.interfax.ru/business/318518 (дата обращения: 16.03.2020).
11. Список стран по ВВП (номинал) на душу населения // ru.wikipedia.org URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_стран_по_ВВП_(номинал)_на_душу_населения (дата обращения: 16.03.2020).
12. Стидман С. Как стандартизация ответит на вызовы цифровой эпохи // Стандарты и качество. 2020. № 4. С. 10.
13. Шадрин А.Д., Феноменология менеджмента в России. М.: РИОР: ИНФРА-М, 2019. 276 с.

УДК 339.138
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-239

Гигльбергер Агнес[1, 2],
студент, Школа бизнеса и экономики

ВОЗМОЖНОСТИ И ВЫЗОВЫ EWOM

[1] Академия Або, Турку, Финляндия,
Agnes.Giglberger@abo.fi
[2] Католический университет Айхштетт-Ингольштадт,
Айхштет, Германия

Аннотация. Статья описывает маркетинг из уст в уста («сарафанное радио», англ. word-of-mouth, WOM) как важный инструмент, оказывающий влияние на поведение потребителей. Выполнен анализ исследований в области современного состояния электронного маркетинга из уст в уста (electronic word-of-mouth, eWOM), описаны средства сбора данных о клиентах с помощью интернет-технологий. Даны рекомендации по использованию данных WOM при тагетировании в маркетинге и определении маркетинговой стратегии. Обсуждаются возможные пути развития eWOM.

Ключевые слова: маркетинг из уст в уста, WOM, поведение покупателей, электронный маркетинг, eWOM, измерения в маркетинге.

Agnes Giglberger[1, 2],
Student, School of Business and Economics

OPPORTUNITIES AND CHALLENGES OF EWOM

[1] Åbo Akademi University, Turku, Finland,
Agnes.Giglberger@abo.fi
[2] Catholic University Eichstätt-Ingolstadt, Eichstätt, Germany

Abstract. The article describes word-of-mouth marketing (WOM) as an important tool that influences customers' behavior. The analysis of research in the field of electronic word-of-mouth marketing (eWOM) current state was made, the means of collecting customer data using Internet technologies are described. Recommendations for using WOM data for tagging in marketing and defining a marketing strategy are given. Possible ways of eWOM developing are discussed.

Keywords: word-of-mouth marketing, WOM, customers' behavior, electronic marketing, eWOM, measuring in marketing.

1. From word-of-mouth to electronic word-of-mouth

Word-of-mouth (WOM) means that information or recommendations are passed on orally. In the context of marketing, this means that someone expresses their opinion about products, brands, companies or services. A positive opinion can help companies extremely and increase sales. According to Ismagilova et al. [4] word-of-mouth can be defined as followed: "Oral, person-to-person communication between a receiver and a communicator, whom the re-

ceiver perceives as non-commercial, concerning a brand, product, service, or organization."

Studies confirm that WOM is more effective than conventional media and has a significant impact on customers' buying behaviour. The main effects of WOM include increasing brand awareness, changing attitudes and buying intentions. If people are deliberately looking for WOM, it's to minimize risk. How WOM works depends on various factors. For example, the connection strength of the people involved, the properties of the communicator and the expertise of the recipient. WOM is not only used to report positively about a service or a product, but also when someone is dissatisfied [4].

The company Vorwerk gives an example of successfully using WOM marketing. The all-round kitchen helper Thermomix cannot be bought in a shop or online, but is only offered in direct sales. The Thermomix can only be purchased after a representative has presented the device to potential customers at home by cooking together. By helping the customer to cook with the Thermomix, a sense of achievement and a good experience is generated and the word-of-mouth effect starts. This leads to a recommendation business and then leads to new sales. This works so well for Vorwerk that there is almost no additional advertising [9].

Digitization affects not only society's consumer behaviour, since online shopping is very easy and practical, but also communication behaviour. In America, people are said to be confronted with 4,000 to 10,000 advertisements a day [8]. Even if it depends very much on where and how a person lives, the mass of advertisements with which people are confronted is enormous, not only in the physical environment, but also online.

This mass of information can hardly be processed by people and that's why most of it is immediately forgotten or even hidden unconsciously. This underlines the effectiveness of the WOM principle. With WOM there is no need to evaluate a flood of information and advice is often given by familiar people. But the classic WOM is supplemented, if not massively expanded, by electronic word-of-mouth (eWOM) in times of the Internet. The Internet is used by many consumers to find information about products or companies.

The Internet and the popularity of online trading as well as the spread of social media applications led to the creation of eWom [4].

It is very easy for people to share their opinions online. Companies can benefit from this, but they can also lose recognition. Usually people on the Internet not only share their opinions with their personal surroundings, but with other people all over the world. In this way, products or services can also be evaluated online and provided with comments, and the exchange of experience thus gains completely new dimensions. Although eWOM mostly confronts the opinions of unknown people, its public availability makes it stronger than the traditional WOM. Ismagilova et al. [4] define eWOM as followed: "eWOM is the dynamic and ongoing information exchange process between

potential, actual, or former consumers regarding a product, service, brand, or company, which is available to a multitude of people and institutions via the Internet."

2. The importance of eWOM

There are numerous platforms where eWOM happens on the Internet. Many sellers offer a rating system directly on their websites. These can be for goods, but also services such as travel. In addition, it can appear on blogs, in forums, in videos, by email, etc. On social media channels, influencers have specialized in spreading opinions for their followers. They often also work together with companies and are paid for positive opinions about products or services. In addition to traditional advertising, these rating systems are crucial for a purchase decision and therefore very important for companies. Especially before people buy expensive products, they inform themselves more frequently and more precisely before making a purchase decision.

The importance of eWOM can also be proven by evaluations. 87 % of consumers get information about a product online, whether they want to buy it online or in a store. 28 % begin their search on platforms such as ebay or amazon [1]. Ismagilova et al. [4] state that 63 % of consumers are more likely to shop on a website that allows ratings. Already 50 reviews can lead to a conversion rate increase of 4.6 percent. Descriptions of the manufacturers are mostly only positive, which is why customer reviews are perceived as up to 12 times more trustworthy. On average, eWOM leads to an increase in sales of 18 %.

According to Moran and Muzellec [7], whether eWOM is credible depends on four different factors. On the one hand, the community, i. e. the relationship between sender and receiver. On the competence of the sender and the recipient. On the content of the rating. In addition to that the consensus, that means that reviews are more credible if several people have the same opinion.

Good reviews can be extremely helpful to a business or company. At the same time, bad reviews can destroy businesses. An example of this is a case from India. A poor rating in 2013 for the Lemp Brewpup & Kitchen restaurant in Guargaon caused the store's reputation to be completely destroyed. After a visit, eight friends reported on an online platform about a visit to the store, which they were extremely dissatisfied with and a dispute arose between them and the staff. The visit allegedly ended at the police station. The blog started a big wave and within a few hours Lemp Brewpup & Kitchen was rated over 600 times on the platform www.zomato.com. Most of the comments were negative. The shop soon had to close [6].

3. The measurability of eWOM

In contrast to traditional WOM, it seems that eWOM can be measured more easily. Offline WOM can usually not be tracked. At eWOM, everything is presented on the Internet for everyone to access and you don't have to be in the same place. Therefore, while people at WOM know the people better

and their ties to them are stronger, the Internet tends to confront the opinions of unknown people. In addition, people are more anonymous on the Internet. Therefore, they may be more honest, but may also become abusive more quickly. In addition, statements in the eWOM are very easy to manipulate. As a result, the usefulness of the information must always be questioned.

Even if eWOM can be boosted by targeted marketing, it is not foreseeable what people disseminate for reviews on the Internet. The influence of WOM on a company is usually not understandable, since WOM takes place orally in a private circle and is therefore difficult to understand. eWOM can be associated with many factors such as branding or an improved / deteriorated image, but in the end, of course, the units sold is the important result from this. To measure the extent to which eWOM messages are related to sales, they first have to be evaluated.

To begin with measuring eWOM messages can be classified through two factors. On the one hand volume, how many ratings there are and on the other hand valence, i. e. whether the ratings are positive or negative. Various studies have shown that online reviews have a very noticeable impact on the number of products sold, both positive and negative. This even goes so far that online office ratings of films can be used to predict box office sales [2]. Nevertheless, this type of measurement must also be viewed with caution. Many important factors are left out and ignored, for example the strength and statements of individual evaluations. For example, if you know or trust a person who makes a recommendation, you are more likely to follow their recommendation. Bughin et al. [3] include this aspect in their recommendation for measuring evaluations. They also complain that recommendations work differently in the different product categories. The effects of the various recommendations are to be determined more precisely by the WOM equity index. The measurement not only includes the content of the assessment, but also the identity of the person from whom the message comes and the environment in which the WOM is made. This approach seems very logical and can also be applied to eWOM. However, it must be noted that the identity of the person is mostly anonymous. Nevertheless, these people are often trusted. eWOM also takes place on the Internet on various platforms, which have an impact on credibility.

Ismagilova et al. [4, pp. 104–105] present three other methods to analyse eWOM: content analysis, sentiment analysis, and network text analysis. A combination of all three analyses is more effective. Every company has to find a way to analyse eWOM and to interpret the results correctly. As stated there are many possibilities.

4. Targeted marketing

The aforementioned case shows how important online evaluations can be for a company. That is why it is important to include eWOM in the marketing strategy. eWOM brings many advantages to the traditional WOM. eWOM

leaves traces and can be understood by people who have access to the Internet. In addition, large numbers of people are reached. WOM mostly takes place in private and small circles. eWOM can spread very quickly. The possibility to give users a platform on which they can rate products not only creates security for customers, but also gives direct insight for entrepreneurs what customers think about the product or service. Therefore, evaluations can also be used to learn from mistakes and improve your own performance, i. e. for product development and quality control. However, the competitors can also use comments to improve their own product. Positive opinions about a product or a company can help to acquire new customers. Products or services can often be rated on different platforms. In addition to the sales website, Google, Facebook or specialized websites also offer rating systems. People are often more willing to write negative comments than positive ones. This is to relieve frustration. Positive experiences are often taken for granted. This creates incentives for some sellers to get a rating. After making an online purchase, many sellers send an email asking them to receive a rating. Sometimes you even get discount codes for the next purchase for good ratings.

Especially the quantity of positive or negative comments is crucial for a purchase decision. The environment where eWOM communication is carried out definitely plays a role. For example, there are rating portals that appear less serious. On the e-commerce site amazon, on the other hand, product reviews are often trusted. Although eWOM seems easier to measure and manage than WOM, it is not necessarily easy. A lot of positive reviews can have a positive impact on a purchase decision, but this also depends on many other factors such as argument quality, eWOM credibility, eWOM usefulness, trust in message, valence, volume, age of eWOM receiver, attitude towards online shopping, attitude towards website, attitude towards product, emotional trust etc. [5].

There are many marketing techniques that can influence eWOM. These include viral marketing, buzz marketing, word of mouth marketing and referral marketing. The strategies often flow smoothly into one another, but all aim to reach WOM (offline or online). There are many ways that companies can promote eWOM. Great marketing campaigns often help people talk about a product or company and automatically recommend it. Collaborating with influencers online who share their opinions about products publicly can help increase brand awareness and sales. There is no direct recipe for success. Every company has to develop campaigns for themselves or their products, which can, for example, trigger a buzz and promote WOM and eWOM. This can be done with great effort, but e. g. even with a touching video. Marketing can be tailored to challenge consumer response, but it shouldn't be too provocative, otherwise it can trigger a wave of negative responses.

5. Recommendations for action in dealing with eWOM

Businesses can always thank for ratings and comments. It is important not to let too much time pass. If comments are not permitted, such as personal attacks or verbal excesses, the company should ensure that they are deleted promptly. There are various strategies to deal with negative comments. It is best to try to apologize and sometimes offer reparations. Under no circumstances should negative comments be deleted or users blocked, unless it is obviously challenged. Otherwise the credibility of the company is at risk. The reactions of the companies should be adapted to the different platforms where eWOM takes place. Consumers should be encouraged to write positive reviews. It is not only the quality of the product or service that plays a role, but also whether the consumer is encouraged to leave a review. Encouragement can be given by speaking directly, for example after visiting a restaurant, but also by sending an email, etc. However, companies can manipulate people so that they write positive comments. For example, there are companies that make products available to customers free of charge if they write a positive comment about them. These are misleading practices because these statements have been manipulated. Companies should try to get good reviews without unethical practices. The possibility of reaching a company easily and directly (for example via a customer hotline or social media channels) often saves companies from having a bad rating, because then the ratings are often used to directly relieve frustration. Every company should come up with a strategy to provoke reviews, but also to respond to them correctly.

6. Conclusion

The work showed to what extent eWOM can influence companies, to what extent one can react to it with marketing methods and how companies can deal with eWOM. In any case, companies should take eWOM seriously, record and analyze it. Once a product has received many positive reviews, it will automatically sell better in most cases. It is therefore particularly worth investing in marketing measures to improve eWOM. Marketing can specifically provoke eWOM, but it can hardly be controlled. Campaigns can be planned in such a way that they challenge positive reactions. If evaluations and reactions are successful, the company should pursue a reaction strategy that is adapted to the different platforms. If you upset the customers, negative reactions can also result. Therefore, eWOM only offers opportunities, but also risks for a company. Not only for customers, but also for the companies themselves, it can be difficult to see through manipulation of reviews. It is advisable for customers to check whether products or services have also been rated in other portals. It can also help if it is made visible whether the sales are verified. A rating system, in which it can be agreed whether a comment was helpful and helpful comments are displayed first, simplifies the process of rating evaluation for customers. All in all, it can be said that eWOM offers great opportunities for companies, which they should pay close attention to and which they can specifically promote through marketing.

References

1. Alaimo D. 87 % of shoppers now begin product searches online // Retail Dive, 2018. URL: https://www.retaildive.com/news/87-of-shoppers-now-begin-product-searches-online/530139/ (access date: 12.12.2019).

2. Anastasiei B., Dospinescu N. Electronic Word-of-Mouthfor Online Retailers: Predictorsof Volume and Valence, 2019 // ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/publication/330890037_Electronic_Word-of-Mouth_for_Online_Retailers_Predictors_of_Volume_and_Valence (access date: 15.12.2019).

3. Bughin J., Doogan J., Vetvik O.J. A new way to measure word-of-mouth marketing // McKinsey Quarterly. 2010. Issue 2. P. 113–116.

4. Ismagilova E., Dwivedi Y. K., Slade E., Williams M. D. Electronic Word of Mouth (eWOM) in the Marketing Context: A State of the Art Analysis and Future Directions. Basel: Springer International Publishing, 2017, 7, 13, 17, 20, P. 104–105.

5. Ismagilova E., Slade E. L., Rana N. P., Dwivedi Y. K. The Effect of Electronic Word of Mouth Communications on Intention to Buy: A Meta-Analysis // Information Systems Frontiers, 2019.

6. Kapoor P.S., Gunta S. Impact of Anonymity and identity deception on social media eWOM“ // Dwivedi Y.K. et al (eds.) Conference on e-Business, e-Services, and e-Society (I3E 2016). 13–15 September 2016, Swansea, UK. Basel: Springer International Publishing. P. 360–370.

7. Moran G., Muzellec L. eWOM credibility on social networking sites: A framework // Journal of Marketing Communications. 2014. Vol. 3. P. 149–161. DOI: 10.1080/13527266.2014.969756.

8. Simpson J. Finding Brand Success In The Digital World // Forbes, 2017. URL: https://www.forbes.com/sites/forbesagencycouncil/2017/08/25/finding-brand-success-in-the-digital-world/#564d5848626e (access date: 04.12.2019).

9. Thermomix, 2019. URL: https://thermomix.com/test-drive (access date: 15.12.2019).

УДК 330.1
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-240

Яковлева Елена Анатольевна[1],
д-р экон. наук, доцент, профессор;
Варшавская Валерия Вячеславовна[2],
аспирант;
Воронина Карина Александровна[3],
магистрант

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ РЕСУРСНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

[1, 2, 3] Санкт-Петербургский государственный экономический университет,
Санкт-Петербург, Россия,
[1] helen7199@gmail.com, [2] varshavskaya.v@mail.ru,
[3] voroninakarina99@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается анализ управления ресурсным потенциалом предприятия с помощью системного анализа на базе логико-лингвистического моделирования в целях увеличения финансовой устойчивости. Целью исследования является анализ и оценка ресурсного потенциала предприятия в

целях повышения финансовой устойчивости Результат работы заключается в выявлении проблемных ситуаций предприятия с помощью системного анализа и предоставления путей их решения.

Ключевые слова: потенциал, финансовая устойчивость, ресурсный потенциал предприятия, потенциал роста предприятия, инновационная активность, системный анализ, семантическая модель, семантическое моделирование, проблемные ситуации.

Elena A. Iakovleva [1],
Doctor of Economics, Professor;
Valeria V. Varshavskaya[2],
Graduate Student;
Karina A. Voronina [3],
Graduate Student

SYSTEM APPROACH TO MANAGEMENT OF RESOURCE POTENTIAL OF A PRODUCTION ENTERPRISE

[1, 2, 3] Saint Petersburg State University of Economics, St. Petersburg, Russia,
[1] helen7199@gmail.com, [2] varshavskaya.v@mail.ru,
[3] voroninakarina99@mail.ru

Abstract. The article discusses the analysis of enterprise resource potential management using system analysis based on logical-linguistic modeling in order to increase financial stability. The aim of the study is to analyze and evaluate the resource potential of the enterprise in order to increase financial stability. The result of the work is to identify problem situations of the enterprise with the help of system analysis and providing ways to solve them.

Keywords: potential, financial stability, enterprise resource potential, enterprise growth potential, innovative activity, system analysis, semantic model, semantic modeling, problem situations.

Введение

В современных условиях в эпоху цифровизации существовать без ресурсов и инноваций практически невозможно. Предприятия вкладывают колоссальные деньги в развитие и анализ своей деятельности для избегания проблемных ситуаций в ходе стратегии развития и успешной деятельности на рынке. Под потенциалом предприятия подразумевается бесперебойное функционирование предприятия и его равновесное состояние всех ресурсных комплексов и операционных процессов.

Практическая значимость работы заключается в оценке потенциала ООО «Промтрейд» и выработке практических рекомендаций по усовершенствованию деятельность предприятия с целью увеличения финансовой устойчивости предприятия и эффективности принятия управленческих решений.

Разработка методических основ управления предприятия на основе стратегического анализа

Управление предприятием – это сложная комплексная работа по принятию правильных управленческих решений. Где именно потенциал предприятия обеспечивает бесперебойную работу организации. Следовательно, необходимо определить какие риски и проблемные ситуации могут возникнуть у предприятия, препятствующие финансовой устойчивости предприятия, а также предложить пути их решения. Для разрешения проблемных ситуаций используются имитационные модели, построенные на основе логико-лингвистического моделирования. Данные модели позволяют выявлять риски и угрозы за счет идентификации проблемных ситуаций и выработке рационального влияния на проблему с помощью управленческого аппарат предприятия.

Рассмотрим систему управления предприятием с помощью семантической причинно-следственной модели, представленной на рисунке 1.

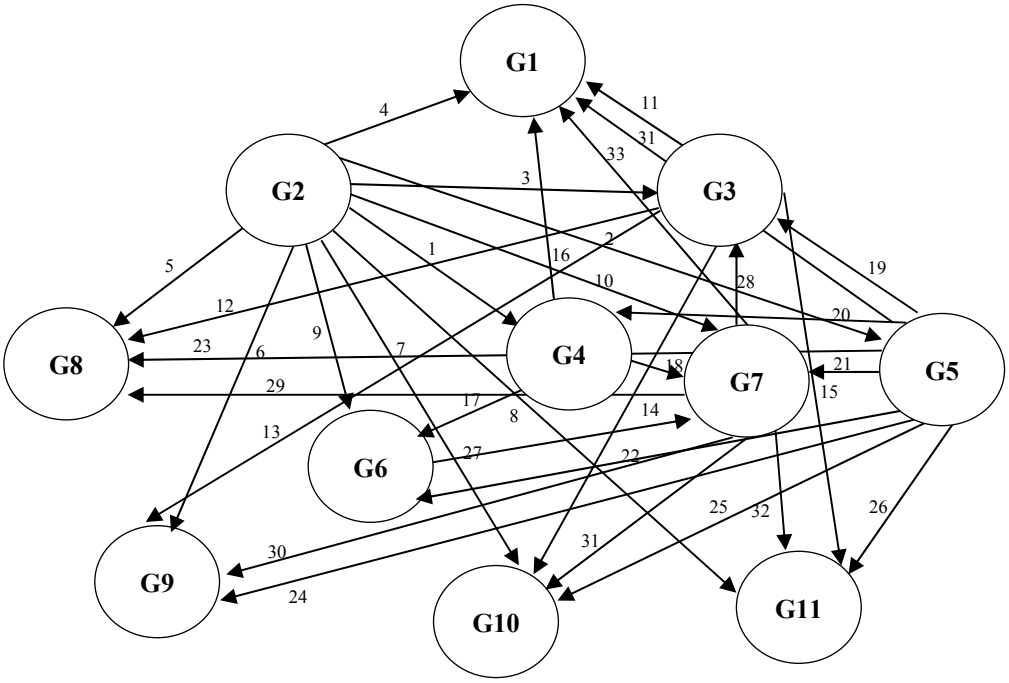


Рис. 1. Семантическая модель системы управления предприятием ООО «Промтрейд»

В таблице 1 представлены характеристики данной модели.

Рассмотрев цели и задачи объекта и субъекта управления предприятия, можно сделать вывод, что главная цель предприятия состоит в увеличении потенциала предприятия с целью увеличения финансового устойчивости.

Таблица 1

Элементы управления ООО «Промтрейд»

№ п/п	Элементарный объект (ЭО)	Характеристика
1	Кадры	— персонал предприятия; — умение работать с клиентами; — заключение договоров; — выполнения плана продаж; — привлечение клиентов;
3	ОПФ	— оборудование;
4	Финансы	— заёмные средства; — средства учредителей; — объем продаж; — налоги;
5	Валютный рынок	— курс иностранных валют; — курс рубля;
6	НТП	— соответствие разработок текущим тенденциям;
7	Акционеры	— решения стратегического характера;
8	Партнеры	— мониторинг качества продукции; — проверка технической документации; — бесперебойное функционирование производств партнеров;

Заключение

В современных условиях потенциал предприятия играет важную роль в успешном развитии компании и повышение финансовой устойчивости. Анализ управления потенциалом позволяет выявить слабые стороны в управлении организации и разработать пути их решения.

Для оценки потенциала предприятия был учтен не только ресурсный потенциал, но и потенциал роста, что дало возможность проанализировать возможность предприятия адаптироваться на изменение внутренней и внешней среды в кратчайшие сроки. Разработанные рекомендации позволят ООО «Промтрейд» улучшить результаты хозяйственной деятельности и повысить финансовую устойчивость, настроить коммуникации внутри предприятия, с партнерами и заказчиками, а также ускорить принятие управленческих решений.

Список литературы

1. Карлик А.Е., Кукор Б.Л., Дымковец И.А., Яковлева Е.А. Актуализация особенностей разработки системы стратегического управления экономикой России // Труды XX Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям (SCM’2017). 24–26 мая 2017 г., Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург, Россия. В 2 т. Т. 2. СПб.: Изд-во СПб. гос. Электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина). С. 303–306.

2. Кукор Б.Л Общие аспекты концепции системы стратегического управления регионом // Вестник Российской академии естественных наук. 2012. № 16(2). С. 104–106.

3. Кукор Б.Л., Клименков Г.В. Адаптивное управление промышленным комплексом региона: теория, методология, практика / Под общ. ред. Б.Л. Кукора. Екатеринбург – СПб.: Ин-т экономики УрО РАН, 2017. 305 с.

4. Яковлева Е.А., Платонов В.В., Карлик Е.М., Шарич Э.Э., Яковлева Д.Д. Эмпирическая модель систематизации финансовых показателей по функциям менеджмента как основа установления инновационного потенциала организации // Лидерство и менеджмент. 2019. Т. 6. № 2. С. 73–90.

5. Яковлева Е.А., Козловская Э.А., Бойко Ю.В. Оценка инновационного потенциала предприятия на основе стоимостного подхода // Вопросы инновационной экономики. 2018. Т. 8. № 2. С. 267–282.

6. Яковлева Е.А., Катермина Т.С., Шарич Э.Э., Яковлева Д.Д. Формирование потенциала финансовой системы для повышения инновационной активности // Вопросы инновационной экономики. 2019. Т. 9. № 2. С. 349–360.

УДК 004.8
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-241

Богучаров Владислав Алексеевич,
магистрант высшей школы киберфизических систем и управления

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ НЕПРЕРЫВНОГО ТИПА С ЦЕЛЬЮ МИНИМИЗАЦИИ ПОТЕРЬ ПРОИЗВОДСТВА

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия,
vladconquist@gmail.com

Аннотация. Непрерывные производства выражают высокий интерес к решениям, способным минимизировать потери полезных веществ в ходе некоторых технологических процессов. В данной работе предлагается использование нейросетевого подхода с целью создания интеллектуальной системы, способной предлагать наиболее подходящие режимы функционирования технологических установок. Данный подход позволяет решать задачи оптимизации технологического производства с целью максимизации прибыли и минимизации потерь вырабатываемых полезных веществ.

Ключевые слова: нейросетевой подход, интеллектуальный помощник, производства непрерывного типа, оптимизация, глубокое обучение, градиентный метод, интеллектуальный анализ данных, принятие решений.

Vladislav Bogucharov,
Master student of Higher School of Cyber-Physical Systems and Control

INTELLECTUAL SYSTEM DEVELOPMENT FOR CONTINUOUS TYPE PROCESSES IN ORDER TO MINIMIZE LOSS OF PRODUCTION

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia,
vladconquist@gmail.com

Abstract. Continuous production expresses a high interest in solutions that can minimize the loss of nutrients during certain technological processes. In this paper, the use of a neural network approach is proposed with the aim of creating an intelligent assistant capable of offering the most suitable modes of operation of technological installations. This approach allows to solve the problems of optimizing technological production in order to maximize profits and minimize losses of produced useful substances.

Keywords: neural network approach, intelligent assistant, continuous-type production, optimization, deep learning, gradient method, data mining, decision making.

В настоящее время конкурентоспособность диктует производителям выдавать продукцию высокого качества при наименьших затратах [1, 3]. Требования к процессам непрерывного типа только увеличиваются, а причинно-следственная связь производственных цепочек усложняется, вследствие чего характер процессов становится все более случайным и неопределенным.

Ответственным по принятию решений относительно ведения технологического процесса в большинстве случаев является оператор, который руководствуется исключительно своими знаниями и опытом. Однако, стоит понимать, что привязка к опыту затрудняет замену высококвалифицированного специалиста, поскольку различия в квалификации могут влиять не только на производительность, но и на прибыль компании [6]. В связи с этим особую значимость приобретает способность искусственного интеллекта обобщать опыт исторических событий и в качестве интеллектуального помощника выдавать рекомендации по ведению технологического процесса на основе полученного опыта.

Данная задача может быть описана с помощью математического аппарата, где необходимо найти совокупность значений:

$$x = \{x_1, x_2, \dots, x_p\}, \tag{1}$$

при которых должен достигаться максимум функции $f(x): R^p \to R$, т. е. необходимо определить:

$$f(x) \to \max_{x \in R^p}, \tag{2}$$

где p – это количество оптимизируемых параметров;

$f(x)$ – это некоторая функция, способная прогнозировать отношение количества поступающего сырья к массе получившегося продукта.

Искомой совокупностью значений являются ключевые параметры некоторого технологического процесса. Например, в производстве сахара из свекловицы искомой совокупностью x могут являться значения температур в технологической установке, скорость поступающего сырья, pH подаваемых вод и многие другие ключевые параметры [4]. Нахождение идеальных значений для указанных параметров означало бы то, что $f(x)=1$, т. е. абсолютное исключение потерь в ходе технологического процесса.

Задача осложняется тем, что производители часто не обладают знаниями о том, что собой представляет функция $f(x)$, вследствие чего предлагается применение нейросетевого подхода для создания модели $\hat{f}(x)$ исходной функции $f(x)$, которая должна с высокой степенью точности вычислять целевое отношение по заданным входным параметрам.

Поскольку решается задача регрессии, степень точности модели $\hat{f}(x)$ может быть оценена в соответствии со среднеквадратичной ошибкой:

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(\hat{f}(x_i) - f(x_i))^2. \qquad (3)$$

Начальным этапом построения модели $\hat{f}(x)$ является интеллектуальный анализ имеющихся данных. Эта процедура является одной из важнейших, поскольку без нее имеется высокая вероятность того, что модель обучится по недостоверным данным.

Одним из способов уменьшения влияния недостоверных данных является анализ графиков изменения ключевых параметров во времени. Совместный выход нескольких параметров за пределы технологических режимов может означать, что производство было вынуждено остановиться в рассматриваемый момент времени, например, в связи с отключением электроэнергии или поломкой оборудования. Данные периоды подлежат исключению из анализа, поскольку они не являются наблюдениями, описывающими интересующий технологический процесс.

Помимо анализа графиков изменения во времени следует обратить внимание на гистограммы, отображающие наиболее характерные режимы работ исследуемых параметров. Такой анализ позволяет выявить параметры, которые были неисправны в ходе предоставленного периода времени. Сигналом неисправности может служить отсутствие распределения показаний параметра или факт того, что его среднее значение за историю наблюдений было меньше нуля. Если не исключить данные па-

раметры, то модель $\hat{f}(x)$ может выявить ложные зависимости между поступающим сырьем и получаемым продуктом.

Поскольку на технологических установках присутствует множество похожих по своим функциям сенсоров, то очевидно, что их показания также будут схожими. Для получения нейросетевой модели $\hat{f}(x)$ будет достаточного одного из них, поскольку другие объекты являются коллинеарными к выбранному при высоком абсолютном коэффициенте корреляции. Коллинеарные объекты не рекомендуется использовать для нейросетевых моделей, поскольку они могут внести избыточность в функцию путем добавления локальных минимумов или максимумов.

Для вычисления коэффициента корреляции между парой величин u и v используется формула Пирсона:

$$r_{uv} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(u_i - \bar{u})(v_i - \bar{v})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(u_i - \bar{u})2}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(v_i - \bar{v})2}}, \quad (4)$$

где r_{uv} – вычисляемый коэффициент корреляции; n – размер выборки.

После того, как были исключены и аварийные периоды производства, и производен отбор информативных параметров, следует выполнить фильтрацию аномальных показаний среди рассматриваемых объектов. Для данной процедуры может быть использовано правило интерквартильного размаха [5].

Квартили в данном случае – это процентили, которые делят набор данных на четверти. Интерквартильный размах (IQR) – это число, которое показывается разброс средней половины набора данных, т. е. разница между третьим (Q_3) и первым (Q_1) квартилем.

Правило интерквартильного размаха предполагает, что показания по какому-либо объекту сгруппированы вокруг некоторого центрального значения. Тем самым IQR помогает определить, насколько велик данный разброс вокруг центрального значения объекта, а также то, как далеко разбросаны другие.

Если наблюдение меньше $Q_1 - 1.5 * IQR$ или больше $Q_3 + 1.5 * IQR$, оно считается далеким от центральных значений и классифицируется, как выброс. Графически применение метода представлено на рисунке 1.

После выполнения вышеуказанных шагов интеллектуального анализа гарантировано, что модель будет обучена на достоверных данных, и ее результаты не исказятся.

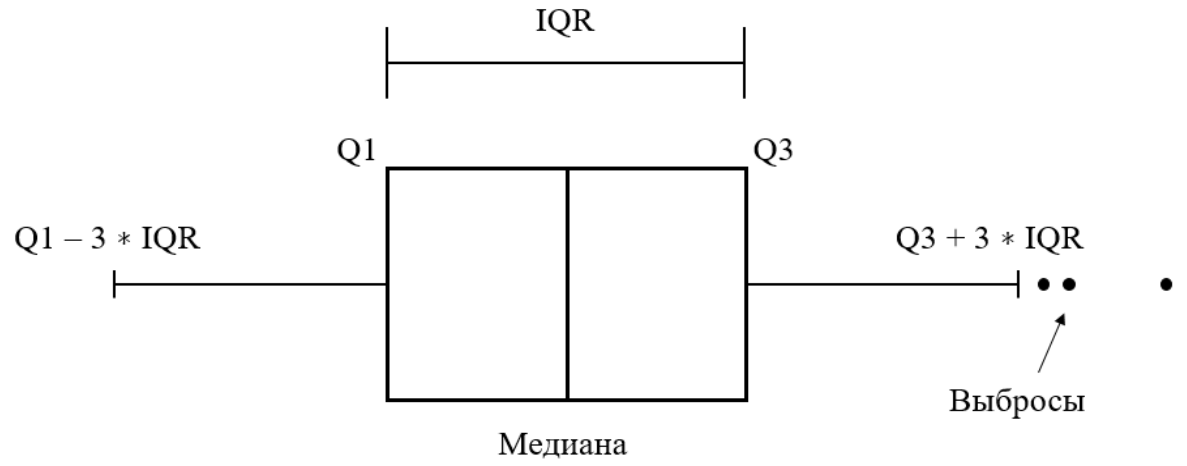


Рис. 1. Схематическое представление поиска выбросов
с помощью интерквартильного размаха

В качестве инструментов разработки модели $\hat{f}(x)$ могут быть использованы язык программирования Python и нейросетевая библиотека Keras. Данный инструментарий позволяет создать нейросетевую модель с любой желаемой архитектурой. Однако, стоит помнить, что для нахождения комбинации оптимальных параметров, необходимо достигнуть глобального экстремума нейросетевой функции, и чем их будет меньше, тем легче и быстрее происходит поиск [2]. Тем самым для избегания избыточной сложности нейросетевой функции, а также исключения вероятности переобучения модели, не рекомендуется проектировать сложную архитектуру для искомой $\hat{f}(x)$.

Получив нейросетевую функцию $\hat{f}(x)$ можно приступать к поиску оптимальной комбинации параметров, которые максимизировали бы значение данной функции при некоторых входных параметрах.

Алгоритм поиска может быть описан следующими шагами:

1. Выбирается градиентный шаг a, а также критерий остановки поиска искомой комбинации, например, количество итераций поиска. При вычислении частных производных по исследуемым параметрам на компьютере бесконечно малое $h \to -\infty$ заменяется на малое, но конечное значение.

2. Вычисляется начальное значение нейросетевой функции $\hat{f}(x)$ относительно некоторого наблюдения.

3. К исследуемым параметрам добавляется малое h и вычисляется новое значение нейросетевой функции $\hat{f}(x+h)$. После чего получаем вектор частных производных:

$$\theta = \frac{\hat{f}(x+h) - \hat{f}(x)}{h} \quad (5)$$

4. Производится шаг в сторону градиента для получения обновленных показаний, приближенных к оптимальным:

$$x' = x + a\theta \quad (6)$$

5. Проверяется, не выходит ли какое-либо из значений исследуемых параметров за технологические режимы процесса. Если нет, продолжаем итерации до тех пор, пока не будет выполнен критерий остановки.

По итогу выполнения алгоритма получаем искомую комбинацию $x = \{x_1, x_2, \ldots, x_p\}$, которую необходимо порекомендовать оператору технологического процесса.

Таким образом, в данной работе было развито применение нейросетевых методов на непрерывные производства. Очевидно, что накапливаемые данные некоторой технологической установки представляют ценность, и описанный подход дает возможность использовать имеющиеся показания с целью максимизации прибыли производства и минимизации потерь полезных веществ. Опираясь только на опыт прошлых событий и не имея субъективности принятия решений, разработанная модель может выступать в роли надежного интеллектуального помощника, который будет полезен как новым сотрудникам, так и для корректировки решений опытных работников.

Список литературы

1. Минько Э.В., Минько А.Э., Смирнов В.П. Качество и конкурентоспособность продукции и процессов: Учебное пособие. СПб.: СПбГУАП, 2005. 240 с.

2. Николенко С., Кадурин А., Архангельская Е. Глубокое обучение. СПб.: Питер, 2020. 480 с.

3. Нуретдинова Ю.В., Степанова В.А., Бояркина А.А. Качество продукции как основа конкурентоспособности предприятия // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2018. № 5–2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kachestvo-produktsii-kak-osnova-konkurentosposobnosti-predpriyatiya (дата обращения: 25.05.2020).

4. Силин П.М. Технология сахара. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Пищевая промышленность, 1967. 625 с.

5. Шмойлова Р.А., Минашкин В.Г., Садовникова Н.А. Практикум по теории статистики. 3-е изд. М: Финансы и статистика, 2011. 416 с.

6. Huang S.H., Zhang H.C. Artificial Neural Networks in Manufacturing: Concepts, Applications, and Perspectives // IEEE Transactions on Components, Packaging, and Manufacturing Technology. 1994. Part A, 17. P. 212-228. DOI: 10.1109/95.296402.

УДК 330.1
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-242

Афанасьева Мария Игоревна,
магистрант, бакалавр

МОДЕЛЬ ИЗБИРАТЕЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В РАЙОННОЙ АДМИНИСТРАЦИИ

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия,
afanasieva.mi@edu.spbstu.ru

Аннотация. В данной работе ставилась цель разработать систему избирательного распределения входящей информации в районной Администрации. В работе применены методы структуризации и метод организации сложных экспертиз, основанный на использовании информационных оценок А.А. Денисова. Экспериментальное исследование проводилось на основе информационной системы Администрации Калининского района города Санкт-Петербурга.

Ключевые слова: администрация, информационный комплекс, обработка данных, распределение информации, информационные оценки, системный анализ.

Maria I. Afanasyeva,
Master student, BSc

MODEL OF SELECTIVE DISSEMINATION OF INFORMATION IN THE DISTRICT ADMINISTRATION

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia,
afanasieva.mi@edu.spbstu.ru

Abstract. The aim of the study is to develop a system of selective dissemination of incoming information in the District Administration. The methods of structuring and the method of organizing complex examination based on the Denisov's informational assessments are used in this work. The experimental study is based on the information system of the Administration of the Kalinin district of St. Petersburg.

Keywords: administration, information complex, data processing, dissemination, informational assessments, system analysis.

Введение

Одним из видов информационного обслуживания в системах управления является избирательное распределение информации (ИРИ). Этот вид облуживания был предложен в теории научно-технической информации [3, 6] и первоначально был реализован отраслевыми центрами научно-технической и технико-экономической информации в виде подготовки и распространения обзорных, сигнальных и экспресс-информаций,

а в научно-производственных объединениях – в форме периодических выставок поступающих источников информации и организации обратной связи с подразделениями с помощью информаторов, функции которых обычно поручались молодым специалистам. В некоторых организациях была начата автоматизация этого вида информационного обслуживания. Например, в Научно-исследовательском институте проблем высшей школы (НИИ ВШ) автоматизированная система ИРИ была реализована с использованием индексирования поступающих документов (предложений для включения в координационный план, отчетов по выполненным работам, материалов конференций и совещания по проблемам высшей школы и т. п. документов) номеров проблем и тем координационного плана [4]. Автоматизированная система осуществляла инвертирование на основе сопоставления структуры координационного плана и индексов тем, выполняемых соответствующими отделами, в результате чего отделам НИИ представлялись только те документы, которые соответствовали тематике отдела.

Этот опыт предлагается использовать при распределении поступающих документов (постановлений, приказов, информации о происшествиях на территории района и т. п.) по подразделениям Администрации, обеспечивающей управление районом города с учетом обязанностей соответствующих подразделений.

Работа проводится на примере Администрации Калининского района города Санкт-Петербурга, которая является постоянно действующим исполнительным органом государственной власти [8]. Каждый день Администрация получает большое количество вопросов, предложений, приказов, жалоб и других различных документов в электронном формате, которые рассматриваются различными отделами в соответствии с их назначениями, требующие своевременного ответа. Для этого необходима качественная проверка и анализ входящих документов.

Поэтому целью данной работы является исследование и разработка системы избирательного распределения информации на основе разработки алгоритмов по сбору, хранению, обработке и распределению информации по отделам районной Администрации Калининского района.

Для обеспечения поставленной цели необходима автоматизированная система избирательного распределения информации, которая будет анализировать входящие документы, и распределять их в нужный отдел.

1. Постановка задачи

На рисунке 1. приведен принцип распределения документов. Здесь *с*труктурные единицы se_j – подразделения Администрации, которым перенаправляют d_i – входящие документы. Перенаправление документов осуществляется на основе индексирования документов в соответствии с их видом и назначением.

Индексы (на рис. 1 – над документами) определяют лица, которые проводят анализ содержания документов и определяют, в какой отдел (отделы) нужно его направить.

Формализовано задачу можно представить следующим образом:

$$<se_j> \ \psi \ <d_i>,$$
$$se_j \in \text{STR} \quad d_i \in D$$

где: ψ – сложный функционал, который описывает совокупность методов структуризации целей, условий, методов и технологий, которые помогут в реализации структуры; se_j – подразделения Администрации; STR – структура администрации; d_i – входящие документы.

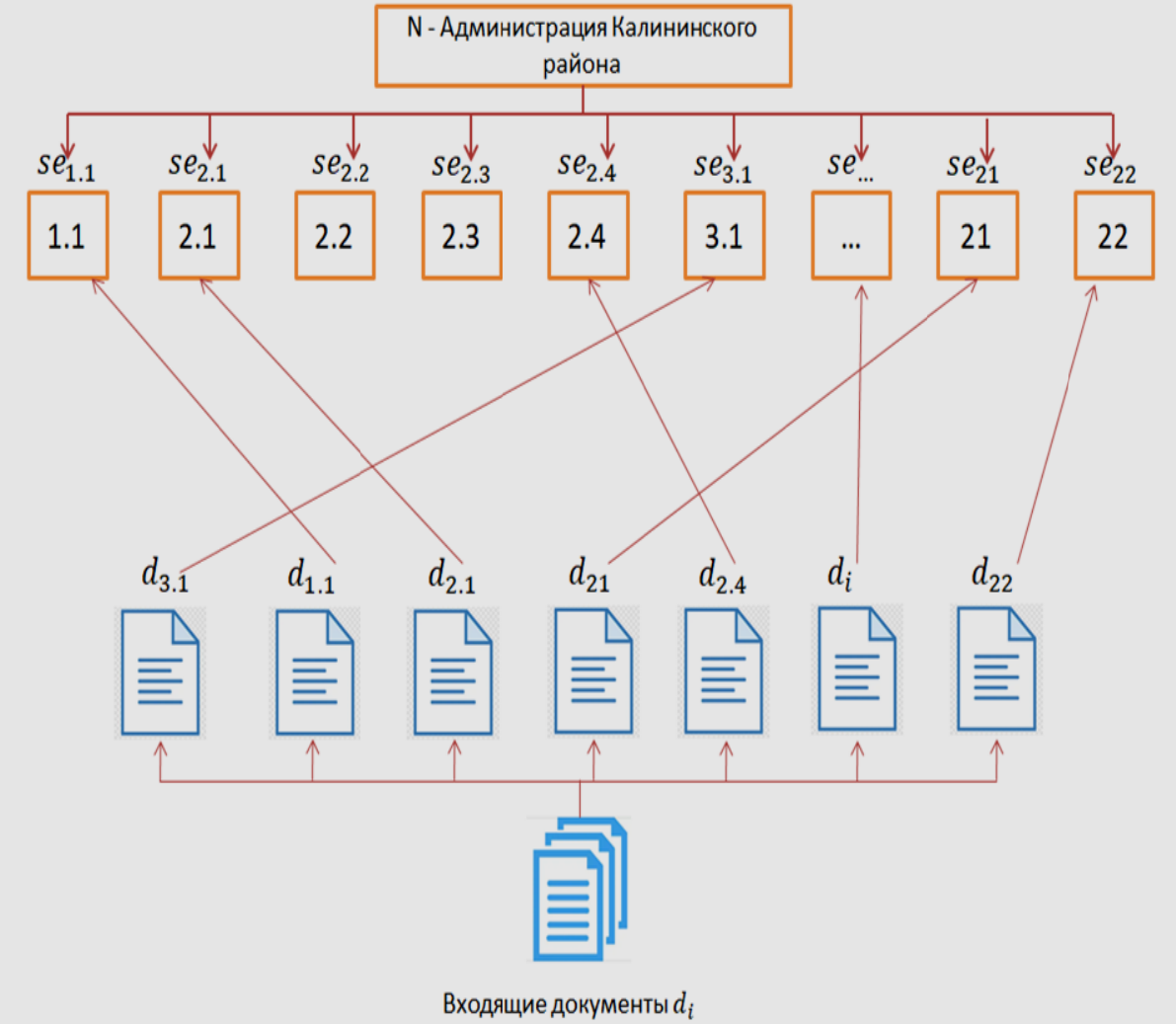


Рис. 1. Модель распределения документов

Для реализации поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1) провести анализ действующей организационной структуры Администрации;

2) провести анализ используемых массивов и баз данных Администрации;

3) определить основные виды входящих документов;

4) определить, по каким характеристикам будет реализовываться распределение входящих документов по отделениям Администрации;

5) разработать многоуровневую структуру информационной системы;

6) выполнить анализ программных продуктов для формирования информационных массивов;

7) разработать конкретную схему системы избирательного распределения входящей информации для привязки ее к организационным структурам Администрации;

8) реализовать обратную связь.

В данной статье представлено начала работы по созданию информационной системы ИРИ:

1) определение назначения входящих документов (по индексам) – обработка информации;

2) распределение входящих документов по отделам, которые отвечают содержанию документов;

3) представление информации на веб-сайте Администрации в зависимости от ее приоритета.

Поставлена задача определения приоритетности документов. Для этого разработана модель оценки их значимости для задач, выполняемых подразделениями.

2. Оценка значимости распределяемых документов

Для оценки значимости распределяемых документов применяется метод организации сложных экспертиз, основанный на использовании информационных оценок А.А. Денисова [5].

Для рассматриваемой задачи интерпретируем информационную оценку А.А. Денисова следующим образом: p_i' – вероятность значимости входящих документов для соответствующего отдела, определяемая лицами, распределяющими входные документы по подразделения (вв подразделения направляются документы, получившие значения p_i' в пределах от 0,7 до 0,99; q_i – оценка фактической значимости документов, определяемая отделами (оценки q имеют значения от 0 до 1). Далее с учетом этих двух оценок находим общую значимость каждого документа H_i:

$$H_i = - q_i \log(1 - p_i'). \quad (1)$$

Просуммировав H_i в соответствии с видом документа, определим общее влияние каждого входящего документ H_j:

$$H_j = \sum_i H_i \, . \quad (2)$$

Алгоритм процесса оценки значимости представлен на рисунке 2.

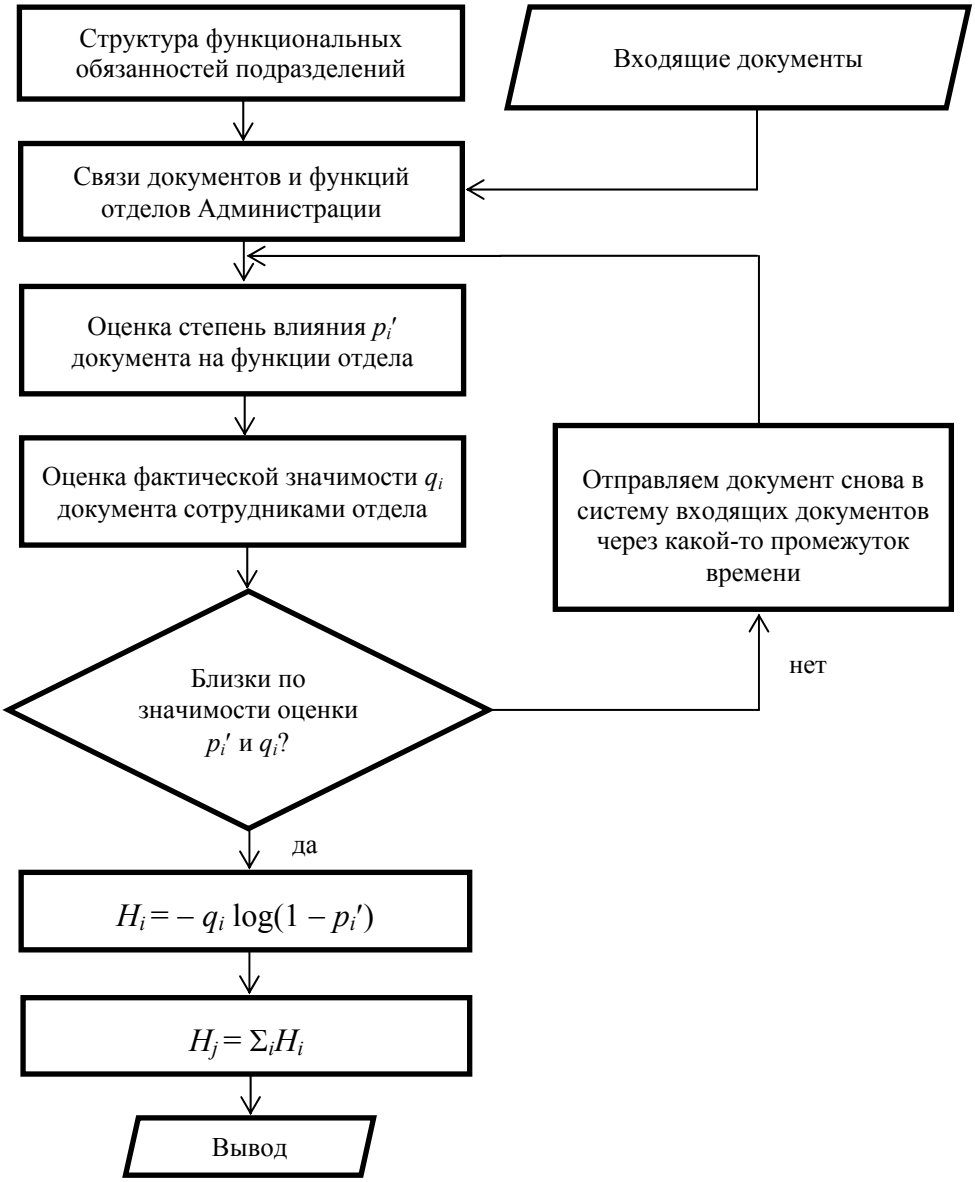


Рис. 2. Алгоритм реализации метода организации сложных экспертиз с использованием информационных оценок А.А. Денисова

Первоначальная реализация алгоритма иллюстрирована на рисунке 3 на примере распределения документов в соответствии с их видом: приказы, распоряжения, постановления, обращения и предложения. Сложность модели иллюстрирована рисунком 3. Для расчета существуют автоматизированные процедуры [1, 2, 7]. Однако планируется разработать автоматизированную процедуру с более удобным интерфейсом для рассматриваемой задачи.

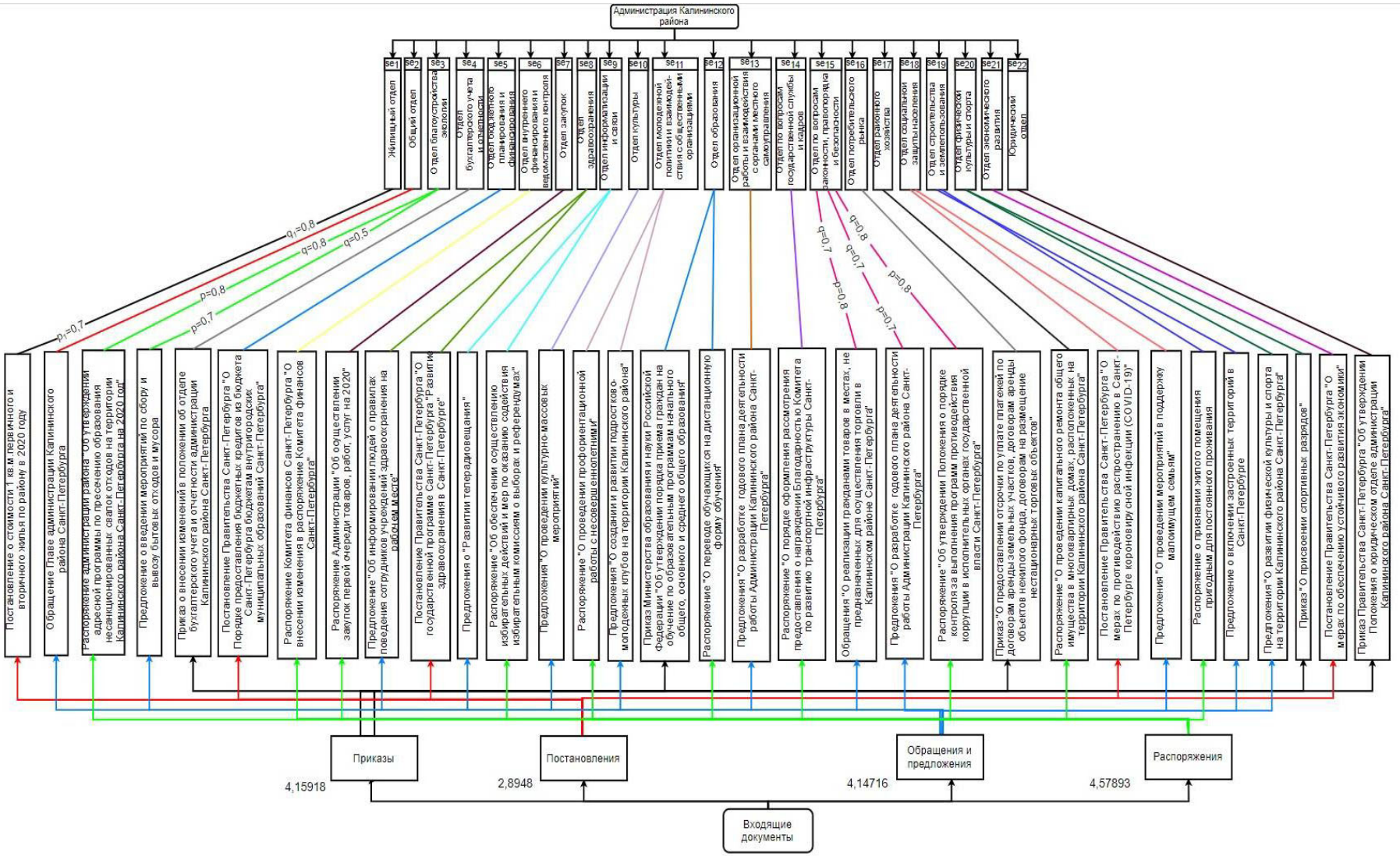


Рис. 3. Модель организации сложных экспертиз, основанная на использовании информационных оценок

Результаты оценки представляются в виде гистограмм (пример приведен на рис. 4).

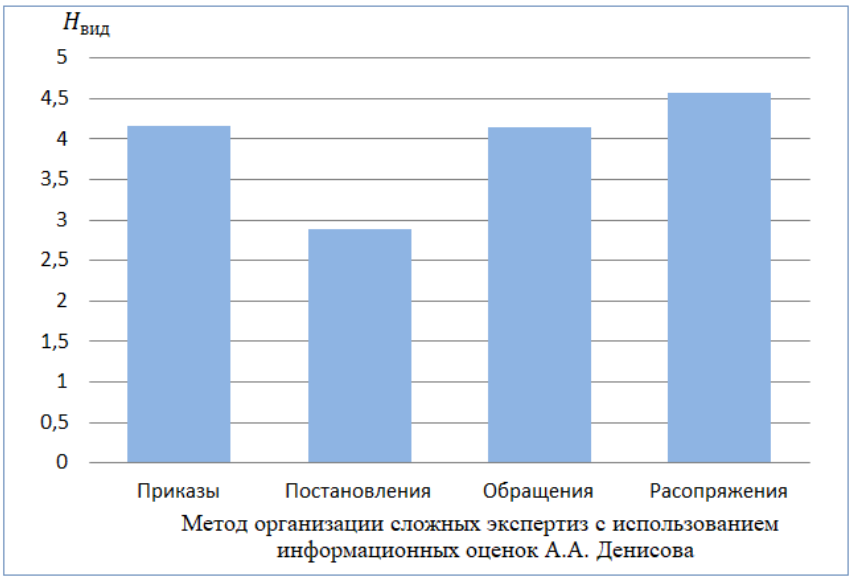


Рис. 4. Гистограммы оценок значимости входящих документов

Исходя из результатов вычислений, приведенных на рисунке 4, видно, что документы всех видов имеют примерно равнозначные оценки кроме постановлений. Значимость постановлений оценивают в 1,3 ниже, чем значимость приказов, распоряжений, обращений и предложений.

Стоит заметить, что цикличность оценивания документов через определенный промежуток времени позволяет оценивать документы в зависимости от изменений в структуре Администрации.

Заключение

Метод организации сложных экспертиз с использованием информационных оценок А.А. Денисова позволяет дать более точную оценку каждому документу, так как каждый отдельный документ рассматривается не зависимо от других и имеет обратную связь оценки от отделов. Данный метод удобен в своем использовании тем, что значимость каждого документа будет рассчитываться с учетом оценок лиц, распределяющих документы (предварительная оценка p_i') и лиц, использующих документы в отделах (q_i).

При использовании данного метода процесс передачи оценок документов может повторяться в зависимости от возможных изменений в течение какого-то времени, что делает систему более эффективной.

Полученные результаты позволяют решить одну из поставленных задач – обосновать представление информации на веб-сайте Администрации в зависимости от ее приоритета.

В дальнейшем необходимо провести корректировку существующих структуры баз данных районной Администрации и создать по необходимости новые.

Кроме того, все входящие документы должны индексироваться в соответствии не только с их назначением, но и с содержанием. Поэтому необходима автоматизация индексирования документов и разработка для этого информационно-поискового языка, основанного на определении ключевых слов, отображающих функции соответствующих подразделений и индексирования входящих документов с использованием этого информационно-поискового языка.

Список литературы

1. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем и системный анализ. М.: Юрайт, 2010. 679 с.

2. Волкова В.Н., Денисов А.А. Методы организации сложных экспертиз: учеб. пособие. Изд. 3-е, перераб. и дополн. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2010. 128 с.

3. Волкова В.Н. Теория информационных процессов и систем: 2-е изд. СПб.: Изд-во Юрайт, 2018. 432 с.

4. Волкова В.Н., Романкова Л.И. НИИ высшего образования – 30 лет: Секреты организации научных исследований / Под ред. А.Я. Савельева. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2004. 160 с.

5. Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: Учебник. Изд. 3-е, перераб. и дополн. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. 304 с.

6. Михайлов А.И., Черный А.И., Гиляревский Р.С. Основы информатики. М.: Наука, 1976.

7. Моделирование систем и процессов: Практикум / Под ред. В.Н. Волковой. М.: Изд-во Юрайт, 2016. 295 с.

8. Администрация Калининского района Санкт-Петербурга: Официальный сайт. URL: https://www.gov.spb.ru/gov/terr/reg_kalinin (дата обращения 02.05.2020).

УДК 007
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-243

Бочарова Анна Андреевна,
магистрант, бакалавр

ИНФОРМАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС РАЙОННОЙ АДМИНИСТРАЦИИ ДЛЯ ИНФОРМИРОВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия,
Bocharova.anna.a@mail.ru

Аннотация. Актуальность проблемы информирования населения на данный момент неоспорима, ввиду быстрого роста и изменения технологий, информационные ресурсы оказывают огромное влияние на социальное и экономическое развитие района. Поэтому в статье предлагается создание

информационного комплекса для информирования населения, что поможет улучшить качество работы и повысить уровень доверия населения.

Ключевые слова: информационный комплекс, информирование населения, ретроспективный поиск, инициативное обслуживание, адвокация.

Anna A. Bocharova,
Master Student, BSc

INFORMATION OF THE DISTRICT ADMINISTRATION COMPLEX FOR INFORMING THE POPULATION

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia,
Bocharova.anna.a@mail.ru

Abstract. The urgency of the problem of informing the population at the moment is undeniable, due to the fast growth and changes in technologies, information resources have a huge impact on the social and economic development of the district, so the creation of an information complex for informing the population will help improve the quality of work and increase the level of trust of the population.

Keywords: information complex, informing of the population, retrospective search, initiative service, advocacy.

Введение

В настоящее время информационные ресурсы оказывают огромное влияние на социальное и экономическое развитие всего мира, отдельных стран и регионов. В наше время каждая организация имеет дело с большим объемом информации, которую необходимо структурировать и донести до пользователей.

Администрация Калининского района г. Санкт-Петербурга является постоянно действующим исполнительным органом государственной власти. Работа администрации подразумевает выполнение множества функций по управлению деятельностью района.

Целью статьи является исследование и разработка информационного комплекса районной Администрации для информирования населения района. Для достижения поставленной цели проводится сравнительный анализ видов обслуживания (ретроспективный поиск, инициативное обслуживание, адвокатирование) и выбор более подходящего вида обслуживания.

1. Формализованная постановка задачи

Для решения поставленной задачи необходимо:

1. Провести структуризацию целей $Z = \{z_1, ..., z_n\}$ и функций $F = \{f_1, ..., f_k\}$ системы управления районом.

2. Провести анализ организационной структуры Администрации.

3. Сформировать структуру направлений информирования населения.

4. Определить основные виды информационного обслуживания и выбрать способы работы с источниками информации.

5. Разработать модель для оценки степени соответствия видов информационного обслуживания потребностям населения.

2. Формирование структуры направлений информационного обслуживания населения

Направления информационного обслуживания населения формируются на основе анализа целей и функций (ЦФ) управления районом и структуры Администрации.

Первоначально основной формой представления структуры ЦФ была древовидная иерархическая структура, разработанная в 1990-е годы [3, с. 545–547], Затем – в виде многоуровневой структуры [19].

Структура ЦФ формировалась на основе применения методик структуризации [3, 10 и др.].

Структура Администрации включает департаменты и отделы, обеспечивающие контроль и выработку управляющих воздействий по основным направлениям деятельности района: экономика, включая управление арендой помещений, бюджетом, развитием малого и среднего предпринимательства; социальное развитие, включая образование, культуру, спорт, молодежную политику; районное хозяйство: коммунальное, дорожно-транспортное связь, электроснабжение, утилизация; здравоохранение; правопорядок.

Из всего выше перечисленного можно выделить основные направления, требующие особого внимания населения, это социальное развитие, экономика и жизнеобеспечение района.

В результате на основе структуризации и анализа целей и функций системы управления, структуры Администрации и анализа предшествующих запросов населения сформирована структура потребностей населения, приведенная в верхней части рисунка 1.

3. Способы информационного обслуживания

В теории научно-технической информации [4, 7] сформировались различные виды информационного обслуживания потребителей, основными из которых являются:

а) ретроспективный поиск информации – информационный поиск, проводимый во всем накопленном массиве документов или фактов по запросам, соответствующим тематике и виду информационного массива.

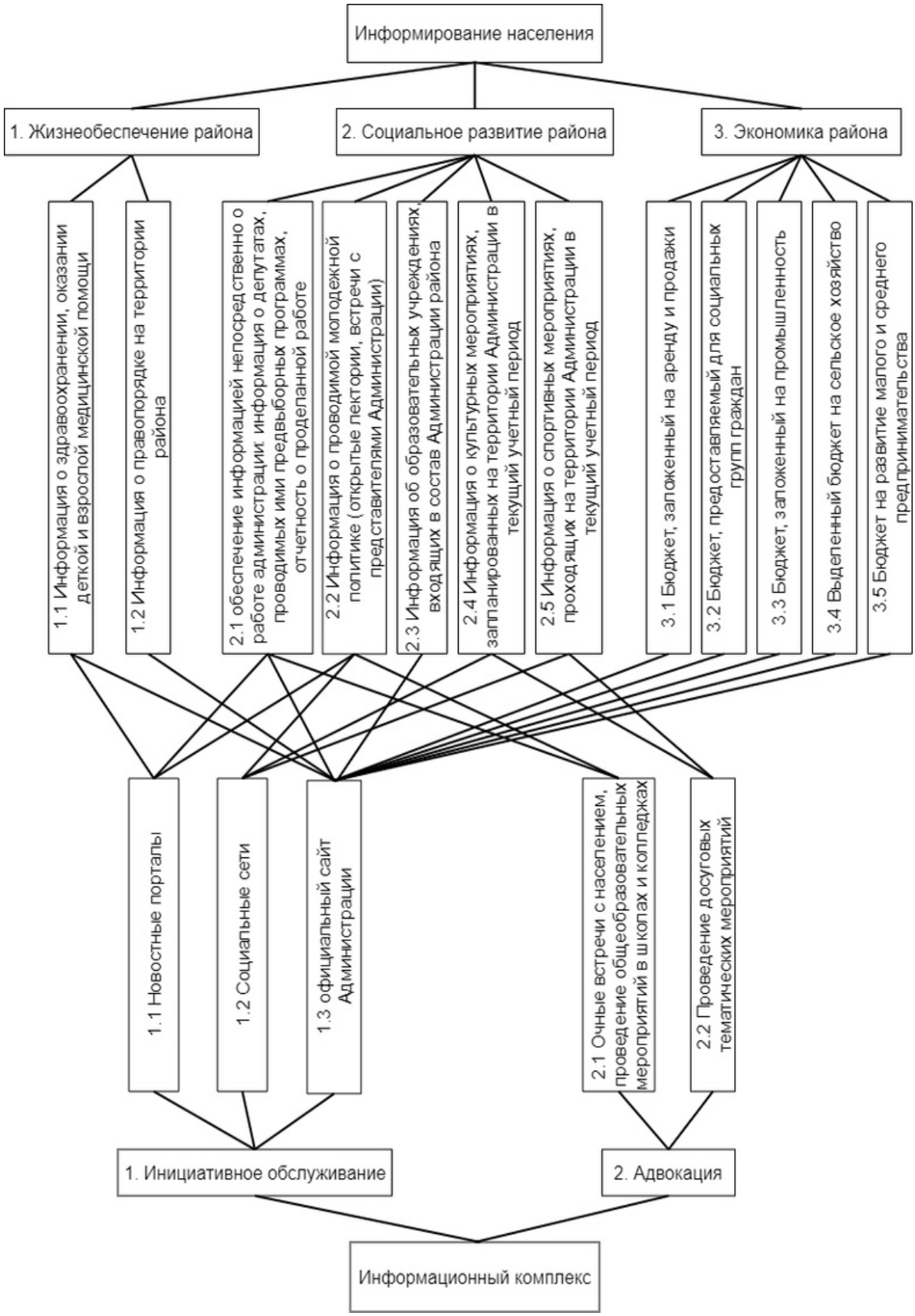


Рис. 1. Модель для оценки степени соответствия видов информационного обслуживания потребностям населения

Мы живем в эпоху быстрого роста и распространения новых технологий, когда каждый будущий день приносит обновленную информацию, особенно важно развивать способность к быстрому реагированию и внедрению технологий. Если рассмотреть применение такого способа для нашей задачи – информирование населения, то очевидно, что применение какого-либо требования к поиску информации представляется практически невозможным, ввиду огромных массивов накопленной информации, которая хранится на различных носителях, в различных формах и подразделениях Администрации.

б) избирательное распределение информации (ИРИ) – один из современных и эффективных видов информационного обслуживания потребителей. ИРИ – это распространение вновь появившейся в соответствии с постоянными информационными потребностями пользователей, определяемыми на основе их служебных обязанностей. Основная цель ИРИ – содействие поддержанию знаний ученых и специалистов на современном уровне, создание предпосылок для постановки новых научно-технических задач и их эффективного решения с учетом достижений отечественной и зарубежной науки, техники, технологии.

Система ИРИ должна отвечать следующим требованиям: максимальная полнота доводимой до абонентов информации, краткое раскрытие содержания документа, оперативность и регулярность доведения информации, наличие постоянно действующей обратной связи с абонентами.

При решении поставленной задачи информирования населения понятно, что информирование индивидуальных потребителей практически нереализуемо. Можно было бы провести большую работу по определению групп населения, выявлению их потребностей. Но в современных условиях активного развития информационно-коммуникационных технологий социальный климат и потребности групп населения непрерывно изменяются, и для проведения такой работы нужно создавать специальную организацию.

в) инициативное информационное обслуживание (ИОб) предложено в созданных службах оказания гос. услуг населению. Этот вид обслуживания может быть использован как некоторый аналог ИРИ, но по запросу со стороны пользователя, и реализуется службами оказания госуслуг по разрабатываемым регламентам [11].

г) адвокация или адвокатирование. Адвокация (англ. advocacy) [1] – термин из практики общественных организаций, означающий регулярную деятельность или кампанию, направленную на представительство и защиту прав и интересов определённой социальной группы или темы, продвижение общественных интересов в органах

власти. Обычно для массовости кампании охватывают сразу несколько социальных групп, у которых имеются общие интересы. Объектом воздействия кампаний являются государственные учреждения (организации). Важная идея: в эпоху цифровых технологий и сетей адвокация – это не просто влияние на общественную политику, но и главным образом влияние на общественное мнение. В настоящее время эта форма обслуживания активно исследуется применительно к научно-технической информации [2, 5].

4. Способ работы и источники информации

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод, что для рассматриваемой в нашей работе Администрации наиболее подходящими способами работы с информацией будет инициативное обслуживание и адвокатирование, так как данный вид работы с информацией используется для изменения политики и практических подходов, реформации учреждений, изменения соотношения сил, взглядов и отношений высших органов власти.

Для ответов на запросы населения в режиме инициативного обслуживания основным источником будем считать информационные массивы Администрации (предназначенные для открытого доступа), интернет ресурсы, такие как официальный сайт Администрации, новостные порталы, соц. сети.

Полная и актуально обновляющаяся информация должна отображаться на официальном сайте, также сайт должен содержать разделы, сообщающие о дополнительных или альтернативных способах получения информации.

Новостные порталы быстро и качественно распространяют важную информацию, сотрудничество с ними повысит скорость получения актуальной информации.

Социальные сети больше подходят для молодых слоев населения, для них привычнее и достовернее информация находящаяся там, возможность комментировать и делиться мнениями повышает интерес к данной теме.

Для адвокации формами представления могут уличные стенды, новостные сайты, но в настоящее время основными формами являются очные встречи с населением, проведение общеобразовательных мероприятий в школах и колледжах, проведение досуговых тематических мероприятий. Это поможет своевременно рассказывать молодым слоям населения о проблемах или будущих изменениях в административной системе.

5. Модель для оценки и выбора видов информационного обслуживания населения

Для выбора вида информационного обслуживания предлагается модель, основанная на сопоставлении потребностей населения и видов информационного обслуживания (рис. 1) и оценке степени целесоответствия видов обслуживания.

Будем оценивать влияние того или иного модуля на реализацию цели.

Для этого применим метод организации сложной экспертизы, основанный на информационной теории А.А. Денисова [6].

В предлагаемой на основе этой теории оценке учитывается два критерия [3, 4, 10]:

$$H_i = - q_i \log (1 - p_i'),$$

где p_i' – степень влияния вида информационного обслуживания с использованием соответствующего источника информации на реализацию потребности, на которую этот вид влияет (см. связи на рис. 1); p_i' – оценивается в диапазоне от 0 до 0,99;

q_i – вероятность обращения к этому виду обслуживания со стороны пользователя; может быть оценена как число фактических обращений в течении какого-то периода, в течении которого проводится исследование обращений граждан.

Вначале сотрудники соответствующих подразделений на основе предшествующего опыта оценивают p_i' оценки H_i вычисляются по формуле:

$$H_i = - \log (1 - p_i'),$$

А в последующем эти оценки уточняются на основе числа фактических обращений граждан.

Результаты экспериментального исследования приведены в виде гистограмм на рисунке 2.

По суммарной оценке инициативное обслуживание является более предпочтительным, чем адвокатирование. Это можно объяснить тем, что в настоящее время адвокация используется в форме очных собраний, и чаще только в период избирательных кампаний, не используются современные технологии (интерактивных стендов, дополненной реальности и т. п.), с помощью которых можно активизировать пропаганду соответствующей информации, полезной для организации процессов принятия решений в районе.

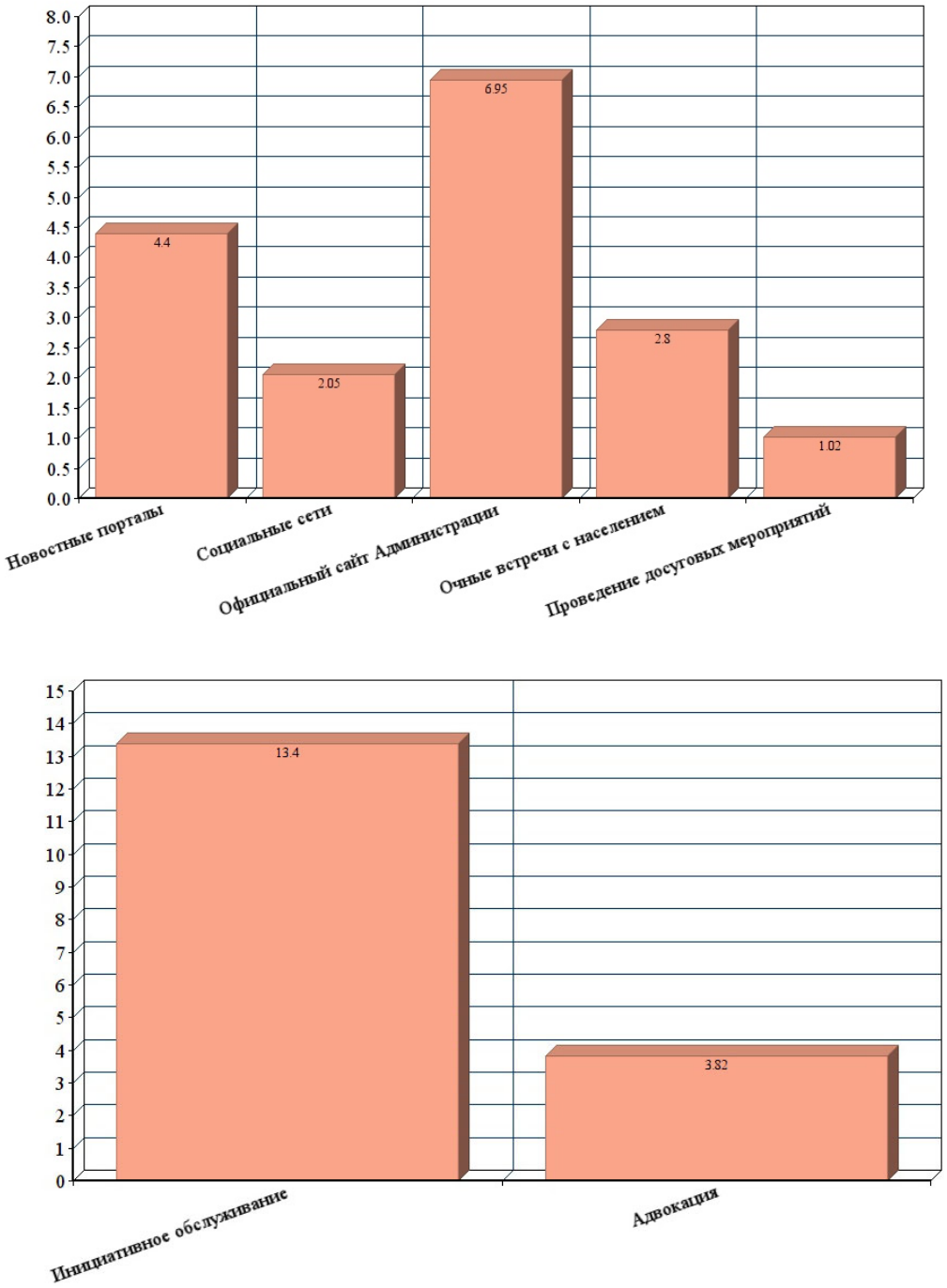


Рис. 2. Оценки видов обслуживания

Заключение

В статье проведен анализ целей и структуры существующей системы районной Администрации Калининского района, выбраны основные направления, для которых рассмотрены методы работы с информацией: ретроспективный поиск, инициативное обслуживание, адвокация, и выбраны наиболее подходящие из них.

На основании проделанной работы можно сделать вывод, что по оценкам экспертов на основе предшествующего опыта предпочтительным является инициативное обслуживание население, которое осуществляется на основе представления информации на официальном сайте Администрации, на новостных сайтах и в соцсетях.

Предлагаемая модель обеспечивает возможность повторения анализа по мере внедрения инновационных технологий (интерактивных стендов, дополненной реальности и т. п.), с помощью которых можно активизировать пропаганду соответствующей информации.

Список литературы

1. Блюменау Д.И. Информация и информационный сервис. Л.: Наука, 1989. 188 с.

2. Брежнева В.В. Информационное обслуживание: концепция сервисного развития. СПб: СПбГУКИ, 2006. 331 с.

3. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем и системный анализ. М.: Юрайт, 2010. 679 с.

4. Волкова В.Н. Теория информационных процессов и систем: Учебник и практикум для академического бакалавриата. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во Юрайт, 2017. 432 с.

5. Гиляревский Р.С. Информационный менеджмент: управление информацией, знанием, технологией. СПб: Профессия, 2009. 303 с.

6. Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: Учебник. 3-е изд., перераб. и дополн. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. 304 с.

7. Михайлов А.И., Черный А.И., Гиляревский Р.С. Основы информатики. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1968. 756 с.

8. Прикладная информатика: Справочник : учебное пособие / А.Б. Анисифоров [и др.]; Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Юрьева. М.: Финансы и статистика : ИНФРА-М, 2008. 765 с.

9. Сергина А.Н. Исследование и корректировка информационной системы районной администрации (на примере Администрации Калининского района) // XLI Неделя науки СПбГПУ: матер. научно-практич. конф. с междунар. участием. Ч. VII. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. С. 265–268.

10. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник / Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. М.: Высшая школа, 2004. 616 с.

11. Тибилова Г.С. Проектирование систем инициативного информационного обслуживания процесса принятия решений на основе системно-целевого и процессно-ор-ориентированного подходов // Прикладная информатика. 2010. № 3(27). С. 9–23.

УДК 004.9
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-244

Табуева Аманда Сергеевна,
магистрант, бакалавр

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ВЫБОРА ИННОВАЦИЙ ДЛЯ ЛИЧНОГО КАБИНЕТА СОТРУДНИКА ТОРГОВОЙ ТОЧКИ ООО «СЕТЬ СВЯЗНОЙ»

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия,
tabueva.amanda@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается личный кабинет сотрудника торговой точки компании ООО «Сеть Связной». Проведен анализ целей и функций информационной системы личного кабинета. Предлагаются модели для сравнительного анализа и выбора инновационных новшеств.

Ключевые слова: личный кабинет, инновации, внедрение инноваций, метод экспертной оценки, метод информационной оценки.

Amanda S. Tabueva,
Master Student, BSc

DEVELOPMENT MODELS FOR CHOICE OF INNOVATIONS FOR A PERSONAL OFFICE OF A SHOPPING EMPLOYEE OF LLC SVYAZNOY NET

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia,
tabueva.amanda@mail.ru

Abstract. This article discusses the personal account of an employee of a retail outlet of Svyaznoy Network LLC, shows the goals and functions of information system of this account of an employee. The models is proposed for comparative analysis and selection of innovations.

Keywords: personal account, innovations, implementation of innovations, expert assessment method, information assessment method.

Введение

Совершенствование личного кабинета сотрудника компании – это неотъемлемый процесс жизненного цикла торговой точки (далее ТТ). Личный кабинет автоматизирует процессы и задачи любой структуры, вследствие чего актуальность его постоянной корректировки в настоящее время находится на высоком уровне.

Целью данной работы является разработка инноваций для личного кабинета сотрудника ТТ. Необходимо вначале провести анализ целей и

структуры данного информационного комплекса. Для формализованной постановки задачи используем определение системы, основанное на системно-целевом подходе [1], интерпретируя его применительно к исследуемому объекту:

$$S \underset{def}{\equiv} <Z, STR, TECH, COND, N>,$$

где $Z = \{z_i\}$ – совокупность подцелей, раскрывающих общую цель – повышение качества работы сотрудника;

$STR = \{STR_{\text{пр}}, STR_{\text{орг}}, ...\}$ – совокупность структур, реализующих подцели ($STR_{\text{пр}}$ – производственная, $STR_{\text{орг}}$ – организационная и т. п.);

$TECH = \{meth, means, alg, ...\}$ – совокупность технологий (методы – *meth*, средства – *means*, алгоритмы – *alg* и т. п.), реализующих систему с учетом преобразований в ней;

$COND = \{\varphi_{ex}, \varphi_{in}\}$ – условия существования системы, т. е. факторы, влияющие на ее создание и функционирование (φ_{ex} – внешние, φ_{in} – внутренние);

N – «наблюдатели», т. е. лица, принимающие и исполняющие решения, в нашей работе это сотрудники ТТ.

В качестве исходных данных для задачи выбора инноваций имеем:

1) $Z =< z_1, z_2, ..., z_m >$ – множество подцелей, раскрывающих общую цель Z;

2) множество ресурсов: $R = < I, O, OTZ, HR, PO >$,

где $I =< i_1, i_2, ..., i_n >$ – множество вводимых инноваций;

$O =< o_1, o_2, ..., o_n >$ – статистика оценок пользователей ЛК (от 1 до 5 звёзд);

$OTZ =< otz_1, otz_2, ..., otz_n >$ – замечания, отзывы пользователей (нужны для решений о том, какие инновации внедрить в систему);

$HR =< hr_1, hr_2, ..., hr_n >$ – человеческие ресурсы, благодаря которым внедряются инновации;

$PO =< po_1, po_2, ..., po_n >$ – программное обеспечение, необходимое для внедрения инноваций.

Необходимо рассмотреть цели и функции информационной системы (Z), также определить связи между Z и инновациями, выбрать инновации, которые более эффективны и менее ресурсозатратны.

Соответственно, формализованная постановка задачи будет иметь вид:

$$< z_1, z_2, ..., z_m > R < i_1, i_2, ..., i_n >,$$

где R – совокупность алгоритмов, применяемых при сравнительном анализе и выборе инноваций;

$< z_1, z_2, ..., z_m >$ – множество подцелей, раскрывающих общую цель Z;

$< i_1, i_2, ..., i_n >$ – множество вводимых инноваций.

1. Анализ состава функций существующего личного кабинета сотрудника

Вначале проведем исследование существующей информационной система ЛК сотрудника ТТ с применением методов системного анализа: методов структуризации и организации сложных экспертиз [2, 3, 5].

При входе в личный кабинет сотрудник видит следующие разделы:

1. Поддержка. Здесь сотрудник может написать в такие отделы компании, как мерчендайзинг, учёт, IT-отдел, АХО и т. п. по интересующим вопросам и для получения помощи.

2. Фотоотчет. Раздел фотоотчета нужен для проведения среза по стандартам, который делается для контроля соответствующим отделом корректности оформления и выставления товара.

3. Телефонная книга. В этом разделе можно найти контакты любого сотрудника компании, посмотреть непосредственного руководителя сотрудника, его отдел, номер телефона и электронную почту.

4. Заработная плата. Здесь можно посмотреть свою премию, прогнозы выполнения планов, а также коэффициенты к премии.

5. Портал новостей. Все новости компании, в том числе изменения в акциях, уведомления об удержаниях, должностные инструкции и всю информацию, необходимую для работы можно найти на в этом разделе.

6. Структура целей и функций, полученная на основе анализа предшествующего опыта будет выглядеть следующим образом (рис. 1).



Рис. 1. Цель и подцели личного кабинета сотрудника

2. Оценка значимости разделов и подразделов личного кабинета с применением метод экспертной оценки

В данной работе можно использовать метод экспертных оценок на иерархических структурах для оценки соответствия предложенной структуры ЛК поставленной цели повышения качества работы сотрудника. Для оценки применен метод нормирования, сохраняемый при пересчете оценок Z в оценки подразделов структуры ЛК. Модель приведена на рисунке 2.

Результаты оценки приведены на рисунке 3.

Исходя из полученных оценок, можно сделать вывод, что ключевую роль в рассматриваемой задаче играет информированность сотрудников с помощью портала новостей, а также поддержка сотрудников другими отделами компании. То есть, чем оперативнее решаются вопросы и проблемы сотрудников ТТ и чем более информированные сотрудники ТТ, тем легче повысить уровень заработной платы и, соответственно, тем более эффективными сотрудники будут.

3. Модель для анализа и выбора нововведений

В результате проведенного исследования и на основе тщательного изучения личного кабинета сотрудника ТТ ООО «Сеть Связной» был выявлен ряд замечаний по исследуемой ИС:

- в разделе заработной платы нет вкладки с мотивацией;
- нет уведомлений об изменениях и новостях;
- увеличение скорости работы личного кабинета;
- нет информации про отпуска и больничные.

Соответственно, для устранения этих недостатков предлагается ввести следующие нововведения:

- ввести раздел с мотивацией;
- уведомления о новостях;
- оптимизация работы личного кабинета;
- добавить информацию про отпуска и больничные.

Модель для анализа и выбора нововведений приведена на рисунке 4.

Проведенный анализ показал, что для корректировки личного кабинета сотрудника торговой точки компании ООО «Сеть Связной» предлагаются некоторые рекомендации по его улучшению, а не принципиально новые технологии, и поэтому предлагается использовать вместо термина инновации термин нововведения.

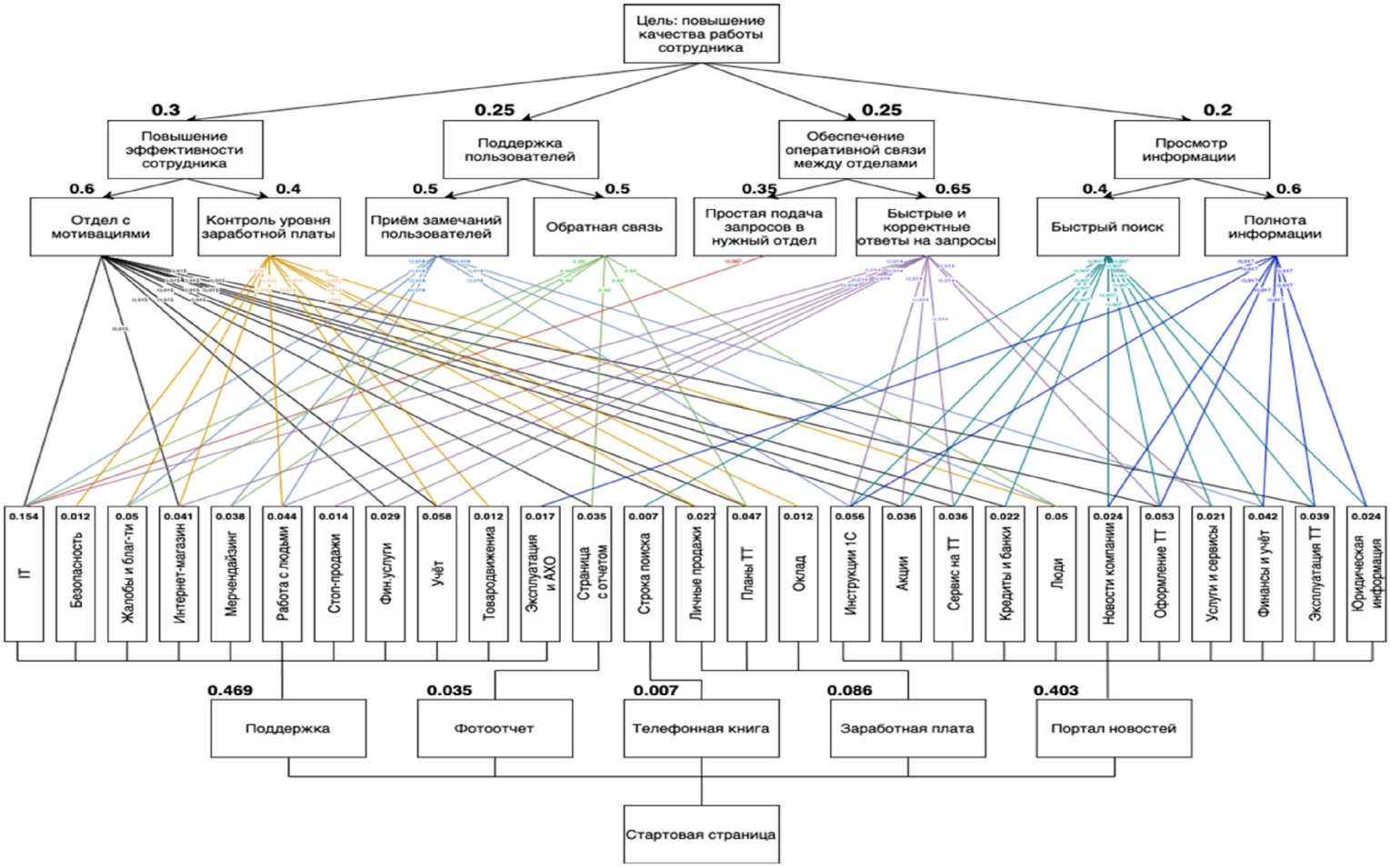


Рис. 2. Метод экспертных оценок иерархических структур

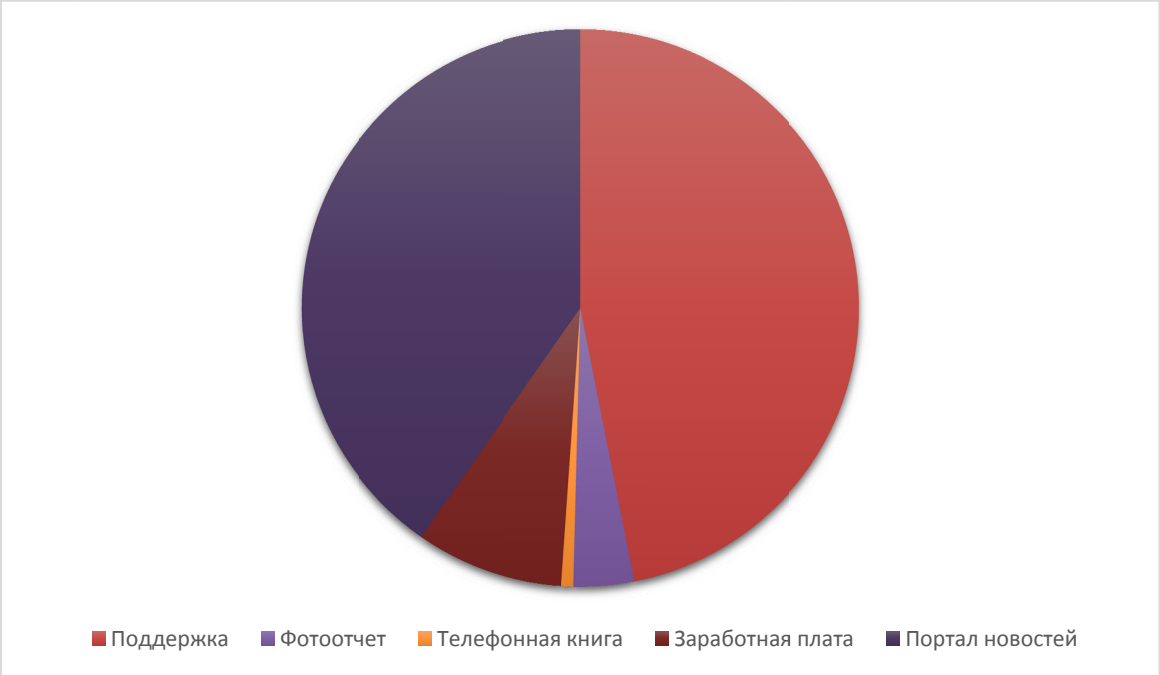


Рис. 3. Диаграмма оценок подразделов структуры ЛК

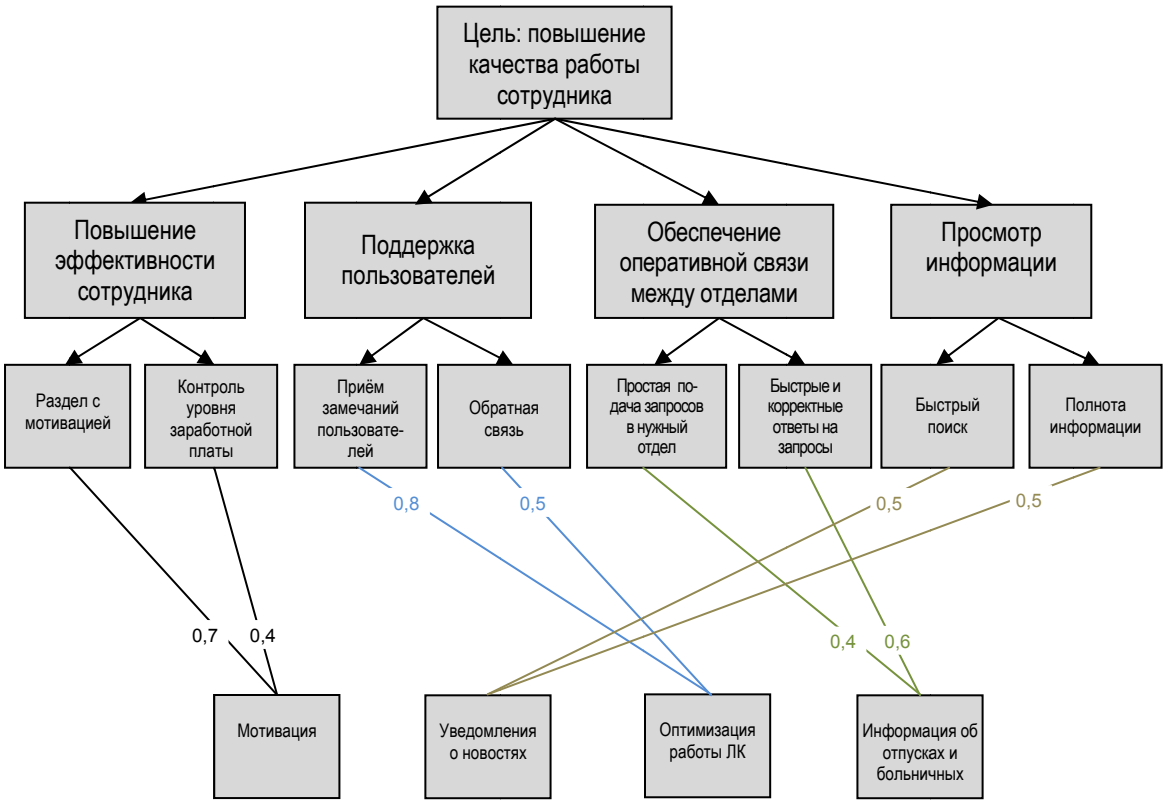


Рис. 4. Модель сопоставления целей и нововведений

Для анализа и выбора очередности внедрения нововведений применим метод, основанный на информационных оценках, предложенных в теории А.А. Денисова [4] целей.

В этом методе необходимо сопоставить нижние уровни верхней структуры и нижней структуры и по каждой сопоставляющей линии оценить влияния нововведения на достижения соответствующих подцелей [2, 5]:

$$H_i = -\log(1 - p_i'),$$

где p_i’ – степень влияния нововведения на достижение соответствующих подцелей.

При этом нововведение, как видно из рисунка 4, может влиять на несколько подцелей и предлагаемый метод позволяет оценить отдельно влияние нововведения на разные подцели, а затем просуммировать полученные оценки, что возможно благодаря преобразования p_i’ в логарифмическую оценку H_i.

Тогда для каждого нововведени $H_j = \Sigma_i H_i$.

Для наглядности на рисунке 5 представлена диаграмма значимости нововведений.

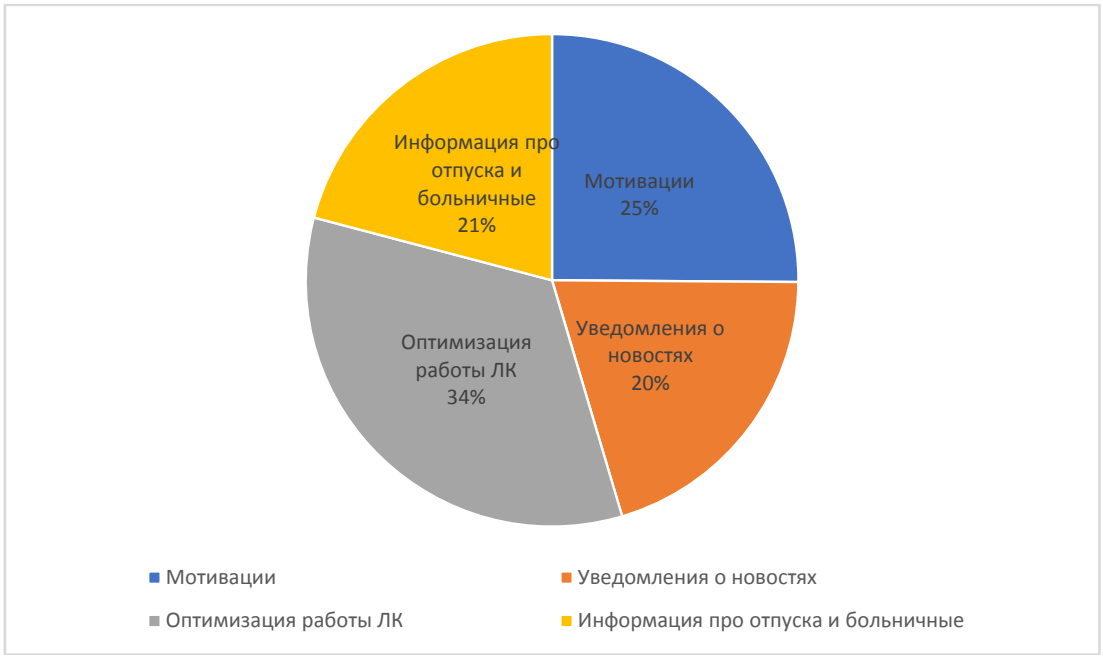


Рис. 5. Диаграмма оценок нововведений

Заключение

На основе проведенного анализа можно сделать вывод о том, что самым значимым нововведением является оптимизация работы ЛК, далее необходимо ввести раздел анализа аций, а также добавить информацию об отпусках и больничных, уведомления об изменениях и новостях.

Список литературы

1. Волкова В.Н. Развитие определения системы // Сб. трудов Междунар. конф. «Системный анализ в проектировании и управлении». СПб.: СПбГТУ, 2001. С. 12–14.

2. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем и системный анализ. М.: Юрайт, 2010. 679 с.

3. Волкова В.Н., Денисов А.А. Методы организации сложных экспертиз: учебное пособие. СПб.: Издательство Политехн. университета, 2010. 128 с.

4. Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: Учебник. Изд. 3-е, перераб. и дополн. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. 304 с.

5. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник / Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. М.: Высшая школа, 2004. 616 с.

6. Теория систем и системный анализ в управлении организациями: Справочник / Под ред. В.Н. Волковой, А.А. Емельянова. М.: Финансы и статистика, 2006. 848 с.

УДК 330.1
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-245

Бурова Наталия Васильевна,
магистрант, бакалавр

ИССЛЕДОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА И ВЫБОР ИННОВАЦИЙ ДЛЯ ЛИЧНОГО КАБИНЕТА АБОНЕНТА СОТОВОГО ОПЕРАТОРА «МЕГАФОН»

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия,
burova.nataliya.97@mail.ru

Аннотация. В работе рассматривается личный кабинет абонента «МегаФон», его структура. Показано, что в существующей структуре рассматриваемой информационной системы можно сделать некоторые изменения, ввести некоторые нововведения. Используется метод экспертных оценок и метод, основанный на информационных оценках. Представлена методика выполнения работы в графическом виде.

Ключевые слова: информационная система, структура, нововведения, личный кабинет «МегаФон», экспертные оценки, информационные оценки, методика.

Natalia V. Burova,
Master Student, BSc

RESEARCH, DEVELOPMENT AND SELECTION OF INNOVATIONS FOR PERSONAL ACCOUNT OF SUBSCRIBER OF MEGAFON CELL OPERATOR

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia,
burova.nataliya.97@mail.ru

Abstract. The work considers the personal account and structure of the MegaFon subscriber. It is shown that in the existing structure of the information system some changes have place will be, some innovations introduced also. The method of expert estimates and the method based on information estimates are used. A methodology for performing work in graphical form is presented.

Keywords: information system, structure, innovations, MegaFon personal account, expert assessments, information assessments, methodology.

Введение

«МегаФон» – один из лидирующих сотовых операторов России. Для удобства своих пользователей компания создала личный кабинет (ЛК) – инструмент для проверки баланса, контроля расходов, а также управления подключенными услугами. Данный инструмент значительно экономит время и существенно упрощает процесс взаимодействия пользователя и системы.

1. Постановка задачи и методика выполнения работы

Цель данной работы – разработка инноваций для личного кабинета (ЛК) абонента «МегаФон».

Для повышения эффективности работы личного кабинета абонента «МегаФон», необходимо иметь представление о целях и задачах данного информационного комплекса, а также исследовать имеющийся функционал. Для формализованной постановки задачи используем определение системы [2]:

$$S = <Z, STR, TECH, COND, N>, \quad (1)$$

где Z – это совокупность предметно-ориентированных информационных систем; STR – структура ИС; $TECH$–совокупность технологий; $COND$ – условия существования системы, т.е. факторы, влияющие на ее создание и функционирование; N − «наблюдатель», лицо, осуществляющее решения, в рассматриваемой работе таким лицом является пользователь личного кабинета абонента «МегаФон».

Дано:

$$Z =< z_1, z_2, ..., z_i, ..., z_n >,$$

и множество ресурсов

$$RES =< DOC, ZAM, H, COM, INN >,$$

где $DOC = <doc_1, doc_2, \ldots, doc_n>$ – отчеты по обратной связи с пользователями ЛК абонента «МегаФон»;

$ZAM = <zam_1, zam_2, \ldots, zam_k>$ – замечания, оценки, отзывы пользователей ЛК абонента «МегаФон» (на основе этих замечаний и отзывов можно сделать выводы о работе имеющегося функционала, выявить слабые места и желаемые дополнения для ИС);

$H = <h_1, h_2, \ldots, h_d>$ – сотрудники, имеющие достаточные знания и подходящие навыки программирования, чтобы добавить инновации (ИНН);

$COM = <com_1, com_2, \ldots, com_\gamma>$ – вычислительные машины и оборудование с необходимой мощностью для осуществления процесса внедрения ИНН в рассматриваемую ИС;

$INN = <inn_1, inn_2, \ldots, inn_m>$ — множество вводимых ИНН.

Требуется:

1. Рассмотреть цели и функции ИС.

2. Определить взаимосвязи Z и INN и отобрать такие инновации, которые, с учетом остальных ресурсов, могут быть полезны для развития рассматриваемой ИС:

$$< z_1, z_2, ..., z_i, ..., z_n > \Psi < inn_1, inn_2, ..., inn_j, ..., inn_m >,$$

где Ψ — сложный функционал, который будет реализован в диалоговом режиме с применением автоматизированных диалоговых процедур.

3. Выбрать модели и автоматизированные процедуры для оценки отобранных инноваций, определить наиболее востребованные из них.

Структура этапов решения поставленной задачи представлена на рисунке 1.

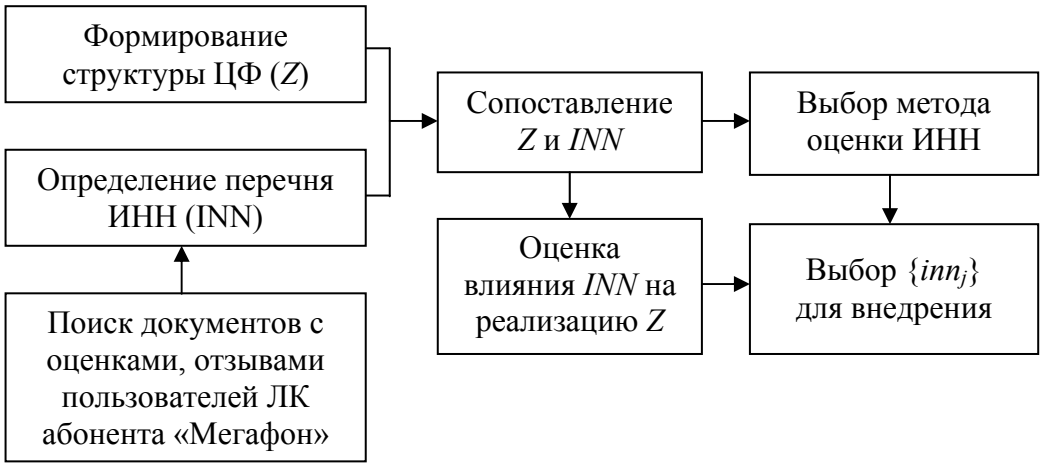


Рис. 1. Структура этапов решения поставленной задачи

2. Формирование структуры ЦФ системы

В данной работе поставлена цель «Упрощение взаимодействия пользователя и системы «МегаФон»». Для обоснования структуры целей и функций [4] вначале рассмотрена структура системы.

После входа в ЛК, пользователю открывается главная страница, на которой представлен полный список опций, размещенных в 3 разделах:

1. Раздел «Счет» предоставляет возможность просмотреть и пополнить баланс, перевести денежные средства другому абоненту, увидеть

собственный номер телефона, узнать о количестве бонусных баллов и потратить их.

2. Раздел «Услуги» предоставляет информацию о тарифах, дает возможность настраивать переадресацию, изменять гудок, заносить других абонентов в «черный список», снижать расходы по звонкам в роуминге и т. д.

3. Раздел «Поддержка» предоставляет возможность задавать интересующие вопросы, изменять данные личной страницы.

Для построения структуры ЦФ использован признак структуризации «пространство инициирования целей, функции» и применена автоматизированная диалоговая процедура «TreeMaker» [1]. Графическое представление структуры ЦФ ИС отображено в верхней части рисунка 2.



Рис. 2. Структура целей и функций личного кабинета абонента «МегаФон»

3. Модель сравнительной оценки и выбора нововведений

В результате тщательного изучения сайтов с отзывами пользователей ЛК «МегаФон», а также комментариев пользователей на официальном сайте рассматриваемой телекоммуникационной компании, был выявлен ряд замечаний по исследуемой ИС. В итоге получим следующий перечень нововведений для ЛК абонентов «МегаФон»:

1. Отображение подключенных платных услуг;

2. Уведомление о смене тарифа;

3. Отображение даты окончания текущего тарифа;
4. Двойное подтверждение при подключении платных услуг;
5. Уведомление при изменении тарифа;
6. Уведомление об ответе службы поддержки в чате.

Модель сопоставления целей и нововведений позволяет наглядно представить, какое нововведение нужно для той или иной подцели. Построим обобщенную модель целей и нововведений (см. рис. 3).



Рис. 3. Модель сопоставления целей и нововведений

Для сравнительной оценки инноваций применим метод, основанный на информационных оценках степени влияния ИНН на реализацию целей [3]: по каждой сопоставляющей линии оценим степень влияния ИНН на реализацию целей. Затем переведем расчеты согласно формуле:

$$H_i = -\log(1 - p_i'),$$

где p_i' — степень влияния инновации на реализацию целей (0.7–0.99).

В таблице 1 представлены полученные расчеты относительной значимости нововведений для структуры целей ЛК абонента «МегаФон» по указанной формуле.

Таблица 1

Расчеты относительной значимости нововведений

Нововведение	p_i'	H_i
1. Отображение подключенных платных услуг	0.85; 0.8	1.52
2. Уведомление о смене тарифа	0.95	1.3
3. Отображение даты окончания текущего тарифа	0.9; 0.7	1.52
4. Двойное подтверждение при подключении платных услуг	0.9; 0.9	2
5. Уведомление при изменении тарифа	0.85; 0.85	1.94
6. Уведомление об ответе службы поддержки в чате	0.75; 0.7	1.12

На рисунке 4 представлена гистограмма с расположенными в порядке убывания относительной значимости ИНН. По горизонтали – номера ИНН согласно таблице 1, по вертикали – их относительная значимость.

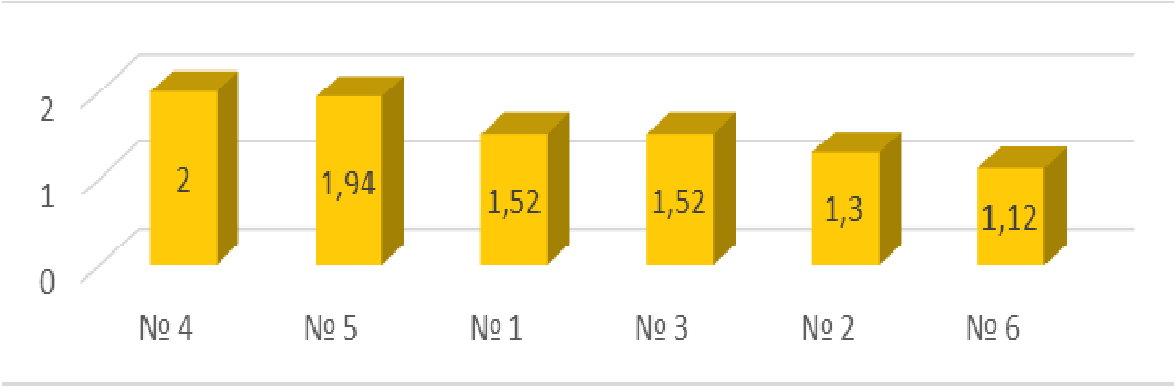


Рис. 4. Гистограмма относительной значимости ИНН

По результатам расчетов оценок значимости каждого из нововведений мы видим, что наибольшую значимость имеет ИНН №4 «Двойное подтверждение при подключении платных услуг», которой, с небольшой разницей, уступает ИНН № 5 «Уведомление при изменении тарифа». ИНН № 1 «Отображение подключенных платных услуг» и ИНН № 3 «Отображение даты окончания текущего тарифа» имеют одинаковую значимость, предпоследней по результатам расчетов оценок значимости идет ИНН № 2 «Уведомление о смене тарифа», инновацией с наименьшей значимостью является ИНН № 6 «Уведомление об ответе службы поддержки в чате».

Заключение

В данной работе по результатам применения метода организации сложных экспертиз, основанного на информационных оценках А.А. Денисова, проведен расчет оценки значимости шести нововведений, сформированных на основе исследования сайтов с отзывами пользователей ЛК «МагаФон», а также комментариев пользователей на официальном сайте. В результате работы было выявлено, что самым значимым

нововведением будет добавление двойного подтверждения при подключении платных услуг, а нововведением с наименьшей значимостью обладает инновация по уведомлению об ответе службы поддержки в чате.

Список литературы

1. Ванюшкина А.А. и др. Автоматизированные диалоговые процедуры анализа целей и функций систем управления: Учебное пособие / А.А. Ванюшкина, Н.В. Заварина, А.В. Лопатин, Д.А. Семенов, Д.А. Самойлович, П.В. Холодных; Под ред. В.Н. Волковой. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2010. 72 с.
2. Волкова В.Н. Развитие определения системы // Сб. трудов Междунар. конф. «Системный анализ в проектировании и управлении». СПб.: СПбГТУ, 2001. С. 12–14.
3. Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: Учебник. 3-е изд., перераб. и дополн. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. 304 с.
4. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник / Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. М.: Высшая школа, 2004. 616 с.

УДК 658.8 : 339.138
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-246

Мишель Фрауке[1, 2],
студент

УДОВЛЕТВОРЕННОСТЬ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

[1] Академия Або, Школа бизнеса и экономики, Турку, Финляндия,
frauke.michael@abo.fi
[2] Католический университет Айхштетт-Ингольштадт, Айхштет, Германия

Аннотация. В статье анализируется концепция удовлетворенности потребителей. Выполнен литературный обзор и обоснована значимость удовлетворенности клиентов для представителей бизнеса. Поставлена задача измерения удовлетворенности потребителей, дана характеристика ключевых работ по данной проблеме. Проанализированы сильные и слабые стороны различных методов оценки удовлетворенности клиентов. Даны рекомендации по совершенствованию маркетинговой деятельности организаций с учетом концепции удовлетворенности потребителей.

Ключевые слова: удовлетворенность потребителей, измерение удовлетворенности, методы оценки удовлетворенности потребителей, маркетинг.

Frauke Michael [1, 2],
Student, School of Business and Economics

CUSTOMER SATISFACTION

[1] Åbo Akademi University, Turku, Finland,
frauke.michael@abo.fi
[2] Catholic University Eichstätt-Ingolstadt, Eichstätt, Germany

Abstract. Concept of customer satisfaction is analyzed in the article. A literature review was realized, and the significance of customer satisfaction for business representatives is substantiated. The problem of customer satisfaction measuring is set, and the characteristics of key works on this problem are given. The strengths and weaknesses of various methods for evaluating customer satisfaction are analyzed. Recommendations for improving marketing activities of organizations taking into account the concept of customer satisfaction are given.

Keywords: customer satisfaction, customer satisfaction measuring, customer satisfaction evaluating methods, marketing.

1. Introduction

In the marketing and business world, customer satisfaction plays a very central role. If you have a product or service that you want to sell, you need someone who is in need of this offering to actually buy it. Satisfying someone else's needs is therefore at the core of each business transaction. For one-time customers to come back and purchase again, however, they need to be completely satisfied by their user experience. For that reason, businesses have to find ways to guarantee long-term customer satisfaction. This report aims to more specifically define customer satisfaction, present ways to analyse and best reach it, consider its limitations and what implications can be drawn for marketing efforts.

2. The concept of customer satisfaction

Customer satisfaction can be defined as "the extent to which a product's perceived performance matches a buyer's expectations" [4, p. 13]. A buyer is satisfied when expectations are met and dissatisfied when they are not. Customers whose expectations have not only been met, but exceeded are "highly satisfied" or "delighted" [4, p. 13]. Knowing what customers need and want is consequently key to providing satisfactory service. The importance of customer satisfaction lies in the subsequent postpurchase behaviour. As Kotler et al. [4, p. 163] outline, almost every customer experiences some level of "cognitive dissonance" and "buyer discomfort" after completing a transaction. The reason for this is the usually large number of competing offerings that the customers decided against which is a compromise they might regret, even if they are happy about the benefits their purchase offers them. If a brand manages to leave the customers highly satisfied or even delighted after consumption, their discomfort will be considerably lower and more positive feelings will be connected with the brand. The goal is to make the customers choose the offering again and again and to subsequently build up customer loyalty. Kotler et al. [4, p. 13] stress that studies have found a positive correlation between high customer satisfaction and higher customer loyalty. This, in turn, has a direct impact on revenue and profit. Williams & Naumann [9, p. 27] found while studying a company that "the average total revenue per account and the average revenue growth rate per account increased as satisfaction scores increased". This corroborates previous research that "customer satisfaction is

positively linked to loyalty, revenue, and profitability" [9, p. 22]. While all this, on the one hand, makes satisfied customers highly desirable, dissatisfied customers, on the other hand, should be avoided at all costs. Complaints and negative word-of-mouth "can quickly damage consumer attitudes about a company and its products" [4, p. 163]. There are even key figures to quantify the losses a company faces because of dissatisfied customers: "Lost Customer Revenue", "Lost Opportunity Revenue" and "Customer Replacement Costs" [2, p. 9]. Lost Customer Revenue is the money lost to competitors because of bad service, Lost Opportunity Revenue refers to the money you might lose when customers are not satisfied or even discourage others from doing business with you, and Customer Replacement Costs is the price you pay to win new customers as substitutes for the lost ones. Dissatisfying customers can consequently be very expensive and this shows the importance of reaching customer satisfaction. However, Gerson [2, p. 12] emphasises that a company cannot know what exactly customers perceive as good quality and service and, moreover, "[m]ost unhappy customers never tell the company about their problems" [4, p. 163]. This makes it very difficult for a company to meet customer's expectations and satisfy them. Therefore, it is recommended to measure customer satisfaction and ask customers directly for their opinion.

2.1. Measuring customer satisfaction

There are a variety of ways to approach the measurement of customer satisfaction. Gerson [2, p. 6] directly links customer satisfaction to quality and customer service and suggests methods how to measure these two to allow conclusions about how satisfied customers are.

In order to measure quality, events that indicate low quality, e.g. mixed-up orders, wrong shippings, wrong order entries, wrong stock selections or employees' sick days, can be tracked by, for instance, using check sheets, pareto charts, histograms or other kinds of diagrams [2, pp. 33 – 41]. These allow for easier identification of the most important issues that need to be handled first and possible correlations between problems. Another technique for quality improvement is "benchmarking" which means looking at possibly the best or one of the best competitors in your field and considering which needs of the customers they satisfy that you do not [2, p. 43]. Simply copying their approach, however, will not work because you have to also clearly distinguish yourself from competitors and strive to be unique. These methods provide only limited conclusions about customer satisfaction since they only take the internal perspective and look at what the company considers to be good quality. Yet, customers may put most value on very different aspects.

Therefore, you need to get in direct touch with customers to measure their satisfaction. This can be achieved by gathering quantitative data that allows to calculate an average, compare data over time and have a reference value on which to base future developments [3, p. 8]. Quantitative data can be

collected through questionnaires, surveys, telephone surveys and personal interviews conducted with customers [2, p. 58]. Customers can be asked to rate certain attributes on a numerical scale (e. g. [1 – 5]), narrative scale (e.g. dissatisfied-highly satisfied) or by rating two attributes in comparison with each other to create a map of customers' perceptions [2, pp. 59 – 69; 76 – 77]. Questionnaires and surveys need to be constructed carefully to collect relevant data. Scales should always include an uneven number of possible answers to include a "neutral point" for reference and questions should only ever ask to rate one attribute at a time since it is otherwise impossible to tell which attribute the response refers to [2, pp. 61 – 62]. In order to analyse the results and gain an overview, Gerson [2, p. 71] suggests developing a Customer Satisfaction Index (CSI) which compiles all ratings into one percentage or number. In addition to quantitative data, qualitative data can be collected through analysing interviews with focus groups, customer purchasing preferences, warranty claims and customer complaints and generally asking open-ended questions [3, p. 15]. Such questions cannot be answered by rating attributes on a scale, but require individual customer responses. This gives "the ability to understand the underlying reasons for customer needs" instead of just pointing out problematic areas [3, p. 15]. Therefore, it is recommended to include both quantitative and qualitative questions in surveys.

An interesting aspect of creating customer satisfaction is handling customer complaints. As Kotler et al. [4, p. 163] put it, companies should "encourage customers to complain" so they can learn how to do better and keep customers from simply going to competitors. Yet, companies and employees dislike having customers complain directly to them and often, customers are "unable to find anyone who will take responsibility" [8, p. 2]. At the same time, companies "falsely equate low rates of complaints with customer satisfaction and overlook the fact that […] they only poll customers who have not yet switched at the time of the survey" [8, p. 3]. To avoid falling into this trap, companies should welcome customer complaints, train employees on how to deal with them, evaluate the criticism and take active steps in improving [8, p. 3]. That way, customer satisfaction is not measured wrongly and by dealing with complaints in a welcoming and serious way, dissatisfied customers can potentially be kept from switching and even become satisfied customers in the future. As the case of complaints shows, employees are central to satisfying customers and providing a good service quality. Therefore, the performance of employees should be measured as well and a rewards system built up to provide incentives for good work [2, p. 17].

One example of a company renowned for its customer satisfaction is Ritz-Carlton. Its hotel staff "go to legendary extremes" to meet customer needs and wants and "discreetly observe and record even the smallest guest preferences" and immediately try to respond and fulfil them [4, p. 14]. Anoth-

er good example is the American supermarket Trader Joe's which was ranked second by the American Customer Satisfaction Index in 2018 because of its uniqueness, range of products and service quality [1].

In summary, standardisation of service quality, staff trainings, rewards programmes, added values beyond customers' expectations, continuous contact with and feedback from customers and, where possible, building alliances and partnerships with customers are good ways to increase overall quality and customer satisfaction [2, pp. 19 – 20]. Williams & Naumann [9, p. 29] additionally stress "continuous process improvement" as very important.

2.2. Limitations

Even though there are a lot of ways to measure customer satisfaction, both they and the concept itself come with some limitations. First of all, the aforementioned CSI and quantitative data as a means of indicating a company's level of customer satisfaction can only give a general idea and do not give direct implications on what exactly needs to be improved and how. Moreover, surveys as a measure of satisfaction are biased since only some customers respond (who may or may not be representative of all customers) and the company might only ask about attributes they consider important [3, p. 1]. In order to get relevant data, customers need to first be interviewed about what they perceive as quality [2, p. 71] which makes measuring satisfaction a time-consuming and demanding process. Additionally, big companies need to measure satisfaction in exactly the same way in all of their departments to be able to come to meaningful conclusions [9, p. 23].

Furthermore, Williams & Naumann [9, p. 25] registered a "dramatic drop in customer retention rates" for all measured levels of customer satisfaction below highly satisfied which means that even satisfied customers are not guaranteed to come back. Goldstein [3, p. 28] also recognises that satisfaction does not equal loyalty and loyalty is in fact "measured by the intersection of satisfaction and willingness to both repurchase and recommend". So even if a company measures high satisfaction, it does not mean that they have high customer loyalty and that there is no more room for improvement.

Yet, even constant improvement in the pursuit of customer satisfaction has its limitations. As Rubera & Kirca [7, pp. 742 – 743] point out, companies need to also satisfy shareholders who often value and pursue different things than customers. Consequently, "it may be difficult for firms to maximally satisfy customers while also maximizing the value they create for shareholders through innovation" [7, p. 743].

2.3. Implications for marketing

Despite its limitations, customer satisfaction still remains a very important concept and worth focusing marketing efforts on. Considering the marketing mix of 7 Ps (e.g. [6]), the following implications can be drawn.

In terms of product, physical evidence and place, companies should invest a lot in market research to find out who their potential customers are and what they need and want in terms of product characteristics and distribution. As Kotler et al. [4, p. 163] put it, "[m]any marketers go beyond merely meeting the expectations of customers; they aim to delight the customer" which is key to retaining them.

Concerning price, the same applies. Research has to be done to find out customers' price expectations as well as their willingness-to-pay. Only when a company has high brand equity and offers high perceived quality are customers willing to pay a price premium which is a strong "indicator of brand loyalty" [5, p. 211].

Regarding people and process, the previous chapters have shown that staff should be well trained to provide excellent service, using companies such as Ritz-Carlton as a benchmark, and be especially competent in complaints management. Employee performance should be measured regularly and a rewards system put in place for motivation.

The last P, promotion, might be one of the most important. As the definition showed, customer satisfaction revolves around customers' expectations. These are set by the company itself through communication and should be neither too high nor too low [4, p. 7]. As Kotler et al. [4, p. 13] put it, "[s]mart companies aim to delight customers by promising only what they can deliver and then delivering more than they promise". Additionally, if a product fails to attract customers, "marketing might launch advertising messages that trigger the need and show how the product solves customers' problems" [4, p. 163]. Similarly, the company's communication efforts can be used to change the public perception and attitude towards a product and improve them to convince more people [4, p. 163). Promotion activities therefore need to be carefully planned to both attract people and raise the right kind of expectations that will ideally lead to delighted customers.

3. Concluding Discussion

This report has shown that customer satisfaction is a complex concept that offers large benefits for a company's equity and profits. It is, however, quite difficult to measure without making mistakes or ignoring customers' own perceptions. Communicating directly with customers and asking them about their expectations and perceptions of quality is essential. Quantitative data can give interesting insights, while qualitative data is best for gaining meaningful implications. Since it is such a complicated and time-consuming process, however, not every company will have the means and resources to competently analyse it. In summary, direct customer contact and feedback, standardisation of services and processes, employee trainings and rewards systems and prompt and effective reaction to feedback help contribute to developing customer satisfaction. Most of the books on measuring satisfaction used in

this report date some years back, and therefore new methods of analysis and customer contact provided by the internet and increasingly complex software as well as new ways of complaining and bad-mouthing a company online were not taken into consideration. In my opinion, customer satisfaction still remains difficult to achieve and measure. It is based on expectations and feedback of individuals who might want and value different attributes in a product. Kotler et al.'s benchmark example Ritz-Carlton includes that employees try to get ahold of a picture of guests' pets to frame and put in their hotel room [4, p. 14]. While some might be delighted by this, others might perceive it as creepy and an invasion of privacy. Therefore, it is important to ask a very large group of people for feedback to be able to draw somewhat reliable conclusions about target groups. Putting customers' needs and wants first can never be wrong, however, and constant quality and customer service improvement is a good way to start. The whole marketing mix should consider market research about customers and a special focus should be put on communication as it influences customers' perceptions and expectations. When striving for customer satisfaction, external factors such as expectations from shareholders should not be forgotten and the importance of customer satisfaction for loyalty and subsequent customer lifetime value made clear to them. All in all, customer satisfaction is a difficult to grasp concept, but measuring and constantly trying to improve it offers a lot of advantages to companies.

References

1. Elliott C. These Companies Have The Best Customer Service // Forbes. 11 July 2018. URL: https://www.forbes.com/sites/christopherelliott/2018/07/11/these-companies-have-the-best-customer-service-heres-why/#6aadbf63b80a (access date: 17.12.2019).

2. Gerson R.F. Measuring Customer Satisfaction. A guide to managing quality service. 1st Edition. Menlo Park, CA, USA: Crisp Publications, 1993. 112 p.

3. Goldstein S.D. Superior Customer Satisfaction and Loyalty. Engaging Customers to Drive Performance. Milwaukee, WI, USA: American Society for Quality, 2010.

4. Kotler P., Armstrong G., Harris L.C., Piercy N. Principles of Marketing, London: Pearson Education Limited, 2013.

5. Netemeyer R.G., Krishnan B., Pullig C., Wang G., Yagci M., Dean D., Ricks J., Wirth F. Developing and validating measures of facets of customer-based brand equity // Journal of Business Research. 2004. Vol. 57. P. 209–224.

6. Marketing Theories – The Marketing Mix – From 4 Ps To 7 Ps // Professional Academy. URL: https://www.professionalacademy.com/blogs-and-advice/marketing-theories---the-marketing-mix---from-4-p-s-to-7-p-s (access date: 17.12.2019).

7. Rubera G., Kirca A.H. You gotta serve somebody: the effects of firm innovation on customer satisfaction and firm value // Journal of the Academy of Marketing Science. 2017. Vol. 45. P. 741–761.

8. Stauss B., Seidel W. Effective Complaint Management. The Business Case for Customer Satisfaction. 2nd Edition. Cham: Springer Nature Switzerland, 2019.

9. Williams P., Naumann E. Customer satisfaction and business performance: A firm-level analysis // Journal of Services Marketing. 2011. Vol. 25. No. 1. P. 20–32.

УДК 303.732
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-247

Киреева Юлия Раилевна,
магистрант, бакалавр

МОДЕЛИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ВЕБ-САЙТА ПРИЁМНОЙ КОМИССИИ

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия,
kireeva.yur@edu.spbstu.ru

Аннотация. В работе рассматриваются методы активизации интуиции и опыта специалистов, в частности метод нормированных экспертных оценок и метод оценки целесоответствия, для создания структуры веб-сайта приёмной комиссии. В результате работы сформирована методика построения такого информационного комплекса и делаются выводы по использованию методов.

Ключевые слова: метод нормированных экспертных оценок, метод организации сложных экспертиз, метод структуризации, веб-сайт, приёмная комиссия.

Yulia R. Kireeva,
Master Student, BSc

MODELS OF SYSTEM ANALYSIS FOR SUBSTANTIATION OF THE STRUCTURE OF THE ADMISSION OFFICE

Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia,
kireeva.yur@edu.spbstu.ru

Abstract. On this article methods of enhancing the intuition and experience of specialists, in particular, the method of normalized expert assessments and the method of assessing compliance, to create the structure of the website of the admission office, are discussed. As a result of the work, a methodology for constructing such an information complex was developed and conclusions on the use of this methods were drawn.

Keywords: normalized expert assessments method, complex assessments organization method, method of structuring, website, admission office.

Введение

Каждый год любое высшее учебное заведение осуществляет приём новых студентов. Вузы ежегодно устраивают дни открытых дверей для того, чтобы ученики могли ближе познакомиться с университетом, его достижениями в научной деятельности, обустройством кампуса, и, самое главное, с информацией приёмной комиссии. Чаще всего всю необходимую информацию для поступления абитуриенты могут получить, посетив веб-сайт университета.

Вкладка сайта, на которой отображена информация о приёмной комиссии, также служит главным инструментом маркетолога вуза. Маркетинговая компания университета заинтересована в том, чтобы в их учебное заведение было подано как можно больше заявлений на поступление. Веб-сайт абитуриента должен не просто содержать нужную информацию, а хранить её в структурированном виде, который будет отвечать целям будущим студентам. Соответствующий удачно созданный информационный ресурс будет обеспечивать набор студентов по всем направлениям обучения, а также неплохую конкуренцию поступающих.

1. Постановка задачи

Веб-сайт является неким проводником между будущим студентом и учебным заведением. Можно сказать, что любой сайт знакомит заинтересованных сторон друг с другом для дальнейшего сотрудничества, являясь тем самым социально-экономическим объектом. Для обоснования структуры такой информационной системы предлагается использовать системно-целевой подход, который можно представить определением системы [1], интерпретируемым применительно к информационному комплексу, начиная с определения цели и переходя к потребностям и ресурсам:

$$S \underset{def}{\equiv} < Z, STR, TECH, COND, N >, \quad (1)$$

где Z – совокупность потребностей, STR – совокупность структур, $TECH$ – совокупность технологий, $COND$ – условия существования системы, N – пользователи. Все множества определяются в соответствии с особенностями задачи.

Множество N включает себя людей, которые взаимодействуют с системой, это могут быть маркетологи вуза, абитуриенты, администрация университета и др. В зависимости от цели приёмной компании формируется множество потребностей $Z = \{z_1, z_2, \ldots, z_n\}$. Например, если перед вузом стоит задача, как можно лучше осведомить абитуриентов о возможных стажировках и трудоустройстве, определяются соответствующие потребности. Совокупность структур STR играет роль информационного хранилища. Множество STR может включать в себя библиотеки, нормативно-правовые документы и др. Поскольку на информационную системы могут влияют различные факторы, определяют и внутренние и внешние условия существования.

После того, как определены множества информационного комплекса в определении (1), постановку задачи можно формализовать следующим образом:

$$< z_1, z_2, \ldots, z_i, \ldots, z_n > \Psi < str_1, str_2, \ldots, str_j, \ldots, str_m >, \quad (2)$$

где $z_i \in Z$ – потребности абитуриентов; str_j – вкладки веб-сайта, $str_j \in STR$; Ψ – сложный функционал, представляющий собой совокупность методов структуризации, оценки и автоматизированные процедуры. Функционал формирует методику решения задачи, которая определена далее.

2. Этапы выполнения работы

Методические основы (принципы, алгоритмы, методы) создания информационно-управляющего комплекса представлен на рисунке 1.

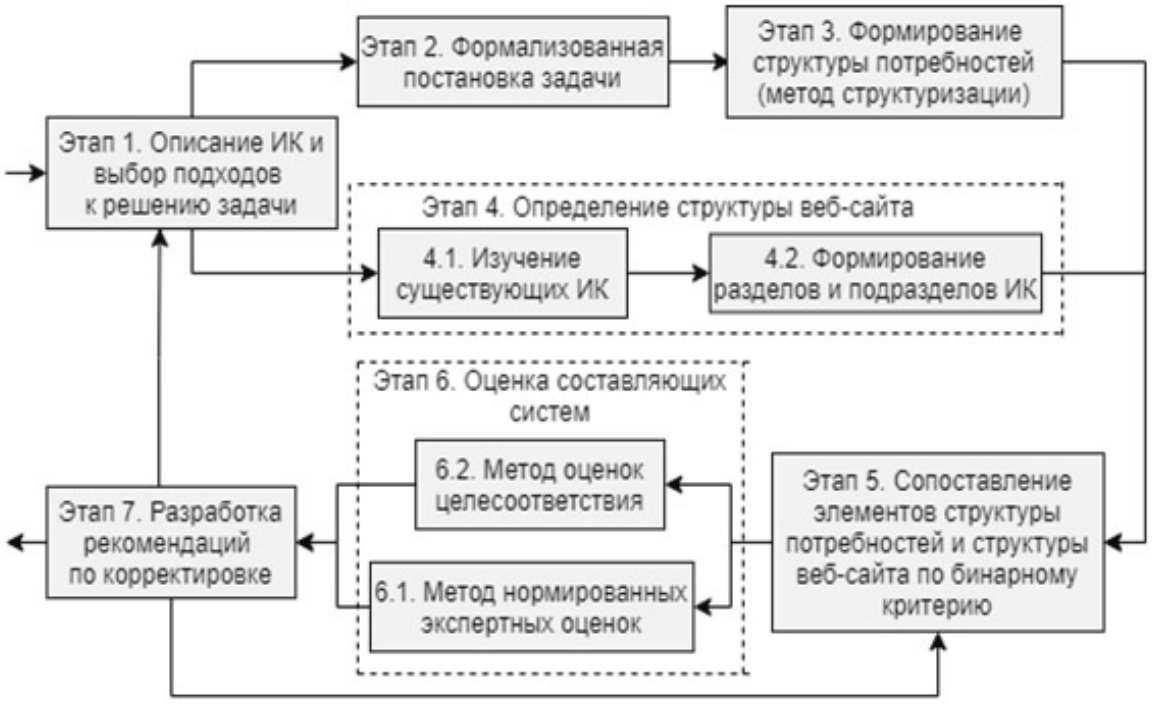


Рис. 1. Методика решения задачи

Функционал Ψ включает в себя методы активизации интуиции и опыта специалистов. В первую очередь это метод структуризации, который используется на 3 и 4.2 этапах работы.

Важным моментом является построение связей между элементами двух структур по бинарному критерию, что осуществляется на 5 этапе. Существование связи между двумя элементами (потребностью и вкладкой веб-сайта) говорит о том, что данная потребность реализуются на данной вкладке (т. е. в нашем случае, данная информация предоставляется на данной вкладке). Иллюстрация принципа сопоставления структуры потребностей $\{z_i\}$ абитуриента и вкладок веб-сайта как источников информации $\{STR_j\}$ (рис. 2), показывает сложность этого процесса и необходимость применения автоматизированной диалоговой процедуры типа приведенных в [3].

Данной методикой могут пользоваться не только разработчики веб-сайта, а также эксперты, которые помогают расположить разделы интернет страницы наилучшим образом. Предполагается, что в команде находится несколько экспертов, которые могут оценивать составляющие структуры различным способом: каждая группа экспертов оценивает потребности, объединенными одной целью, или каждая группа экспертов оценивает определенной уровень в структуре.

На этапе 7 формируются рекомендации, по которым могут быть внесены изменения либо к подходу решения задачи и в результате создаётся новый информационный комплекс, либо к 5 этапу работы, внося корректировки в модель системы. При изменении подхода к решению задачи, могут быть использованы другие методы создания комплекса, в частности методы оценки составляющих системы. Методы, которые были выбраны мной для решения задачи описаны далее.

3. Выбор методов

В качестве метода оценки составляющих системы можно использовать метод экспертных оценок. Данный метод является одним из простейших в понимании. Использование метода нормированных экспертных оценок позволяет познакомиться с обобщённым принципом оценки значимости элементов структуры. Визуальное представление метода отображает ситуацию об оценивании всей системы в целом в определенный исследуемый период.

Однако метод экспертных оценок достаточно затратен в вычислении, он может занимать много времени при вычислении оценок и частой проверки условия нормирования. Кроме того, экспертные оценки часто могут нести в себе не только узкосубъективные черты, но и коллективно-субъективные.

Поэтому рекомендуется также использовать метод организации сложных экспертиз, основанный на использовании информационного подхода, предложенного профессором А.А. Денисовым [6].

Информационный подход позволяет оценивать последовательно степень целесоответствия анализируемых составляющих. Также при применении метода оценки целесоответствия, в отличие от метода экспертных оценок, нет необходимости выполнять нормирование оценок и оценивать все элементы на каждом уровне. По каждой связи используются единичные эксперты, которые оценивают степень влияния вкладки веб-сайта на реализацию соответствующей потребности. Поэтому оценка и анализ результатов выполняются гораздо проще и быстрее. А с использованием автоматизированных процедур, предлагаемых в [3, 4], процесс сокращается ещё больше.

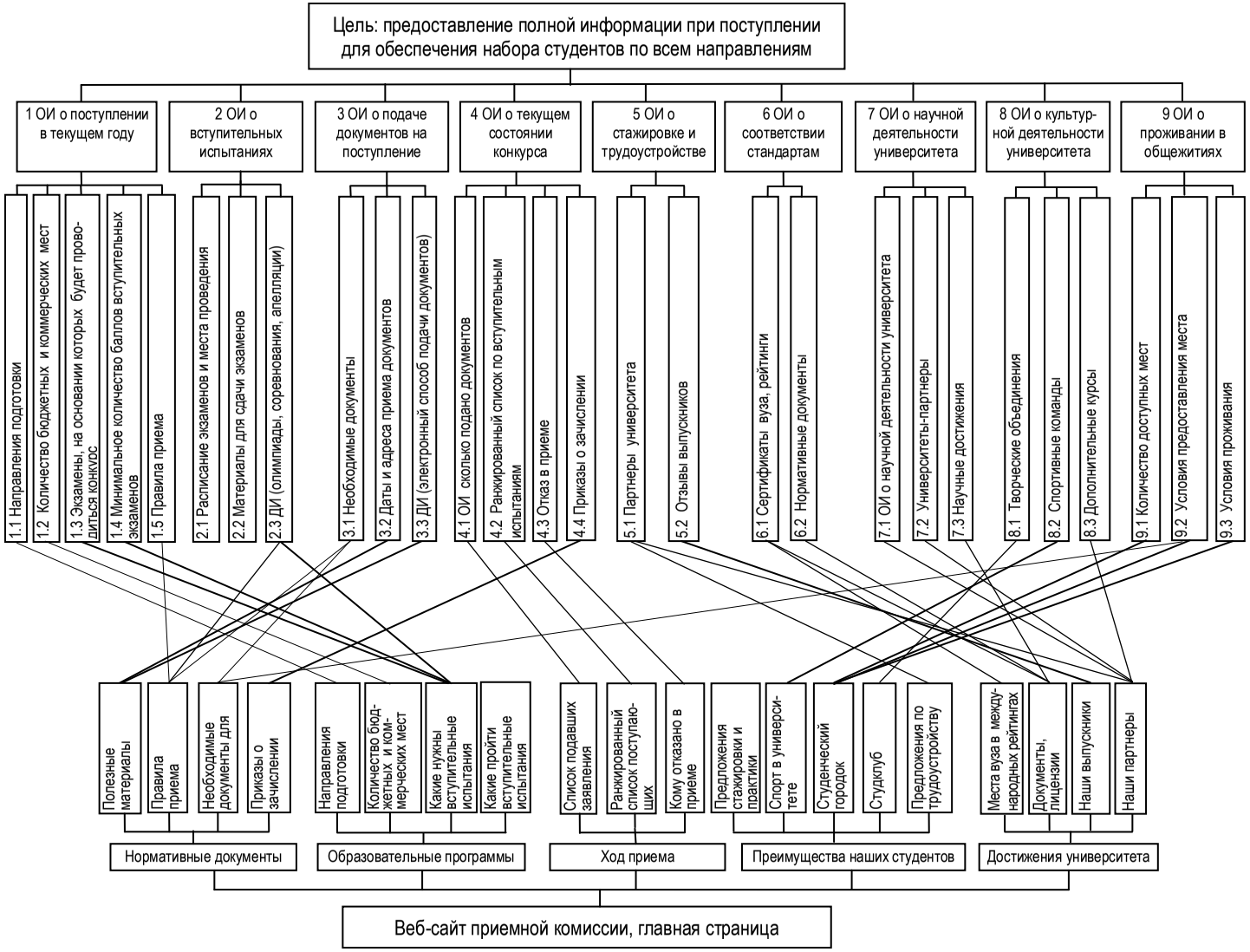


Рис. 2. Сопоставление структуры потребностей и структуры сайта

4. Алгоритмы реализации методов

Алгоритм применения метода нормированных экспертных оценок изображен на рисунке 3.

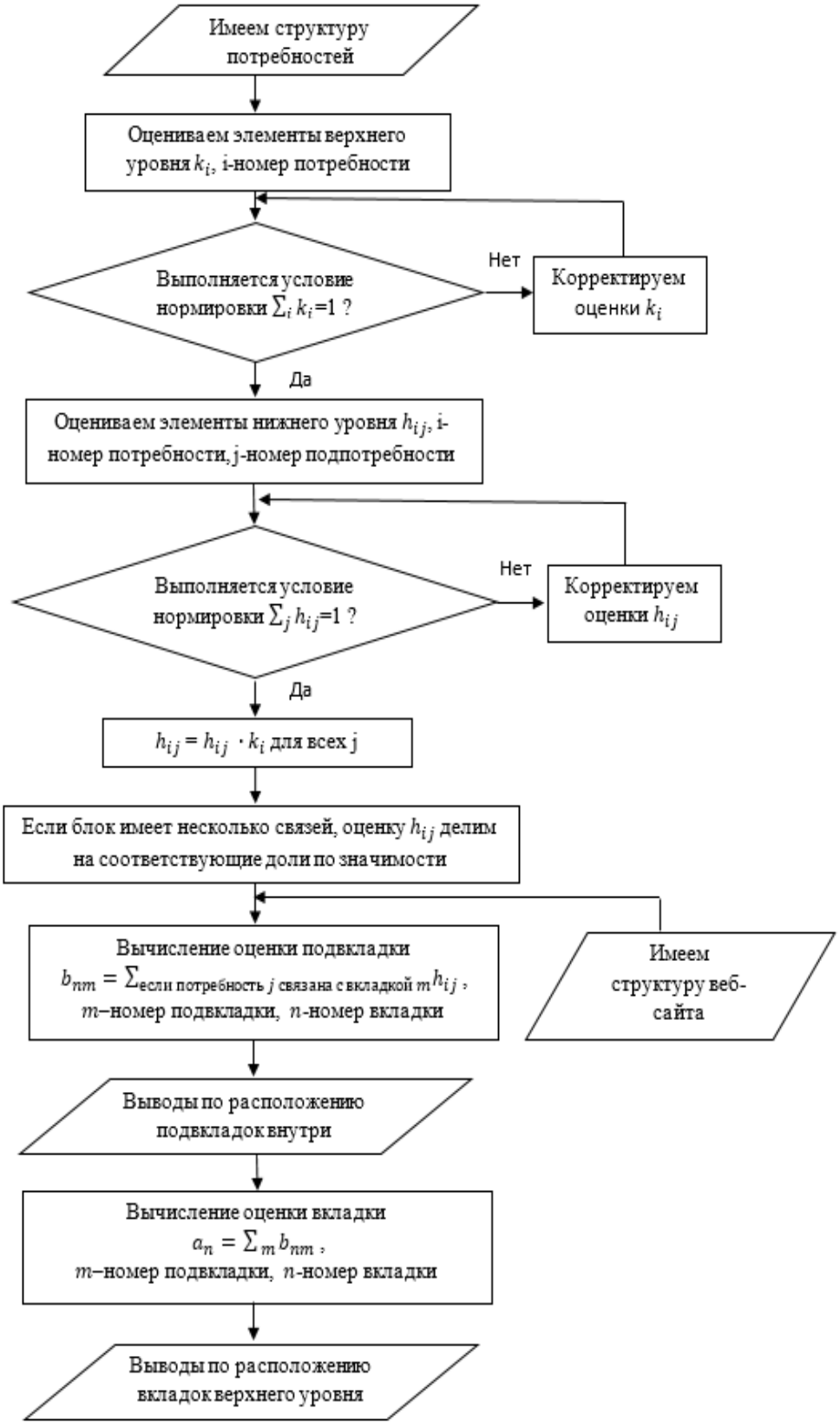


Рис. 3. Алгоритм реализации метода нормированных экспертных оценок

При выставлении оценок эксперт должен оценивать значимость каждой потребности. Если сначала эксперт оценивает значимость глобальных потребностей, после он оценивает значимость каждой подпотребности внутри глобальной.

В алгоритме метода присутствует проверка условия, что сумма всех оценок на любом уровне должна ровняться единице, т. е. оценки нормированы.

Алгоритм применения метода оценки целесоответствия изображен на рисунке 4.

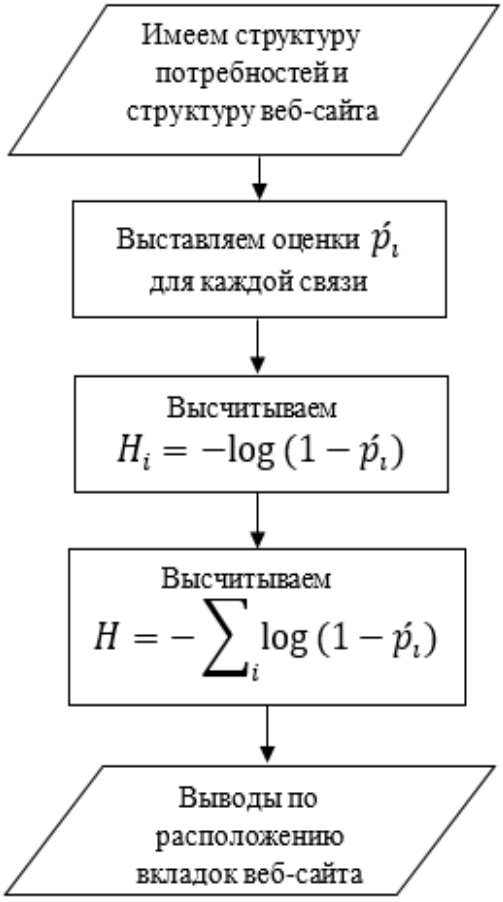


Рис. 4. Алгоритм реализации метода, основанного на информационном подходе

Формализовано оценка методе, основанном на информационном подходе А.А. Денисова [6], представляется следующем образом [5]:

$$H_i = -q_i \log(1 - p_i'), \tag{3}$$

где p_i'– оценка степени целесоответствия вкладки веб-сайта потребности абитуриента, q_i – вероятность использования этой вкладки абитуриентом.

Поскольку структура веб-сайта существует (т. е. уже реализована), то ограничимся только критерием степени целесоответствия p_i'. Тогда, оценивая связь между потребностью и вкладкой веб-сайта, мы будем го-

ворить о степени p_i' целесоответствия вкладки веб-сайта данной потребности. Оценку q_i можно будет получать в последующем, регистрируя обращения абитуриентов к вкладке.

Заключение

В работе были представлены методические основы создания информационного комплекса, который представляет собой структуру веб-сайта приёмной комиссии университета. Данной методикой могут пользоваться не только разработчики веб-сайта, а также эксперты, которые помогают расположить разделы интернет-страницы наилучшим образом.

Хотя оба метода оценки составляющих системы дают хорошие результаты, по которым можно сделать выводы по формированию веб-сайта, а также создать рекомендации к дальнейшим попыткам создания системы, мной рекомендуется использовать метод оценки, основанный на информационной теории А.А. Денисова [6], т. е. на оценке степени целесоответствия p_i' вкладки веб-сайта потребности абитуриента. Метод экспертных оценок обладает следующим недостатком: он может содержать в себе не только узкосубъективные черты, но и коллективно-субъективные. А информационные модели 1-го вида входят в группу методов организации сложных экспертиз и избавлены от данного недостатка. Кроме того, метод нормированных экспертных оценок перенасыщен вычислениями, что может замедлить процесс оценивания. На каждом уровне системы требуется проверять условие нормирования, чтобы оценки соответствовали действительным показаниям. В то время как в методе. Основанном на информационной оценке целесоответствия об этом не нужно задумываться.

При углубленном изучении системы методом оценки целесоответствия вкладок веб-сайта можно вернуться к параметру q_i, только принять его в качестве вероятности посещения вкладки, а не в качестве вероятностной оценки ее использования.

Список литературы

1. Волкова В.Н. Развитие определения системы // Матер. Международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении»: сб. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2001. С. 12–14.

2. Волкова В.Н., Голуб Ю.А. Автоматизированные информационные системы в высшей школе: история и перспективы. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 112 с.

3. Волкова В.Н. Моделирование систем и процессов. Практикум: Учебное пособие для вузов / В.Н. Волкова [и др.]; Под редакцией В.Н. Волковой. М.: Издательство Юрайт, 2020. С. 38-46.

4. Волкова В.Н., Денисов А.А. Методы организации сложных экспертиз: Учебное пособие. 4-е изд., переработанное и дополненное. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. 128 с.

5. Волкова В.Н., Денисов. А.А. Теория систем: Учеб. пособие. М.: Высш. шк., 2006. 511 с.

6. Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа. СПб.: Изд-во Политехн. университета, 2008. 304 с.

УДК 005
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-248

Теодорович Марина Игоревна,
магистрант, бакалавр

МЕТОДИКА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ЛИЧНОГО КАБИНЕТА ПРЕПОДАВАТЕЛЯ УНИВЕРСИСТЕТА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПОТРЕБНОСТЕЙ

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия,
teodorovich.mi@edu.spbstu.ru

Аннотация. В работе представлена методика совершенствования структуры личного кабинета преподавателя универсистета на основе анализа потреностей. Построена структура потребностей преподавателя и структура личного кабинета преподавателя. Взаимосвязь между структурами оценена с помощью методов организации сложных экспертиз. Полученные оценки представлены с помощью гистограмм. По результатам исследования сделаны выводы.

Ключевые слова: преподаватель университета, личный кабинет, метод организации сложных экспертиз, потребности преподавателя, системно-целевой подход, информационные оценки.

Marina I. Teodorovich,
Master student, BSc

METHODOLOGY FOR IMPROVING THE STRUCTURE OF A UNIVERSITY TEACHER'S PERSONAL ACCOUNT ON THE BASIS OF A NEEDS ANALYSIS

Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia,
teodorovich.mi@edu.spbstu.ru

Abstract. The paper presents a methodology for improving the structure of the personal account of a university teacher based on an analysis of needs. The structure of the teacher’s needs and the structure of the teacher’s personal account are built. The relationship between the structures is evaluated using the methods of organizing complicated expertise. The resulting estimates are presented using histograms. Based on the results of the study, conclusions are drawn.

Keywords: university teacher, personal account, complicated expertise organizing method, professor requirements, system-targeted approach, informational assessments.

Введение

В состав электронной информационно-образовательной среды СПбПУ входит «Личный кабинет преподавателя». Он позволяет существенным образом упростить работу, связанную с организацией и планированием учебной и научной деятельности сотрудника. На данный момент существует несколько личных кабинетов, в связи с чем происходит дублирование некоторых функций. Создание единого личного кабинета позволило бы устранить дублирование функций, а также неудобства, связанные с использованием нескольких личных кабинетов. В данной работе приводятся рекомендации по совершенствованию структуры личного кабинета преподавателя СПбПУ на основе анализа потребностей и с использованием методов и моделей системного анализа. На основе проведенных исследований предложена методика совершенствования структуры личного кабинета.

1. Структура потребностей преподавателя

Преподаватель вуза осуществляет различные виды деятельности: педагогическую (учебную и методическую), научно-исследовательскую, организационно-управленческую и воспитательную [3]. Личный кабинет должен помогать преподавателю реализовывать свою деятельность. Для определения потребностей преподавателя были изучены источники [3], [4], [5]. Полученная структура потребностей представлена на рисунке 1.

2. Структура личного кабинета преподавателя

В настоящее время существует два основных действующих личных кабинета. Один из них устаревает, необходимо заполнять вручную множество полей, а раздел с новостями и IT-ресурсами давно не обновлялся. Некоторые функции дублируются в более новом личном кабинете, а некоторые разделы отсутствуют.

Исходя из структуры потребностей и опираясь на структуру существующих личных кабинетов, была построена структура единого личного кабинета преподавателя (см. рис. 1).

Далее приводится описание некоторых разделов, которых на данный момент не существует в действующих личных кабинетах. «*Календарь событий*» поможет не забыть о предстоящих конференциях, аттестациях, заседаниях кафедры. Некоторые события добавляются автоматически, но также преподаватель сам может запланировать событие.

В разделе «*Курсовые и дипломные проекты*» представлен список студентов и тем их курсовых и дипломных проектов текущего семестра под руководством преподавателя. Кроме того, можно будет осуществить поиск по студенту или по ключевым словам темы проекта, чтобы иметь представление об интересах студента и, возможно, предложить ему поучаствовать в конференции или конкурсе.

В разделе «*Подборка свежих научных статей*» предполагается, что также по ключевым словам будет осуществляться подборка статей по выбранной тематике из электронной библиотеки.

3. Оценка значимости разделов личного кабинета

Оценим полученную структуру личного кабинета преподавателя с помощью методов организации сложных экспертиз.

3.1. Метод экспертных оценок на иерархических структурах

Данный метод позволит оценить, может ли раздел сайта реальзовать какую-либо потребность, а также оценить значимость каждого компонента, на основе сопоставления структуры потребностей и структуры личного кабинета.

Сопоставляя структуру потребностей со структурой сайта (см. рис. 1), отвечаем на вопрос, может ли раздел сайта реализовать потребность.

В результате применения данного метода были получены следующие оценки значимости подразделов и разделов сайта (рис. 2).

Выводы. Наибольшую оценку значимости получили такие подразделы как «Список МООК-курсов», «Календарь событий» и «Участие в конференциях».

Действительно, студенты Политехнического университета пользуются курсами на платформе dl, там могут проходить тесты для контроля знаний, есть ссылки на учебную литературу, конспекты лекций, осуществляется обратная связь по представленным студентом работам. Календарь событий помогает планировать свою деятельность, получать напоминания о предстоящей аттестации и т. д. А участие в конференциях очень важно для реализации научной деятельности преподавателя.

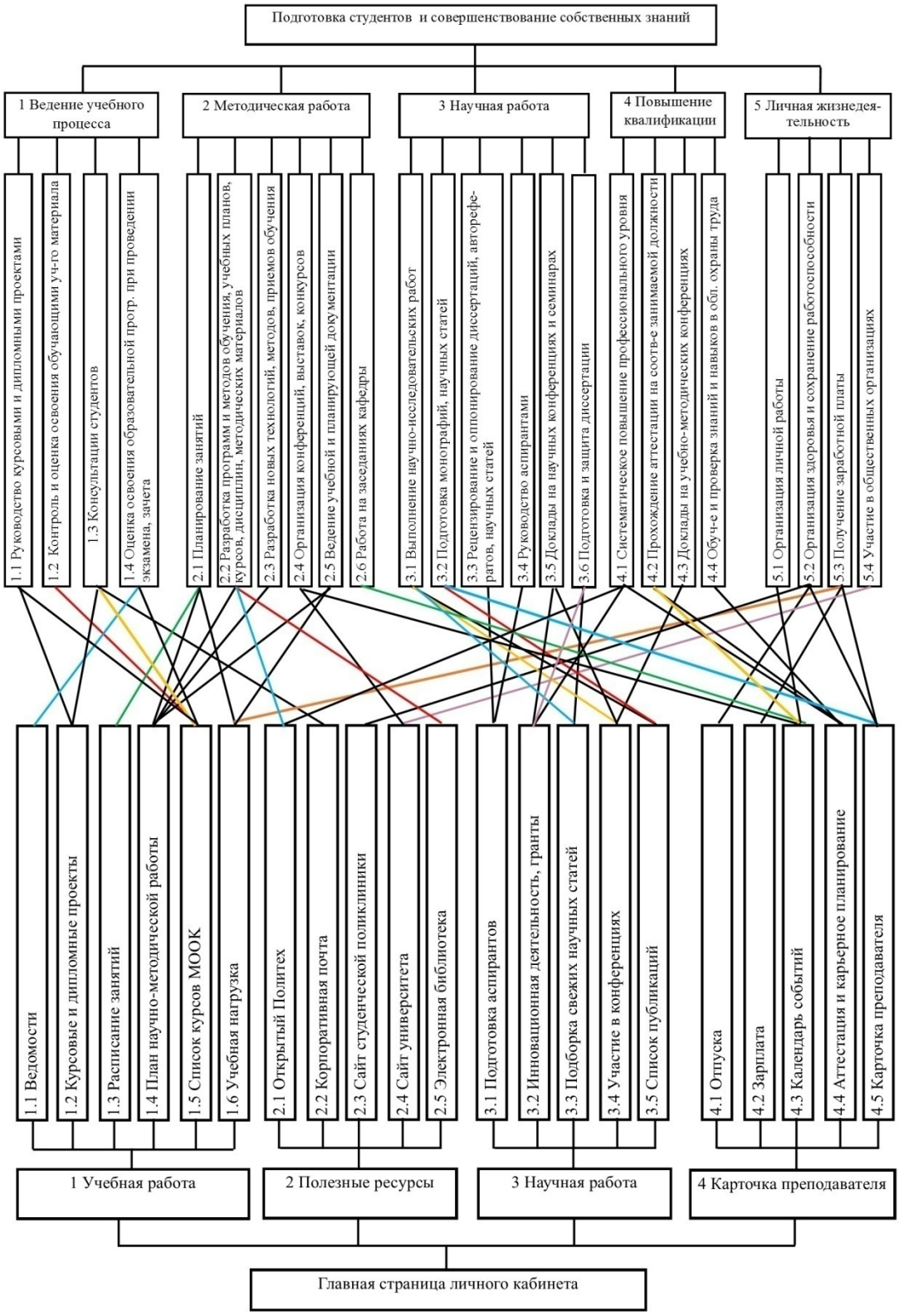


Рис.1. Связи между структурой портебностей и структурой сайта

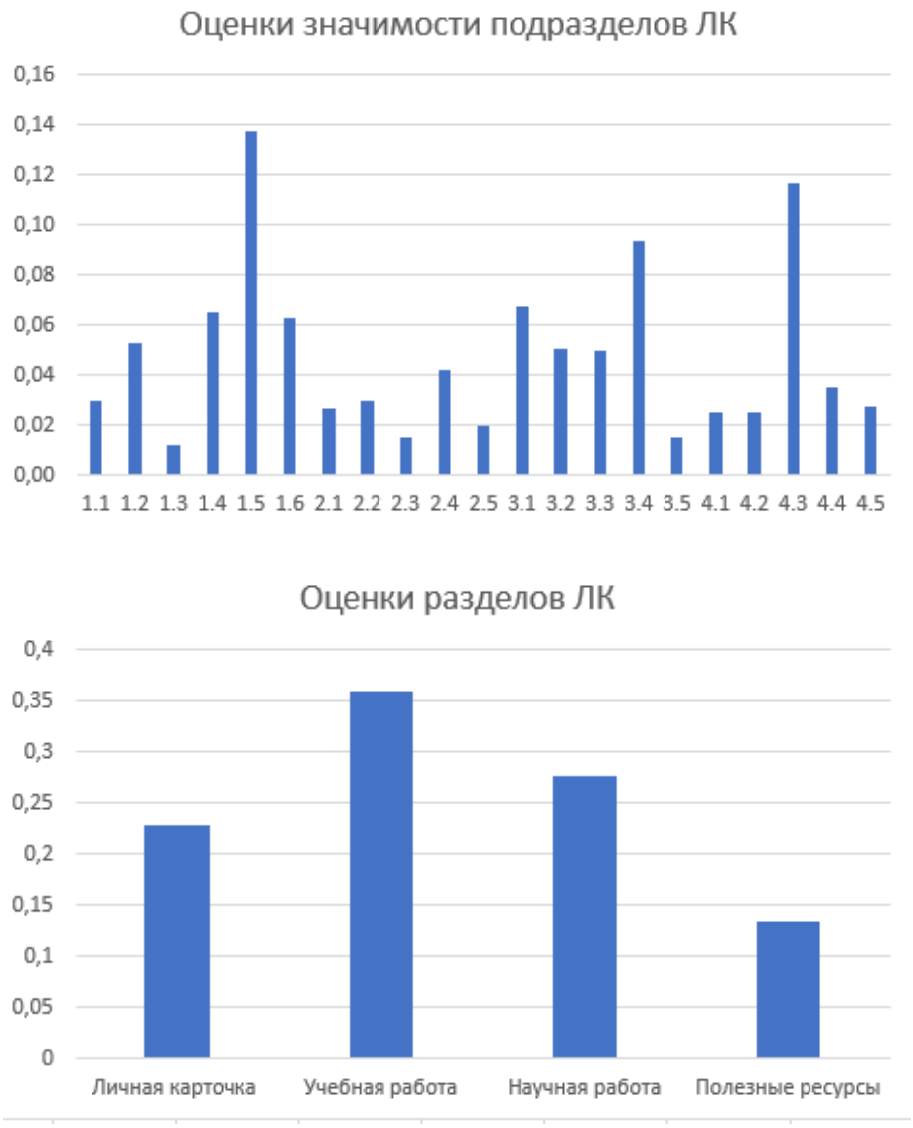


Рис. 2. Оценки значимости подразделов и разделов личного кабинета

3.2. Метод информационных оценок А.А. Денисова

Данный метод позволяет оценить степень влияния разделов сайта на реализацию потребностей преподавателя на основе информационных оценок.

В соответствии с информационным подходом, для оценки i-го подраздела вводятся оценки степени целесоотвествия p_i’ и вероятности использования q_i, далее вычисляется значимость (информационная оценка) H_i. i-го подраздела по формуле [1]:

$$H_i = - q_i \log(1 - p_i').$$

Затем вычисляется относительная значимость каждого подраздела по отношению ко всем остальным (рис. 3).

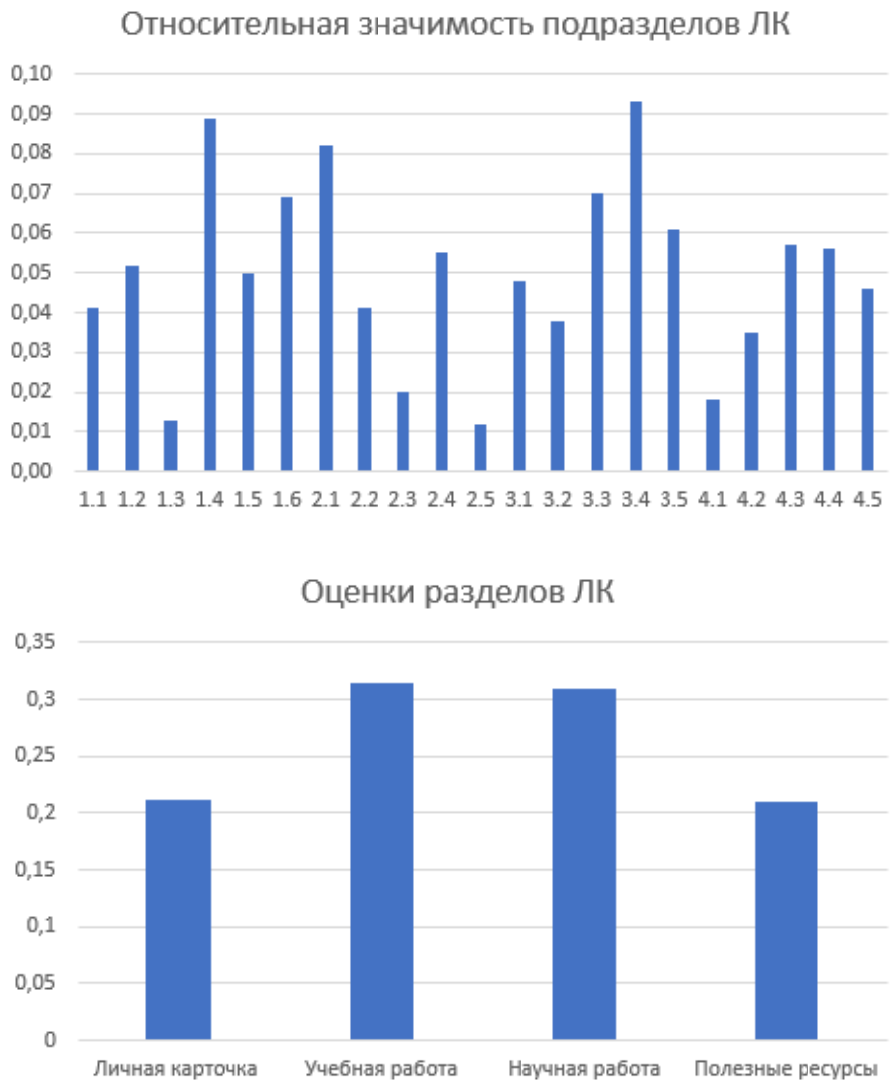


Рис. 3. Относительная значимость подразделов и разделов ЛК

Выводы

Наибольшую значимость имеют подразделы «План научно-методической работы», «Участие в конференциях» и «Открытый Политех». Это объясняется тем, что с помощью личного кабинета удобно вести индивидуальный план преподавателя, некоторые данные могут заполняться автоматически. Раздел «Участие в конференциях» также важен, так как информация об участии в конференциях влияет на оценку качества труда преподавателя. На платформе Открытый Политех можно найти различные курсы, вебинары, программы повышения квалификации.

Наименьшие оценки получили подразделы «Расписание занятий», «Электронная библиотека» и «Отпуска». Это объясняется наличием только одной связи. Несмотря на низкую относительную оценку значимости, нельзя исключать данные разделы. Расписание и библиотека ак-

тивно используются, для удобства доступ к этим ресурсам должен осуществляться из личного кабинета. Кроме того, с помощью библиотеки будет производиться подборка научных статей, а этот раздел имеет высокую оценку. Через раздел «Отпуска» можно будет подать заявление на отпуск, что очень удобно.

Методика, использованная при проведении работы представлена на рисунке 4.

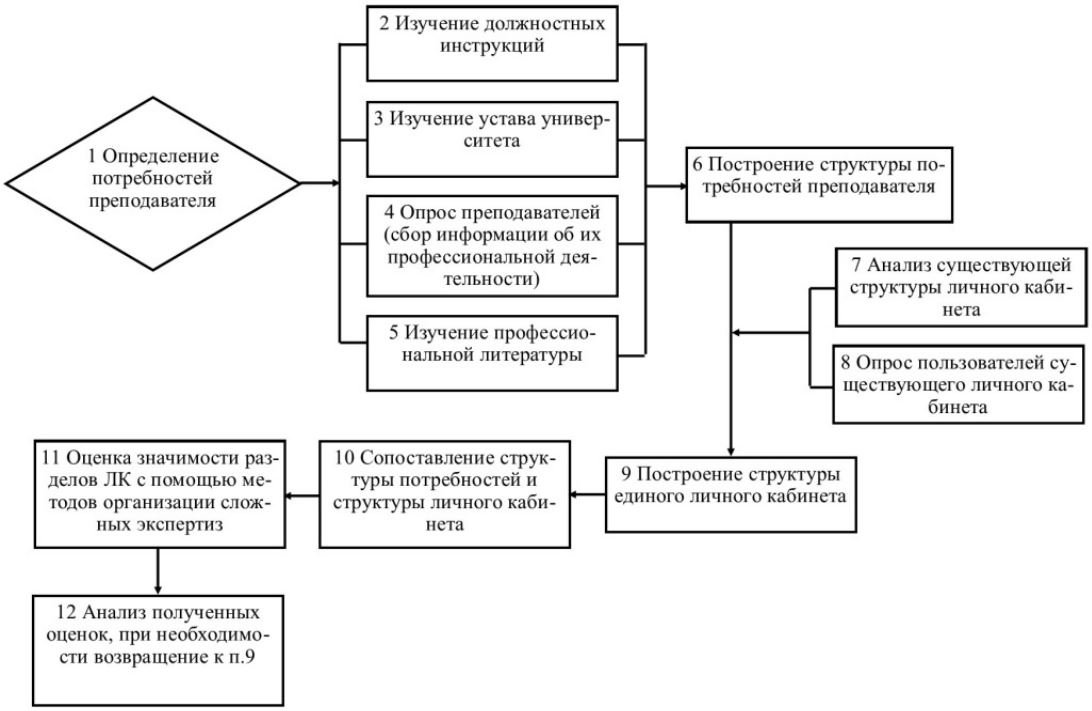


Рис. 4. Методика совершенствования структуры личного кабинета

Построенная структура личного кабинета отвечает потребностям преподавателя и может быть реализована.

Список литературы

1. Волкова В.Н., Денисов А.А. Методы организации сложных экспертиз: учебное пособие. 4-е изд., переработанное и дополненное. СПб.: Издательство Политехн. университета, 2010. 128 с.

2. Волкова В.Н. Системный анализ информационных комплексов: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. С.302–308.

3. Преподаватель вуза: технологии и организация деятельности: Учеб.пособие / Под ред. д-ра экон. наук, проф. С.Д. Резника. М.:ИНФРА-М, 2010. 389 с.

4. Типовые должностные инструкции профессорско-преподавательского состава [Электронный ресурс]. URL: https://job.spbstu.ru/job_description (дата обращения 14.04.2020).

5. Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» [Электронный ресурс]. URL: https://www.spbstu.ru/university/organizational-documents/charter (дата обращения 10.05.2020).

УДК 005
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-249

Акимова Мария Андреевна,
магистрант, бакалавр

ВНЕДРЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ СТУДИИ СОЗДАНИЯ САЙТОВ

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия,
akimova.ma@edu.spbstu.ru

Аннотация. В работе описывается выбор наиболее подходящего информационного комплекса для упрощения рабочего процесса студии создания сайтов, на основе определения ИК, реализующего системно-целевой подход. Построена структура рабочего процесса студии и структура работы отделов. Взаимосвязь между структурами оценена с помощью методов организации сложных экспертиз. Оценки представлены с помощью гистограмм. По результатам исследования сделаны выводы.

Ключевые слова: информационный комплекс, студия создания сайтов, метод организации сложных экспертиз, системно-целевой подход, информационные оценки, SCRUM, Agile.

Mariia A. Akimova,
Master Student, BSc

IMPLEMENTATION OF THE INFORMATION COMPLEX FOR THE STUDIO OF CREATION OF SITES

Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia,
akimova.ma@edu.spbstu.ru

Abstract. The paper describes the selection of the most suitable information complex to simplify the workflow of the website creation studio, based on the definition of IC, which implements a system-targeted approach. The structure of the workflow of the studio and the structure of the work of departments are built. The relationship between the structures is evaluated using the methods of organizing complex examinations. Estimates are presented using histograms. Based on the results of the study, conclusions are drawn.

Keywords: information complex, website creation studio, complex examinations organizing method, system-targeted approach, informational assessments, SCRUM, Agile.

Введение

В современном мире многиеводят свой бизнес в онлайн, создавая для этого персональные сайты.Чтобы сайт приносил желаемый результат, он должен быть реализован соответствующим образом.Поэтому, вы-

бирая, кому заказать сайт, представители бизнеса стремятся найти наилучший вариант. В качестве исполнителя часто выбирают студии создания сайтов, доверяя им создание облика будущего ресурса, обеспечения качества, удобства и полноты его функционала, надежность работы и многие другие параметры. Задачей данной работы является выбор подходящего информационного комплекса, обеспечивающего вышеперечисленные свойства с использованием методов и моделей системного анализа.

1. Определение информационного комплекса

В работе используется определение информационного комплекса, реализующее системно-целевой подход. Информационный комплекс состоит из следующих множеств [2]:

$$S \underset{def}{\equiv} <Z, STR, TECH, COND, \Delta T\ N>, \quad (1)$$

где $Z = \{z_i\}$ – совокупность подцелей;

$STR = \{STR_{\text{пр}}, STR_{\text{орг}}, ...\}$ – совокупность структур, реализующих подцели ($STR_{\text{пр}}$ – производственная, $STR_{\text{орг}}$ – организационная и т. п.);

$TECH = \{meth, means, alg, ...\}$ – совокупность технологий (методы – *meth*, средства – *means*, алгоритмы – *alg* и т. п.), реализующих систему с учетом преобразований в ней;

$COND = \{\varphi_{ex}, \varphi_{in}\}$ – условия существования системы, т. е. факторы, влияющие на ее создание и функционирование (φ_{ex} – внешние и φ_{in} – внутренние факторы);

N – «наблюдатели», т. е. лица, принимающие и исполняющие решения.

Тогда задача создания информационного комплекса состоит в определении состава компонентов каждой из страт и исследовании взаимосвязей между ними с использованием методов и моделей системного анализа, а именно методик структуризации целей и функций и методов организации сложных экспертиз.

В данном случае непосредственно пользователями информационного комплекса N будут сотрудники студии (менеджеры, дизайнеры, программисты). Также будет возможность для заказчиков наблюдать за текущим состоянием сайта.

В качестве Z будут повышение качества, распределение времени, распределение обязанностей.

STR можно представить как множество структур, состоящее из структуры сайта, структуры рабочего процесса и структуры отделов.

В данной работе под информационным комплексом подразумевается внедряемое приложение. Поэтому в качестве *TECH* будет выступать выбранное в ходе анализа приложение.

3. Анализ и сравнение приложений

Описанный предлагаемый комплекс имеет аналоги, уже представленные на рынке. В работе проанализируем 6 приложений и выберем из них три наиболее подходящих, чтобы вдальнейшим подобрать вариант, наиболее близкий к описываемому комплексу. Для анализа рассматриваются наиболее востребованные на рынке сервисы управления проектами, такие как Jira, GanttPro, Redbooth, Basecamp, Asana, Wrike (табл. 1).

В представленной таблице приведены результаты анализа на наличие у приложений требуемых функций (если функция присутствует, то стоит знак плюс).

Таблица 1

Анализ приложений на наличие требуемых функций

Функция/Приложение	Jira	GanttPro	Redbooth	Basecamp	Asana	Wrike
Управление запросами	+	+	+		+	+
Создание очередей	+	+	+	+	+	+
Отслеживание сроков	+	+	+	+	+	+
Управление изменениями	+	+			+	+
График изменений	+	+	+	+		+
Параллельное использование	+	+			+	+
Учет времени	+	+	+	+	+	+
Коммуникация	+	+	+	+		+
Кроссплатформенность	+		+	+	+	+
Интеграция с другими приложениями	+		+	+	+	+

Исходя из выявленных результатов, наиболее подходящими оказались JIRA, GanttPro и Wrike. Кроссплатформенность является скорее желательным, чем необходимым условием, поэтому в результаты был добавлен GanttPro.

4. Оценка статики приложений

С помощью моделей организации сложных экспертиз, основанных на использовании информационного подхода А.А. Денисова, можно получить информационные оценки.

Проведем анализ для выбора наиболее подходящего приложения путем сбора отзывов у сотрудников о представленных вариантах. Всех сотрудников разделили на три группы, каждой группе дали тестировать пробную версию одного из трех приложений. После двух недель пользования, сотрудникам дали возможность оценить приложения по его функциям. Алгоритм работы с моделью приведен на рисунке 1.

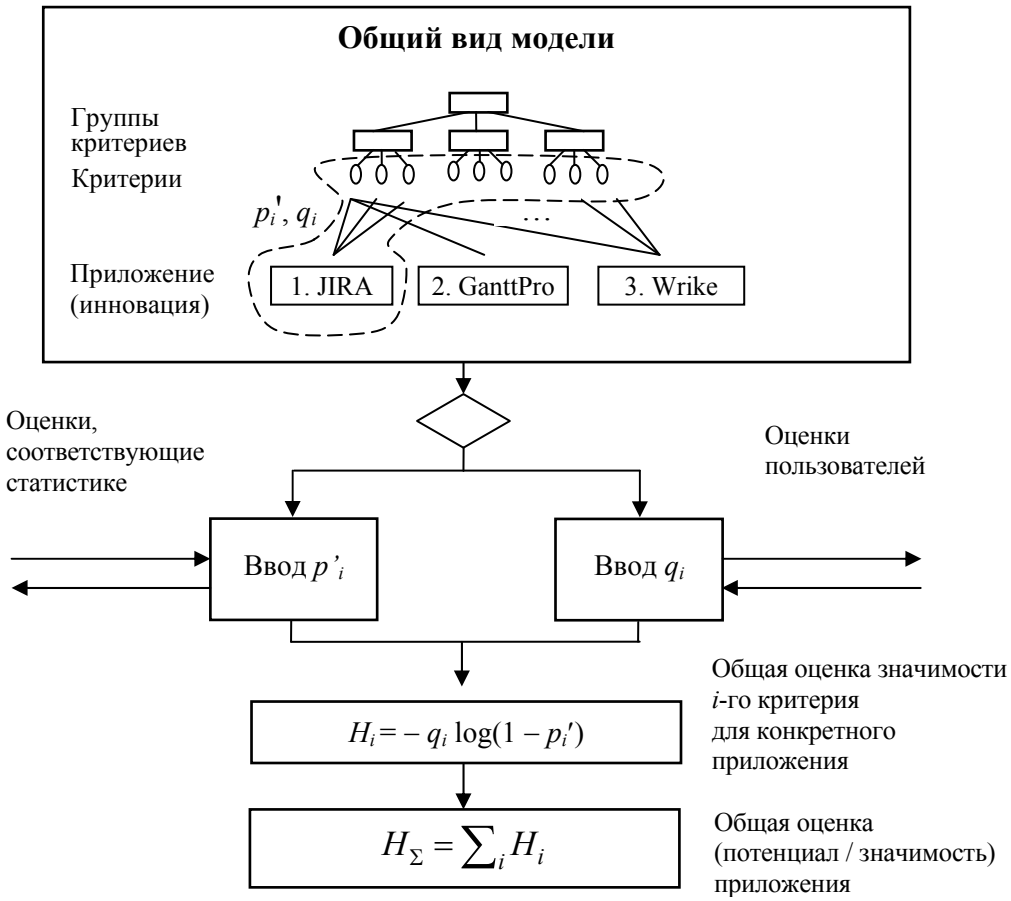


Рис. 1. Алгоритм реализации модели

Выделим основные критерии и определим оценки каждого приложения по критериям на основании отзывов сотрудников (оценки q_i) и собранной статистики из сети Интернет (оценки p'_i).

После чего рассчитаем общую оценку H_Σ каждого приложения как сумму полученных оценок критериев.

В результате проведенного анализа общая оценка H для JIRA – 2.38, для GanttPro – 2.08, для Wrike – 1.96.

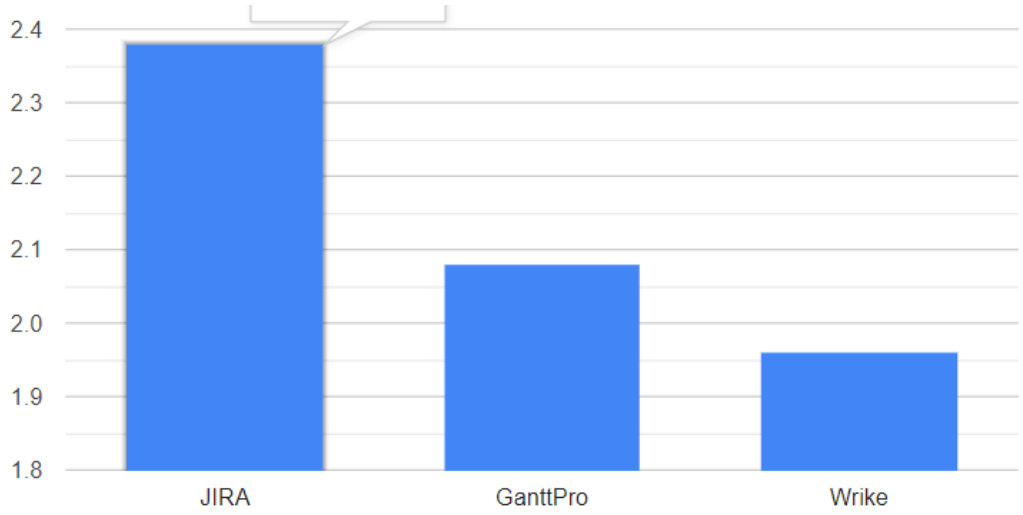


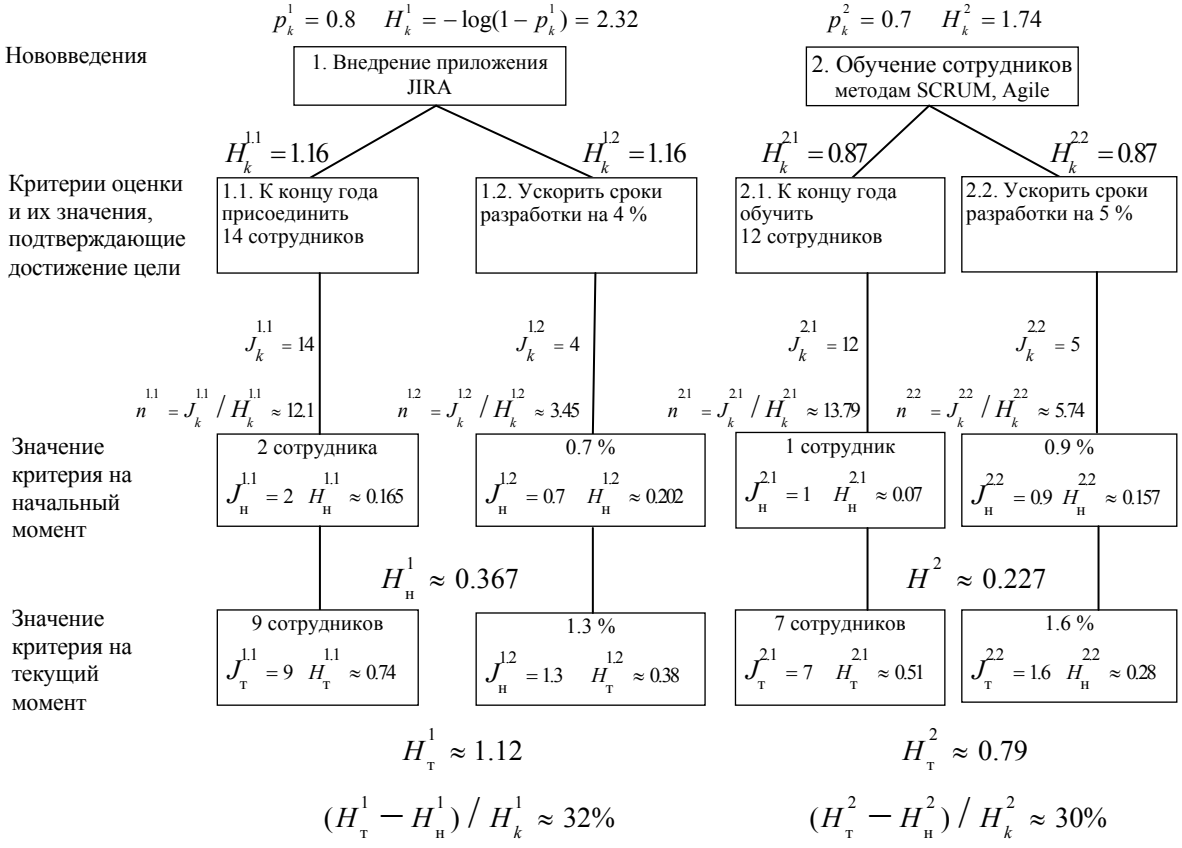
Рис. 2. Гистограмма оценок H

Исходя из проведенного исследования и выявленных результатов, было решено выбрать сервис JIRA для внедрения в качестве информационного комплекса.

5. Оценка динамики внедрения нововведений

Для оценки динамики внедрения нововведений проанализируем результаты, которые принесет внедрение информационного комплекса (сервиса JIRA) с результатами, которые будут, если внести организационные изменения, направленные на SCRUM, Agile.

Во-первых, сравнивается, сколько сотрудников будет охвачено в обоих случаях. Во-вторых, нужно проследить насколько изменятся сроки разработки в обоих случаях. Установив начальные значения и значения, которые планируется получить в результате внедрения каждого из нововведений, проведем анализ (рис. 3).



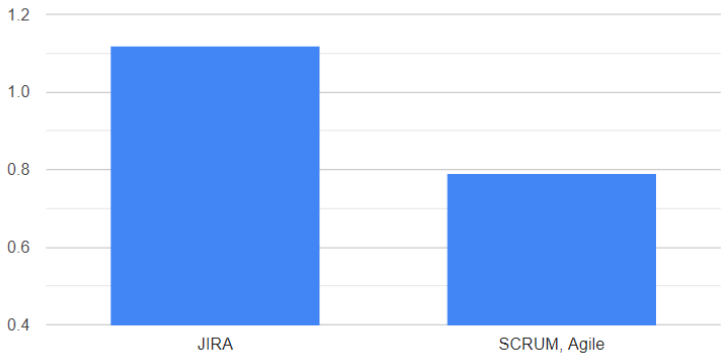


Рис. 3. Сравнительный анализ инноваций

Исходя из проведенного анализа, можно утверждать, что метод внедрения информационного комплекса будет эффективнее.

Заключение

В ходе работы была поставлена задача, решение которой поможет ускорить процесс разработки и позволит организовать рабочий процесс в студии создания сайтов. После проведения сравнительного анализа было принято, что лучше всего данную задачу можно решить с помощью внедрения в компанию информационного комплекса. Информационный комплекс был выбран по необходимым критериям среди предложенных на рынке. При проведении оценки работы нескольких схожих по своим возможностям сервисов, было решено в качестве информационного комплекса выбрать приложение JIRA.

Список литературы

1. Волкова В.Н., Денисов А.А. Методы организации сложных экспертиз: Учебное пособие. Изд. 4-е, переработанное и дополненное. СПб.: Издательство Политехн. университета, 2010. 128 с.

2. Волкова В.Н. Системный анализ информационных комплексов: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. С.302–308.

3. A Guide to the Project management body of knowledge(PMBOK Guide). 6th Edition. Philadelphia, Pennsylvania, USA: Project Management Institute, 2017. 756 p.

4. Agile Practice Guide. Philadelphia, Pennsylvania, USA: Project Management Institute, 2017. 210 p.

5. Швабер К., Сазерленд Дж. Исчерпывающее руководство по Скраму: Правила игры. Ноябрь 2017. 26 с. URL: http://brightmagazine.ru/wp-content/uploads/2019/01/2017-Scrum-Guide-Russian.pdf (дата обращения 30.05.2020).

УДК 005; 65.015.11
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-250

Рудовская София Владимировна,
магистрант, бакалавр

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО РАСПРЕДЕЛЕНИЮ СТАТЕЙ ПО РУБРИКАМ И ОЧЕРЕДНОСТИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ НОВОСТНОГО САЙТА

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия,
rudovskaya.sofia@yandex.ru

Аннотация. В статье описаны методические основы создания информационного комплекса для автоматизации принятия решений о распределении статей по рубрикам, определении порядка представления информации, подбору визуального контента для сайта новостного издательства «Комсомольская правда».

Приведен сравнительный анализ существующей и предлагаемой систем методом экспертных оценок и методом, основанном информационном подходе А.А. Денисова.

Ключевые слова: новостной сайт, информационно-поисковая система, экспертные оценки, информационные оценки, системно-целевой подход, информационный комплекс, организация сложных экспертиз.

Sofia V. Rugovskaya,
Master Student, BSc

AUTOMATION OF DECISION-MAKING ON THE DISTRIBUTION OF ARTICLES BY RUBRICS AND THE SEQUENCE OF SUBMITTING INFORMATION OF THE NEWS SITE

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia,
rudovskaya.sofia@yandex.ru

Abstract. The article describes the methodological foundations of creating an information complex for automating decision-making on the distribution of articles by category, determining the order of presentation of information, and selecting visual content for the website of the Komsomolskaya Pravda news publishing house. A comparative analysis of the existing and proposed systems by the method of expert assessments and the method based on the information approach of A.A. Denisov.

Keywords: news site, information and search system, expert evaluations, information estimations, system-target approach, information complex, complex expertise organization.

Введение

Важную роль в деятельности средств массовой информации играют веб-сайты издательств. Успех сайта напрямую зависит не только от содержащейся на нём информации, но и от его структуризации, для чего используется категоризация статей и определенные правила, по которым определяется порядок представления статей. Также, на восприятие информации влияет дополнение статей визуальным контентом – фото и видео. Цель работы – разработка методических основ создания информационного комплекса для автоматизации принятия решений о распределении статей по рубрикам, определении порядка представления информации, подбору визуального контента. В качестве организации рассматривается издательский дом «Комсомольская правда».

1. Постановка задачи

Определение системы, реализующее системно-целевой подход [1]:

$$S \underset{def}{\equiv} <Z, STR, TECH, COND, N>, \quad (1)$$

где $N =< n_1, n_2, ..., n_k >$ – пользователи; $Z =< z_1, z_2, ..., z_i >$ – новостные рубрики, $STR =< str_1, str_2, ..., str_m >$ – структуры взаимосвязи Z с информационными ресурсами, где $m = 2$, str_1 – совокупность рубрик сайта с новостными

сообщениями, str_2 – совокупность рубрик сайта с визуальными материалами; $TECH =< tech_1,...,tech_n >$ – совокупность технологий, используемых в издательстве и необходимых для реализации системы; $COND =< cond_1,...,cond_s >$ – условия существования системы, факторы, влияющие на её создание и функционирование.

Также есть множество $MT =< mt_1, mt_2,..., mt_j >$, представляющее совокупность двух групп материалов, которые предполагается распределять по рубрикам – статьи и визуальные материалы (фото, видео).

Тогда задачу можно формализовать следующим образом:

$$Z \Psi MT, \tag{2}$$

где $Z =< z_1, z_2,..., z_i >$ – новостные рубрики, $MT =< mt_1, mt_2,..., mt_j >$ – множество материалов, подлежащих распределению по рубрикам, Ψ – сложный функционал, представляющий собой совокупность методов структуризации целей и функций, организации сложных экспертиз и других методик, позволяющих реализовать структуры.

2. Описание предлагаемого комплекса

Разрабатываемый информационный комплекс должен автоматизировать подбор рубрик и визуальных материалов для статьи, а также улучшить качество подачи контента на сайте путём определения порядка следования статей на основе рубрики и относительной важности статьи. Функционально процесс публикации статьи представлен на рисунке 1.

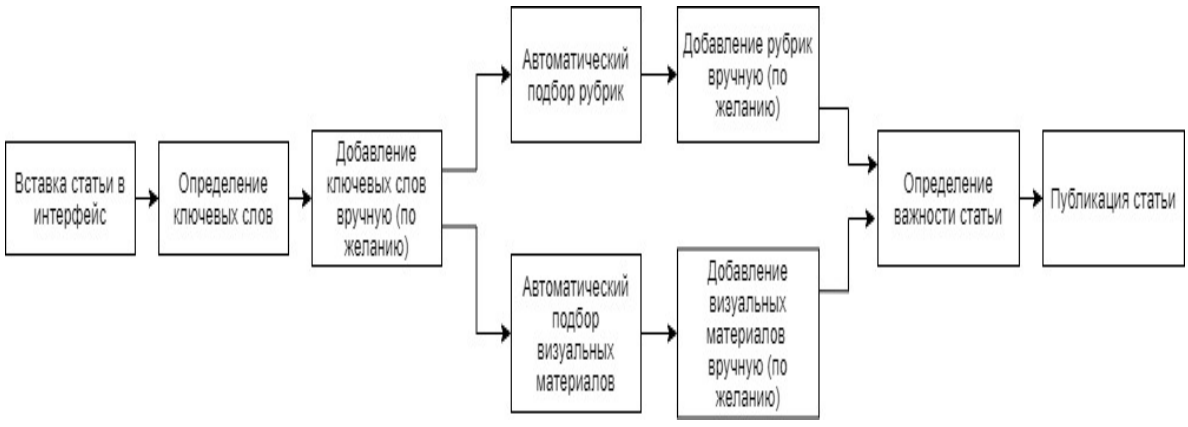


Рис. 1. Процесс публикации в разрабатываемом комплексе

Информационная структура разрабатываемого комплекса представлена в таблице 1.

Таблица 1

Информационная структура разрабатываемого комплекса

Страта 1. *Пользовательская* Дежурный по сайту, штатные корреспонденты, веб-редактор, фотокорреспондент, главный редактор.
Страта 2. *Функциональная* Автоматический подбор рубрик, автоматический подбор визуального контента, определение важности статьи, добавление рубрик вручную, добавление визуального контента вручную, отправка статьи на сайт.
Страта 3. *Информационных ресурсов* Набор рубрик, архив фотографий, алгоритм взаимодействия статей и рубрик, алгоритм взаимодействия визуального материала и рубрик, алгоритм определения важности статей.
Страта 4. *Коммуникационная* Компьютеры, серверы

3. Описание структур взаимосвязи рубрик с новостными сообщениями и визуальными материалами

Задачу построения структуры взаимосвязи рубрик со статьями и визуальными материалами можно представить как задачу информационного поиска. Информационно-поисковую систему можно описать по предложению А. И. Черного в виде совокупности четырех основных компонентов [5]:

$$IPS \underset{def}{\equiv} <LS, D, TS, N>, \qquad (3)$$

где LS – логико-семантический аппарат; D – поисковый массив рубрик; TS – базы данных рубрик, статей, визуальных материалов, тегов, алгоритмы сопоставления рубрик и документов с тегами, алгоритмы сопоставления поисковых образов рубрик с поисковыми образами запросов, компьютеры, сервера и т. д.; N – дежурный по сайту, корреспонденты, веб-редактор, фотокорреспондент, главный редактор.

Для формирования поисковых образов рубрик можно совместить два типа систем индексирования в следующем порядке: сформировать архив распределенных по рубрикам статей, далее с помощью статистического и сематического анализа статей найти ключевые слова – теги – для каждой рубрики; проверку найденных тегов провести вручную экспертами, добавить упущенные ключевые слова. Подобным образом формируется поисковый образ статьи.

Так как для определенной статьи или фотографии может быть определено несколько рубрик, то для рассматриваемой системы выбирается критерий смыслового соответствия «на частичное вхождение» [4]. Планируемая структура взаимодействия элементов поисковой системы представлена на рисунке 2.

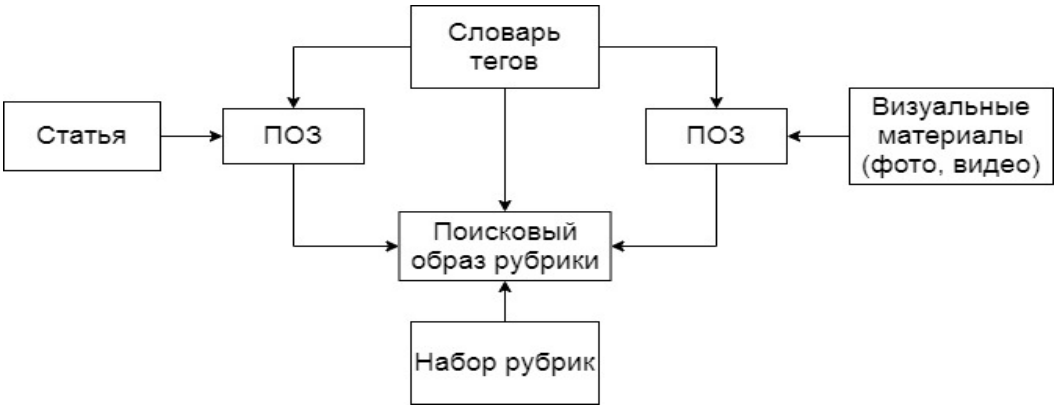


Рис. 2. Структура взаимодействия элементов поисковой системы рубрик

Подбор рубрики под соответствующую статью, фотографию или видео осуществляется следующим образом: для статьи или визуального материала формируется поисковый образ запроса; поисковый образ запроса сравнивается с поисковым образом рубрики; если определено частичное вхождение – запросу ставится в соответствие рубрика.

4. Описание методики определения порядка следования статей на сайте

Определены веса рубрик: Политика – 0.9, Экономика – 0.8, Общество – 0.9, В Мире – 0.9, Спорт – 0.6, Звёзды – 0.6, Здоровье – 0.6, Недвижимость – 0.5, Наука – 0.5. У временных рубрик вес всегда будет равен единице.

Следует учитывать, что у статьи может быть несколько рубрик. Тогда оценка веса статьи по рубрикам можно определить по формуле 4:

$$VR = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} vr_i , \tag{4}$$

где n – количество рубрик статьи, vr_i – веса рубрик.

Кроме того, необходимо ранжирование внутри рубрик. Например, с помощью оценки важности, которую объективно может выставить только корреспондент.

Тогда итоговая оценка целесоответствия новостной статьи представлена формулой 5.

$$VArt = VR * imp , \quad imp \in [0,1] \tag{5}$$

где VR – оценка веса статьи по рубрикам, imp – оценка важности статьи.

5. Оценка целесоответствия существующей и предлагаемой систем

Определена структура целей издательства при работе с сайтом, и на её основе для оценки целесоответствия использовано два метода: метод экспертных оценок на иерархических структурах и метод, основанный на

информационном подходе А.А. Денисова [3]. Методы применены к существующей и разрабатываемой системе.

Так как существующая система уже используется в редакции, то вероятности использования $q_i = 1$, тогда соответствующая формула метода А.А. Денисова [2] примет вид:

$$H_i = -\log(1 - p_i'). \quad (6)$$

Итоговые оценки значимости вычисляются путём суммирования оценок отдельных функций. Оценки p_i' по методу представлены на рисунке 3.

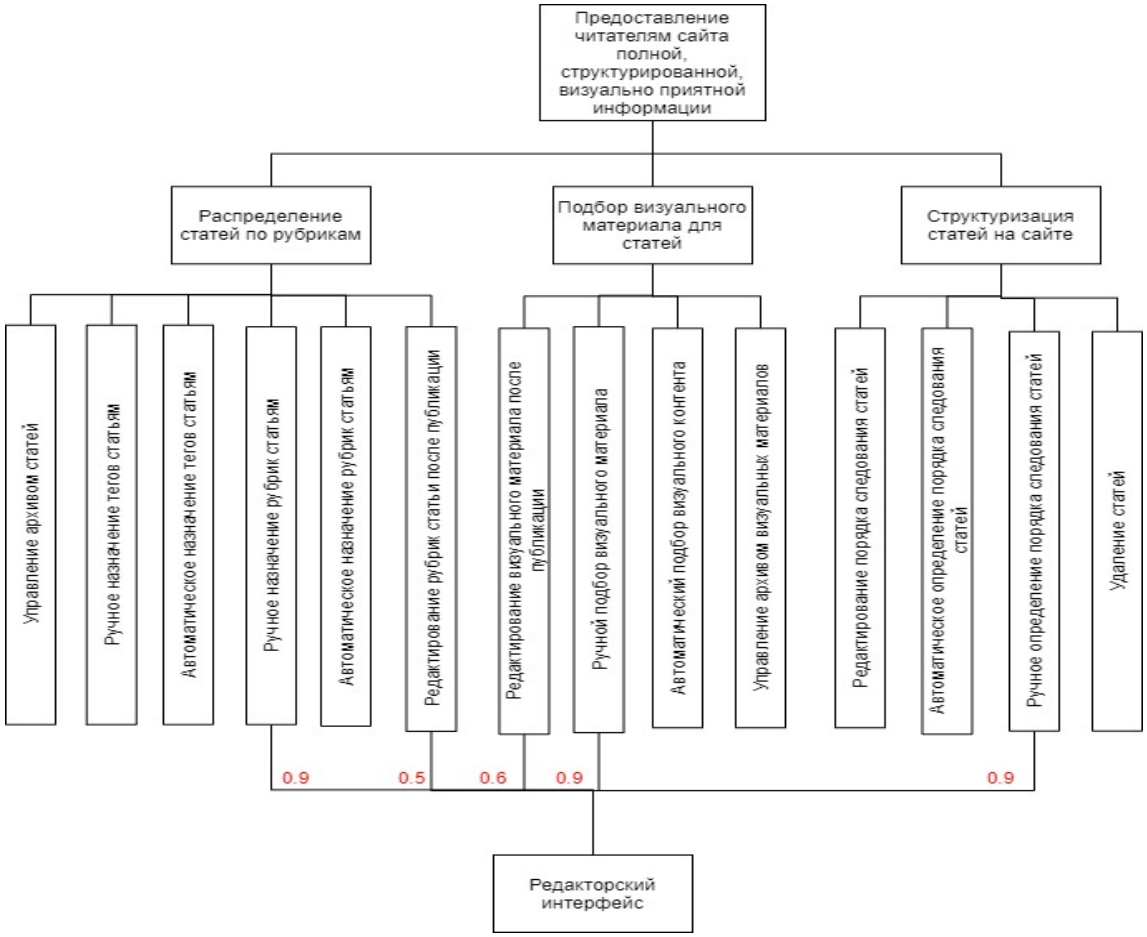


Рис. 3. Применение метода информационных оценок А.А. Денисова для существующей системы

Итоговая оценка значимости существующей системы: $H_1 = 3,7$.

Аналогичный анализ для разрабатываемой системы приведен на рисунке 4.

Итоговая оценка значимости предлагаемой системы: $H_2 = 8,34$.

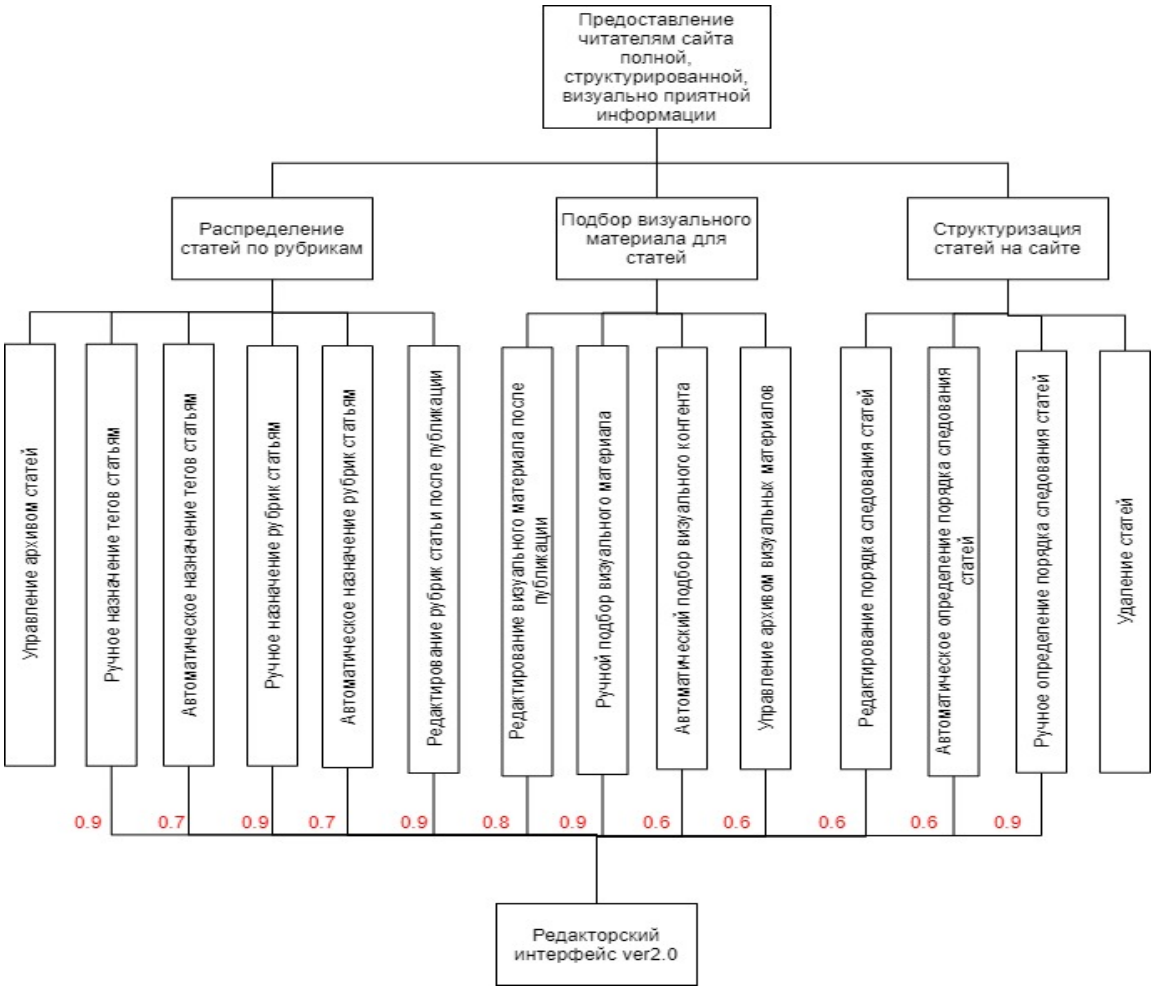


Рис. 4. Применение метода информационных оценок А.А. Денисова для разрабатываемой системы

Схема алгоритма реализации метода приведена на рисунке 5.

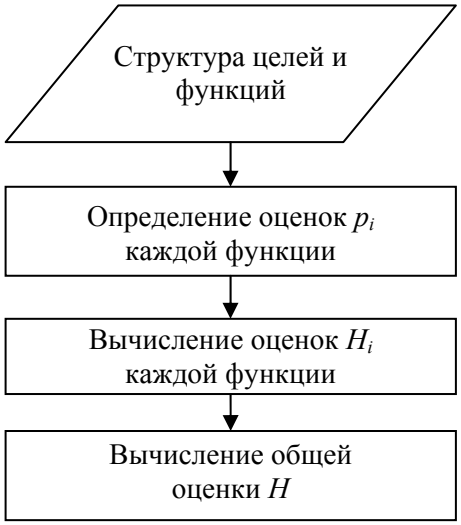


Рис. 5. Схема алгоритма реализации метода, основанного на информационном подходе А.А. Денисова

Подобным образом применен метод экспертных оценок, итоговые оценки: существующий интерфейс – 0,31; предлагаемый интерфейс – 0,9.

Оба метода показали существенное преимущество новой системы. Можно сказать, что существующая система реализует минимально необходимые функции, но внедрение новой системы может упростить и ускорить работу сотрудников по управлению сайтом издательства. Разрабатываемая система практически полностью покрывает потребности, это достигается как добавлением новых функций, так и путём совмещения в одной системе функций, которые в настоящий момент реализуются с помощью нескольких технологий.

Заключение

В ходе работы были предложены улучшения существующей системы работы с сайтом, применяемой в редакции издания «Комсомольская правда», а именно: автоматическое распределение статей по рубрикам, подбор визуального контента к статье, определение порядка следования статей на сайте. Также, была разработана структура взаимосвязи статей и визуальных материалов с рубриками сайта, методика определения порядка следования статей. Далее произведена оценка существующей и предлагаемой системы с помощью метода экспертной оценки и метода организации сложных экспертиз, основанного на информационном подходе А.А. Денисова. Судя по оценкам, предлагаемая система может сэкономить время сотрудников, убрать воздействие некоторых человеческих факторов. Также, в ходе работы проводилась формализация задачи, определение методики выполнения работы, выбор методов оценки, структуризация целей и функций издания при работе с сайтом, описание существующей и предлагаемой систем.

Список литературы

1. Волкова В.Н. Развитие определения системы // Матер. Международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении»: сб. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2001. С. 12–14.

2. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем: Учебное пособие. М.: Высшая школа, 2006. 511 с.

3. Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: Учебник. 3-е изд., перераб. и дополн. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. 304 с.

4. Михайлов А.И., Черный А.И., Гиляревский Р.С. Основы информатики. М.: Наука, 1968. 756 с.

5. Черный А.И. Введение в теорию информационного поиска. М.: Наука, 1975. 298 с.

УДК 303.732
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-251

Анисимов Андрей Сергеевич,
магистр

МОДЕЛЬ И АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ДИАЛОГОВАЯ ПРОЦЕДУРА ДЛЯ АНАЛИЗА СИТУАЦИЙ С УЧЕТОМ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ КОМПОНЕНТ

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия,
saiu@ftk.spbstu.ru

Аннотация. *Целью* данной статьи является разработка модели автоматизированной диалоговой процедуры для анализа взаимного влияния компонент при их взаимодействии в различных ситуациях.

Ключевые слова: автоматизированная диалоговая процедура, инновационные технологии, методы организации сложных экспертиз, модель.

Andrey S. Anisimov,
Master of Science

MODEL AND AUTOMATED DIALOGUE PROCEDURE FOR ANALYSIS OF SITUATIONS TAKING INTO ACCOUNT MUTUAL INFLUENCE OF COMPONENTS

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia,
saiu@ftk.spbstu.ru

Abstract. The purpose of this article is to develop a the model and an automated dialogue procedure for analyzing the mutual influence of components during their interaction in various situations

Keywords: automated dialogue procedure, innovative technologies, complicated expertises organizing methods, model.

Введение

Идеологи четвертой промышленной революции прогнозируют усложнение процессов функционирования и управления любыми ситуациями при внедрении инновационных технологий, особенно в результате их взаимодействия, что приводит к возникновению эффекта эмерджентности, т. е. появления непредсказуемых последствий, в числе которых могут быть не только желаемые результаты от внедрения инновационных технологий, но и негативные.

Поэтому поставлена задача разработки модели и автоматизированной диалоговой процедуры для анализа ситуаций с учетом взаимного влияния компонент.

1. Модель для исследования ситуаций с учетом взаимного влияния компонент

При внедрении технических, технологических, организационных нововведений на предприятиях, в научно-исследовательских и других организациях, для реализации крупных дорогостоящих межотраслевых проектов (космос, оборона, фундаментальные научные исследования и т. д.), при исследовании процессов в телекоммуникационных и социальных сетях, при проведении маркетинговых исследований и т. д. повышаются требования к тщательности анализа проблемных ситуаций, выбора проектов и их компонент, инновационных технологий и др. нововведений (НВВ).

В этих случаях целесообразно применять методы организации сложных экспертиз, необходимость разработки и использования которых объясняется недостатками прямых экспертных оценок.

Более объективные оценки позволяют получить методы, основанные на расчленении большой неопределенности, которая обычно возникает при решении приведенных выше проблем, на более обозримые, лучше подающиеся осмыслению и оценке. К таким методам относятся методы, организации сложных экспертиз, основанные на применении методик структуризации целей и информационных оценок степени целесоотвстствия исследуемых компонентов (факторов, нововведений и т. н.), основанные на информационном подходе А.А. Денисова [3]. Эти методы позволяют обеспечить более объективный анализ проблем с неопределенностью, в том числе при управлении нововведениями в процессе их внедрения, при информационном анализе ситуаций с учетом взаимного влияния оцениваемых компонент.

Методы и модели этой группы базируются на использования методов структуризации и информационного подхода к анализу систем [1, 4]. Структуризация помогает расчленить большую неопределенность на более обозримые, что способствует повышению объективности и достоверности анализа, а информационный подход позволяет оценивать последовательно степень целесоответствия анализируемых составляющих, т. е. влияние составляющих нижележащих уровней стратифицированной модели на вышестоящий.

Разработаны 3 вида методов этой группы [2, 4 и др.]:

1) методы оценки степени целесоответствия и вероятности реализации создаваемых систем или их компонент на оценке степени влияния компонент на реализацию целей:

$$H_i = -q_i \log(1 - p_i'), \tag{1}$$

где p_i' – вероятность достижения цели при использовании нововведения; q_i – вероятность использования конкретной компоненты при реали-

зации, достижении соответствующей подцели. Здесь привычная шенноновская вероятность недостижения цели (энтропия) p заменяется на сопряженную $(1-p_i')$.

2) методы сравнительного анализа компонент в течение определенного начального периода их проектирования (внедрения, развития) путем сопоставления изменения информационных оценок во времени; применяются для сравнительного анализа разнородных компонент (например, новых технологий), позволяя принимать решения о целесообразности продолжения их внедрения, разработки, дальнейшего инвестирования и т. п.;

3) методы оценки ситуаций, описываемых информационными уравнениями в статике и динамике; применяются при проведении маркетинговых исследований, анализе ситуаций с учетом взаимного влияния компонент. Такая оценка удобна, например, для любой рыночной ситуации покупки-продажи. Но особенно она важна при недрении инновационных технологий и др. нововведений.

Для рассматриваемой задачи исходно можно применить первый из названных методов и оценить значимость инновационных технологий или других нововведений $H_1, H_2, H_3, ..., H_i$.

Для того, чтобы учесть влияние этих НВВ друг на друга ситуацию можно отобразить следующей информационной моделью:

$$\begin{aligned} H_1 &= f(H_{11}, H_{12}, H_{13}, ...), \\ H_2 &= f(H_{21}, H_{22}, H_{23}, ...), \\ H_3 &= f(H_{31}, H_{32}, H_{33}, ...). \end{aligned} \qquad (2)$$

Совокупность зависимостей (1), отражающая взаимосвязь и взаимозависимость всех элементов информационной модели, для данного приложения может быть интерпретирована следующим образом:

$H_1, H_2, H_3, ..., H_i$ – значимость (сущность) 1-го, 2-го, 3-го и т. д. нововведения (в пространстве их возможного взаимодействия), т. е. значимости этих нововведений для исследуемой ситуации;

$H_{11}, H_{22}, H_{33}, ..., H_{ii}$ – собственная значимость 1-го, 2-го, 3-го, ..., i-го нововведения без учета взаимного влиянии других НВВ;

$H_{12}, H_{13}, ..., H_{21}, H_{23}, ..., H_{31}, H_{32}, ..., H_{ij}$ – изменения значимости i-го НВВ при влиянии на него j-го НВВ, которые могут иметь отрицательное (конкуренция) и положительное значение (например, увеличение производства и продажи автомобилей повышает спрос на запчасти к ним); прогнозируется, что взаимное влияние инновационных технологий может также приводить не только к желаемым положительным результатом, но и оказывать и отрицательные воздействия на ситуацию).

В зависимости от конкретных компонентов и ситуаций взаимоотношения между H_{ii} и H_{ij} могут быть отображены логическими отношениями дизъюнкции или конъюнкции ($\vee$, $\wedge$) или теоретико-множественными отношениями объединения и пересечения ($\cup$ и $\cap$).

Введя некоторое допущение, можно заменить соотношения (2) линейными уравнениями, в которых изменения нужно подставлять с соответствующими положительными или отрицательными знаками:

$$\begin{aligned} H_1 &= H_{11} + H_{12} + H_{13} + ..., \\ H_2 &= H_{21} + H_{22} + H_{23} + ..., \\ H_3 &= H_{31} + H_{32} + H_{33} + ... \end{aligned} \qquad (3)$$

Понятно, что не все НВВ влияют друг на друга, и H_{ij} могут быть равны нулю.

Соотношения (2) и (3) можно использовать как средство опроса экспертов.

Но можно предложить и более развернутую информационную модель для описания рыночной ситуации.

Значимость НВВ можно измерить детерминировано и с использованием вероятностных оценок. При детерминированном способе можно принимать разные усреднения [1, 4]. Выбрав простейшее из них, основанное на законе формальной логики ($\lambda = 1$), имеем

$$H_1 = J_1 / n_i, \qquad (4)$$

тогда

$$\begin{aligned} H_1 &= J_1/n_{11} + J_2/n_{12} + J_3/n_{13} + ... , \\ H_2 &= J_1/n_{21} + J_2/n_{22} + J_3/n_{23} + ... , \\ H_3 &= J_1/n_{31} + J_2/n_{32} + J_3/n_{33} + ... , \end{aligned} \qquad (5)$$

где J_1, J_2, J_3, ... , J_i, ... − информации об объеме нововведения i-го вида, измеряемые в относительных единицах с учетом минимально интересующего ЛПР объема A_i, т. е. $J = A_i / \Delta A_i$ (это необходимо для совмещения в одной модели нововведений различного вида, измеряемых в различных единицах и с разной точностью; ΔA_i определяет единицу измерения и выбирается ЛПР);

n_{ii} − емкость пространства нововведений соответствующего вида;

n_{ij} − емкость пространства для инноваций i-го вида при наличии нововведений j-го вида.

Умножив все составляющие в записи (5) на соответствующие им J_i, получим модель, более полно характеризующую исследуемую ситуацию в статике:

$$C_1 = \frac{J_1^2}{n_{11}} + \frac{J_1 J_2}{n_{12}} + \frac{J_1 J_3}{n_{13}} + \ldots,$$
$$C_2 = \frac{J_1 J_2}{n_{21}} + \frac{J_2^2}{n_{22}} + \frac{J_2 J_3}{n_{23}} + \ldots, \quad (6)$$
$$C_3 = \frac{J_1 J_3}{n_{31}} + \frac{J_2 J_3}{n_{32}} + \frac{J_3^2}{n_{33}} + \ldots,$$

На основе (5) и (6) также можно поставить оптимизационные задачи относительно разных инноваций и использовать полученные результаты при принятии решений о целесообразности их использования.

Можно учесть кинематику и динамику процесса внедрения инноваций [1, 3, 4].

Результаты (в том числе и при постановке на основе информационных моделей оптимизационных задач), получаются в относительных единицах или в битах (при статистическом измерении H); можно использовать и другую логарифмическую шкалу – десятичные или восьмеричные логарифмы (в последнем случае информация и H будут измеряться в байтах). Поэтому результаты можно использовать только для сопоставительного анализа.

2. Автоматизированная диалоговая процедура

Процедура разрабатывается в рамках открытой лицензии GPL, и соответственно предоставляет последующим пользователям права на:

- свободу запуска программы с любой целью;
- свободу изучения того, как программа работает, и её модификации (предварительным условием для этого является доступ к исходному коду);
- свободу распространения копий как исходного, так и исполняемого кода;
- свободу улучшения программы и выпуска улучшений в публичный доступ (предварительным условием для этого является доступ к исходному коду).

Алгоритм, описывающий работу процедуры от запуска до завершения, приведен на рисунке 1.

Учтены расчёты, определение числа компонент, сохранение результатов, пошаговый ввод данных, отображение промежуточных результатов. Данные пункты выполняют требования FUN-01 – FUN-05, а также USA-01.

В качестве основного языка разработки был выбран язык Python версии 3.6 [5]. Являясь одним из самых популярных языков на данный момент, за счет простоты и большого количества как встроенных, так и сторонних модулей расширений, он позволяет быстро писать полноценные приложения.

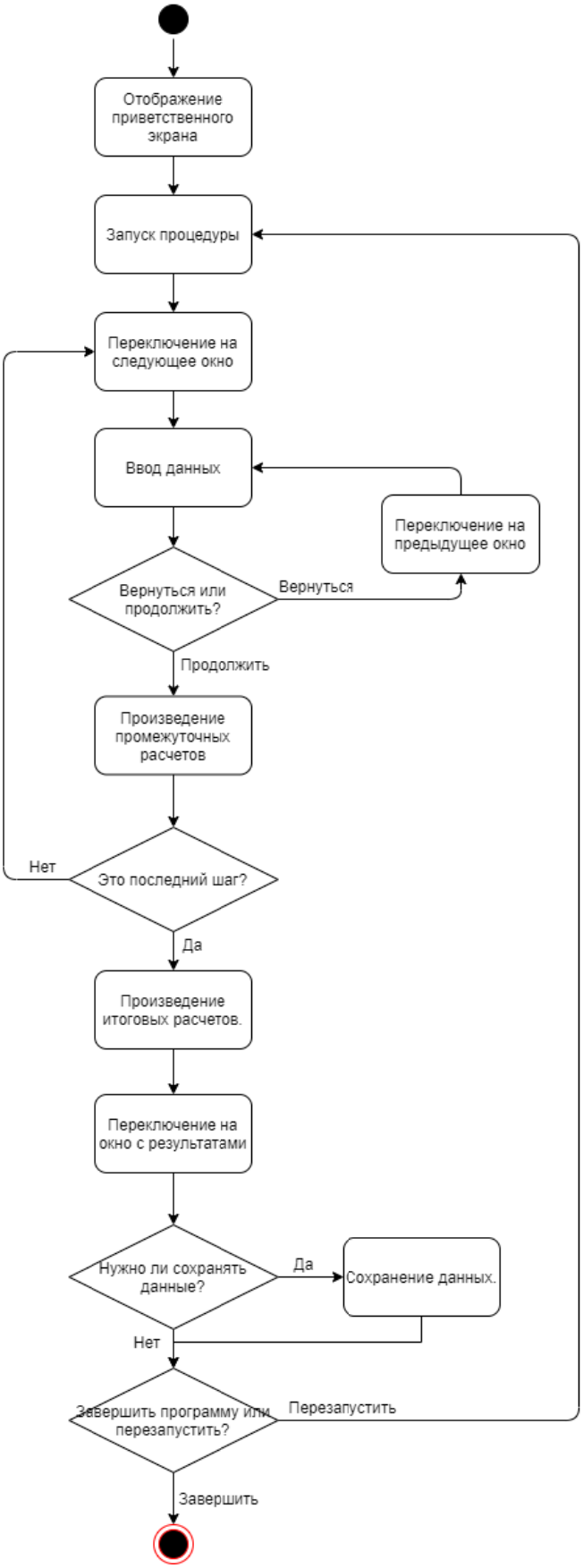


Рис. 1. Общий алгоритм работы процедуры

Большим преимуществом данного языка является поддержка всех современных операционных систем, что позволяет нам выполнить требование SUP-02. Являясь объектно-ориентированным языком, Python позволяет разным частям системы использовать функции других частей, тем самым позволяя уменьшить число повторного написания одинакового кода, а также упростить его поддержку. В качестве примера можно привести код класса CrossPage, отвечающего за шаги вычисления взаимного влияния компонент, чье число неизвестно до ввода данных пользователя.

Наиболее популярными фреймворками и библиотеками для разработки интерфейсов программ, написанных на языке Python, являются Tkinter и PyQt. Tkinter – это модуль, написанный на языке программирования Tcl. Основным ее преимуществом является то, что она входит в набор стандартных библиотек Python. В свою очередь PyQt является расширением полноценного графического фремворка Qt, включающего в себя программу-дизайнер графического интерфейса пользователя Qt Designer. Данная программа стала основной причиной выбора PyQt. Qt Designer предоставляет возможность быстро и удобно прототипировать графический интерфейс без использования кода, позволяя дизайнерам разрабатывать интерфейс без временных затрат на изучение программирования.

В случае с нашей процедурой нужно было разработать два окна. Первое окно – стратовая страница (рис. 2).

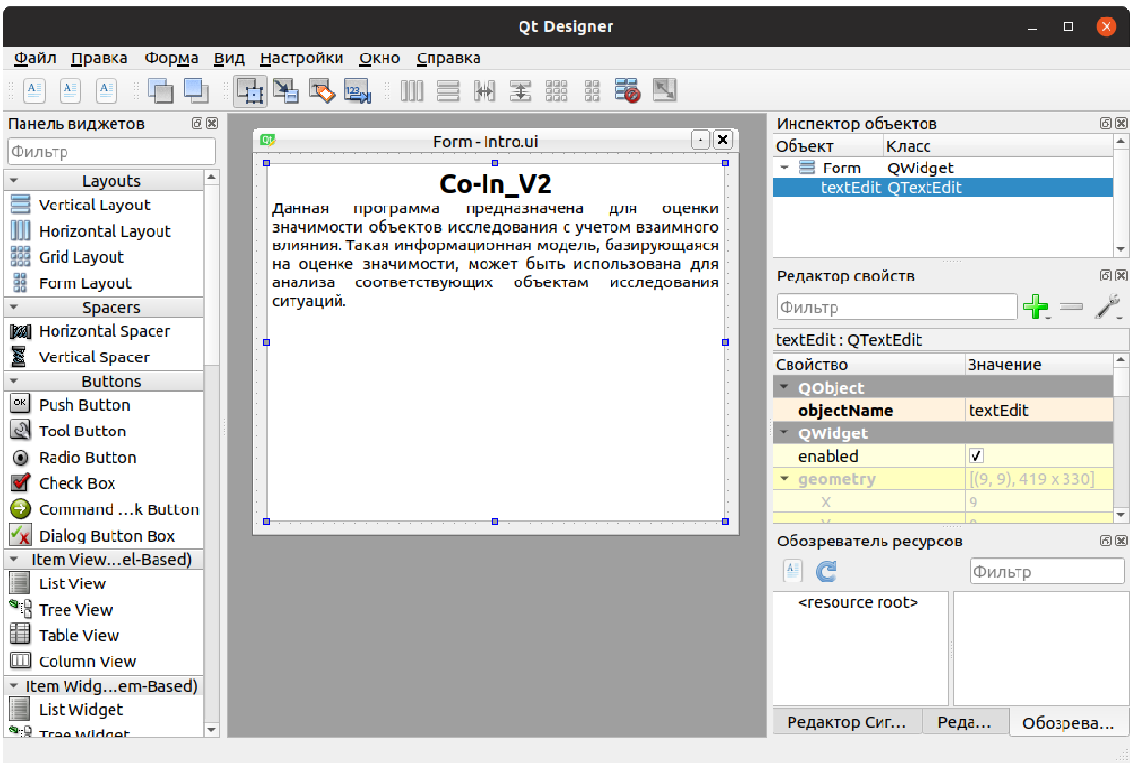


Рис. 2. Стартовая страница

На данный момент она и представляет из себя простое описание программы, что можно ыло сделать и без прототипа, но в дальнейшем подразумевается добавление новых функций, меню, логотипов, дизайн которых будет на много проще создать с помощью Qt Designer.

Второе окно – заготовка для пошагового ввода данных, состоящих из двух виджетов QGroupBox, размещенных внутри горизонтальной группировки (рис. 3).

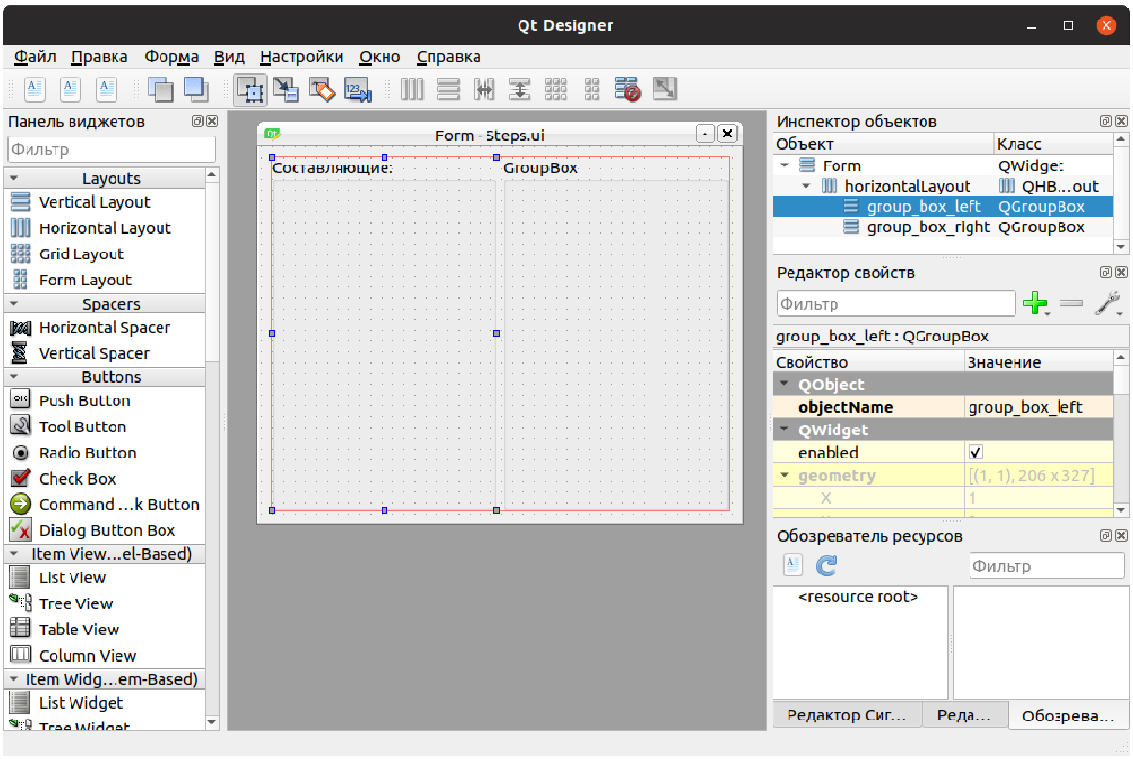


Рис. 3. Создание макета страницы для ввода данных

Заключение

Предлагаемая автоматизированная процедура может быть использована для анализа различных ситуаций. В том числе и ситуаций в телекоммуникационных сетях и сети Интернет.

Список литературы

1. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем и системный анализ: Учебник для вузов. М.: Издательство Юрайт, 2010. 679 с.

2. Волкова В.Н., Денисов А.А. Методы организации сложных экспертиз: Учеб. пособие. Изд. 4-е, перераб. и доп. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. 128 с.

3. Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: Учебник. 3-е изд. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 304 с.

4. Моделирование систем и процессов. Практикум: Учеб. пособие для академического бакалавриата / Под ред. В.Н. Волковой. М.: Изд-во Юрайт, 2016. 295 с.

5. Прохоренок Н.А., Дронов В.А. Python 3 и PyQt 5. Разработка приложений. СПб.: БХВ-Петербург, 2016. 832 с.

УДК 004.021
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-252

Крымов Виталий Анатольевич[1],
магистрант, бакалавр;
Рудовская София Владимировна[2],
магистрант, бакалавр;
Теплова Наталья Витальевна[3],
канд. физ-мат. наук, доцент

ОБНАРУЖЕНИЕ ВСПЫШЕК В СИГНАЛЕ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕЧЕНИЯ ВОДОРОДНОЙ ЛИНИИ ПО ДАННЫМ С ТОКАМАКА ГЛОБУС-М2

[1, 2, 3] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия,
[1] krimvit@yandex.ru, [2] rudovskaya.sofia@yandex.ru, [3] nataly239@mail.ru
[3] Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Разработан алгоритм обнаружения вспышек по данным с токамака Глобус-М2, необходимый при решении задач управляемого термоядерного синтеза. Показан метод, позволяющий отличить вспышку от выброса на основе анализа конечных разностей. Приведены графические иллюстрации на примере одного из экспериментальных разрядов. В основу алгоритма положены базовые принципы статистики, понятие робастности и основы системного анализа. Алгоритм реализован на языке статистической обработки данных R.

Ключевые слова: токамак, Глобус-М2, выброс, вспышка, физика плазмы, R, водородная линия.

Vitaliy A. Krymov[1],
Master Student, BSc;
Sofia V. Rugovskaya[2],
Master Student, BSc;
Natalya V. Teplova[3],
Candidate of Physical nd Mathematical Sciences,
Associate Professor

FLASH DETECTION IN THE HYDROGEN LINE LIGHT INTENSITY SIGNAL ACCORDING TO DATA FROM THE GLOBUS-M2 TOKAMAK

[1, 2, 3] Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia,
[1] krimvit@yandex.ru, [2] rudovskaya.sofia@yandex.ru, [3] nataly239@mail.ru
[3] Ioffe Physical-Technical Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

Abstract. An algorithm for bursts detecting based of data obtained from the Globus-M2 tokamak, essential for solving problems of controlled thermonuclear fusion, is developed. A method shown distinguishes a burst from blowout based on the finite difference analysis. Graphic illustrations are given for the example of one of the experimental discharges. The algorithm is based on the basic principles of statistics, the concept of robustness and the foundations of system analysis. The algorithm is implemented in the language of statistical data processing R.

Keywords: tokamak, Globus-M2, outlier, flash, plasma physics, R, hydrogen line.

Введение

Управляемый термоядерный синтез (УТС) ставит амбициозную научно-техническую задачу, предлагая решение проблемы нехватки невозобновляемых энергетических ресурсов [1].

Управляемый термоядерный синтез представляет собой синтез более тяжелых атомных ядер из более легких с целью получения энергии. В настоящее время наиболее перспективным представляется применение дейтерия и трития в указанных реакций, а также, в более отдалённой перспективе, гелия-3.

Проблема указанного синтеза заключается в том, что одним из условий его существования является преодоление кулоновских сил отталкивания между одинаково заряженными частицами.

Указанное преодоление возможно в том случае, когда температура плазмы, содержащая атомы, будет более 108 кельвинов, что составляет примерно 100 миллионов градусов Цельсия для реакции дейтерия и трития.

Наиболее трудной в настоящее время является задача изоляции плазмы от стенок реактора. Это требуется для достижения устойчивости системы. Под устойчивостью будем понимать способность возвращаться в состояние равновесия после того, как система была выведена из этого состояния под влиянием внешних или внутренних воздействий [3]. С этой целью были построены токамаки – тороидальные камеры с магнитными катушками. Магнитное поле, генерируемое токамаками, нагревает и удерживает плазму при относительно низком давлении и высокой температуре.

В настоящее время в процессе экспериментов на токамаках наблюдаются явления выбросов и вспышек в сигнале интенсивности свечения водородной линии. Подобные вспышки и выбросы могут приводить к срыву разряда, что делает невозможным применение токамаков в промышленном масштабе.

Целью работы является разработка алгоритма, способного обнаруживать вспышки и выбросы в подобных сигналах и дифференцировать их между собой.

Актуальность работы связана с поиском в научном сообществе способов и методов обнаружения вспышек, выбросов и установления зако-

номерностей их появления для предотвращения и продвижения в области термоядерного синтеза [4]. В дальнейшем предполагается определение взаимосвязи вспышек в сигнале свечения водородной линии и пилообразных колебаний.

В качестве объекта рассмотрены экспериментальные данные, полученные с установки токамака Глобус-М2.

В качестве предмета выбран d-alpha сигнал разряда 36612.

Постановка задачи

Пусть дана дискретная функция $f_k \in \mathbb{R}$, определённая формулой (1) и показывающая уровень напряжения U альфа-канала токамака.

$$f_k, \qquad k = \overline{1, \frac{t_e - t_s}{N}}, \tag{1}$$

где t_e – время окончания периода наблюдения, t_s – время начала периода наблюдения, N – число наблюдений, зафиксированных за период наблюдения.

Указанное определение числа k принимается в случае, если фиксация наблюдений происходит через равные промежутки времени.

Задача заключается в определении вспышек и нахождении подхода для дифференциации вспышек и выбросов.

Разработка алгоритма

1. Для каждой точки f_k, $k \neq 0,1,(N-1),N$ рассматривается точка $f_{m_k} = f_{k-2}$. Вычисляется конечная разность первого порядка между этими точками (2).

$$\Delta f_k = f_k - f_{m_k}. \tag{2}$$

2. Затем определяется медианное значение полученных конечных разностей (3).

$$\exists g : F(\Delta f_g) = 0.5, \tag{3}$$

где $F(x)$ – функция распределения значений конечных разностей.

Авторы избрали подобную характеристику выборки за счёт того, что она обладает большей робастностью, то есть характеризуется большей устойчивостью к выбросам и помехам.

3. Выбранное медианное значение конечных разностей x далее участвует в алгоритме определения выбросов и вспышек. В частности, требуется построение множества s (4):

$$s = \left\{ s_k : s_k = \left| f_k - \Delta f_g \right| \right\}. \tag{4}$$

4. Выберем параметр $M \in \mathbb{R}$, превышающий в 5 раз 99-й процентиль набора s [2].

5. На основе исходных данных выполняем переопределение значений по следующему правилу (5):

$$s = \begin{cases} s_k, s_k > M, \\ 0, s_k \le M. \end{cases} \quad (5)$$

6. Для каждой группы точек s_k выбираем достаточно малую окрестность ε, в которой находим наибольшее отклонение (6):

$$s_p = \max_{s_k \in \varepsilon} s_k \quad (6)$$

7. Под выбросом будем понимать точки f_p, которые удовлетворяют условию (7).

$$f_{p-2} < f_p < f_{p+2} \text{ или } f_{p+2} < f_p < f_{p-2} \quad (7)$$

8. Выбросы подлежат исключению из набора. Остальные точки будем считать подозрительными на вспышки.

9. Будем считать точки, подозрительные на вспышки, вспышками, если отклонение этой точки от следующей точки по модулю больше $0{,}75M$.

Пример

Рассмотрим работу алгоритма на примере экспериментального разряда 36612.

Вычислим конечные разности первого порядка. Найдём медианное значение и вычислим отклонения от медианного значения, представив графически. Код этого фрагмента приведён ниже.

```
# Загрузка и считывание файла с D-alfa
file <- "C: \\36612MP.txt"
Dalfa <- read.delim(file, header = FALSE, sep = "\t", dec =
".")
colnames(Dalfa) <- c('time','value')

# Строим график
ggplot() + geom_line(data = Dalfa, aes(x=time, y=value))

# Для каждой точки найдём предыдущую точку через одну и сле-
дующую точку через одну
Dalfa['next_value'] <- Dalfa[c(3:nrow(Dalfa),NA, NA),'value']
Dalfa['prev_value'] <- Dalfa[c(NA, NA, 1:(nrow(Dalfa)-
2)),'value']

# Найдём разность между текущей и предыдущей через одну точкой
Dalfa['diff'] <- abs(Dalfa$value - Dalfa$prev_value)

# Найдём медианное значение разностей
median_diff_Dalfa <- median(Dalfa[c(-1,-2),'diff'])
```

```
# Найдём абсолютное отклонение разности от медианного значения
для каждой точки
Dalfa['diff_deviation'] <- abs(Dalfa['diff'] - me-
dian_diff_Dalfa)

# Строим график отклонений разностей
ggplot() + geom_line(data = Dalfa, aes(x=time,
y=diff_deviation))
```

График отклонений приведён на рисунке 1. Здесь на оси *x* отложено время в секундах, по оси *y* – напряжение в вольтах.

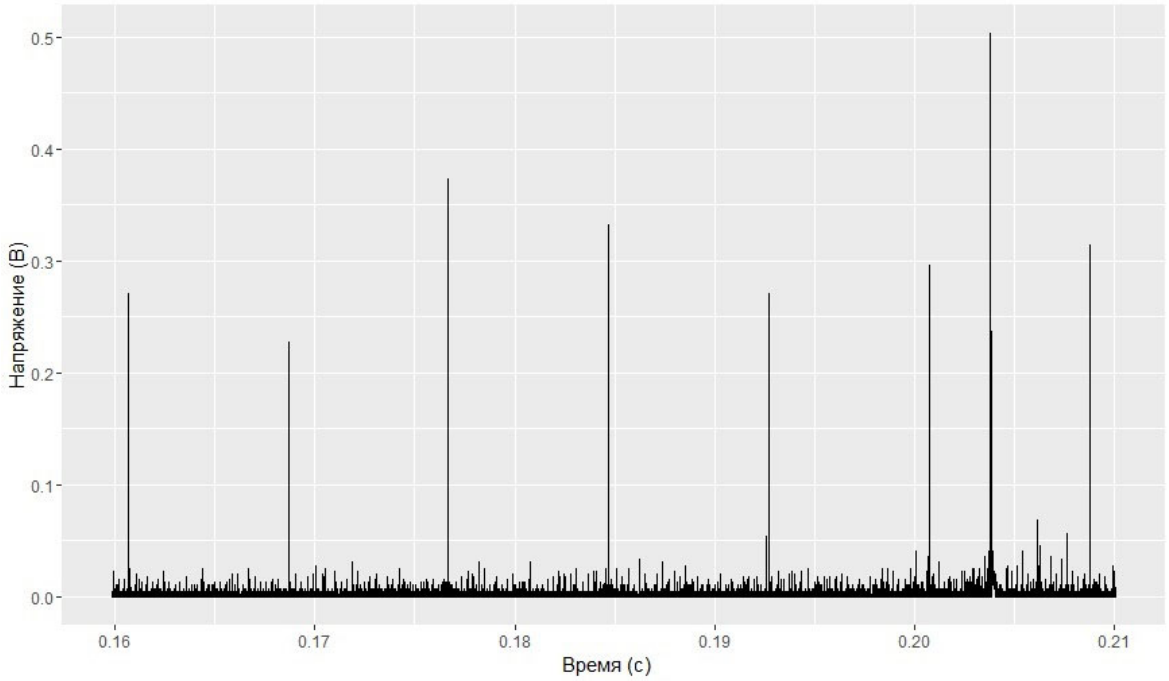


Рис. 1. График отклонений значений от медианного значения конечных разностей

Находим 99-й процентиль, выбираем параметр *M*, находим отклонения разностей, большие параметра *M*, определив таким образом точки выбросов, и затем совместим график сигнала d-alpha с найденными точками. Листинг программы приведён ниже.

```
# Найдём 99-й процентиль отклонений разностей
qnt <- quantile(Dalfa$diff_deviation, 0.99, na.rm=TRUE)

# Выберем параметр M как число, в 5 раз большее 99-го процен-
тиля
M = 5*qnt[1]

# Если отклонение разности меньше выбранного параметра - зану-
ляем
Dalfa['diff_deviation']<-ifelse(Dalfa$diff_deviation>M, Dal-
fa$diff_deviation, 0)
```

```
# Найденные выбросы поместим в новый фрейм
flash <- na.omit(Dalfa[Dalfa$diff_deviation>0, ])

# Строим график с точками-выбросами
ggplot() + geom_line(data = Dalfa, aes(x=time, y=value)) +
geom_point(data=flash, aes(x=time, y=value), color='red')
```

После чего получаем график на рисунке 2.

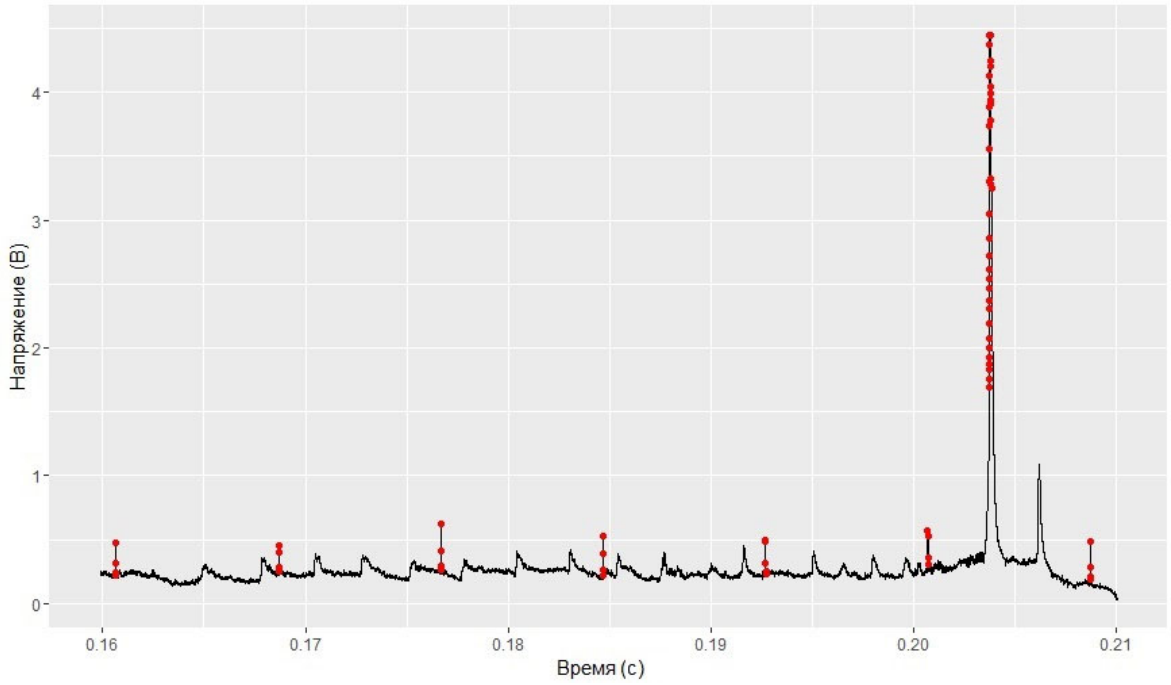


Рис. 2. Исходный график сигнала с обнаруженными точками выбросов и вспышек

На графике красными точками показаны найденные точки. У найденных точек f_k и точек $f_{m_k} = f_{k-2}$ разность значения напряжения больше параметра M. Очевидно, не все показанные точки являются вспышками или не являются точками максимального напряжения в момент вспышки.

Чтобы отделить вспышки от выбросов необходимо выполнить пункты 6–9 алгоритма. Листинг приведен ниже.

```
# Определяем окрестности точек
flash$group <- !duplicated(round(flash['time'], digits=3))
flash$group <- cumsum(flash$group)

# Находим точку с максимальным значением разности в каждой ок-
рестности
flash <- flash %>% group_by(group) %>% slice(which.max(diff))

# Оставим только те точки, значения которых меньше\больше зна-
чений соседних точек
```

```
flash <- flash[(abs(flash$value) - flash$prev_value > 0) &
(abs(flash$value) - flash$next_value > 0),]
# Оставим только те точки, у которых абсолютное отклонение
# разности между текущим значением и следующим значением >
0.75M
flash <- flash[abs(flash$value - flash$next_value) - me-
dian_diff_Dalfa > 0.75*M,]
```

После применения алгоритма, связанного с дифференциацией выбросов от вспышек, получим график на рисунке 3. Здесь, как и ранее, на оси x отложено время в секундах, по оси y – напряжение в вольтах. На графике видно, что из всех найденных точек остались только те, что являются вспышками. Причём, найденные точки – максимальные значения вспышек, что позволяет определить максимальное и минимальное напряжение в моменты вспышек на протяжении всего сигнала d-alpha.

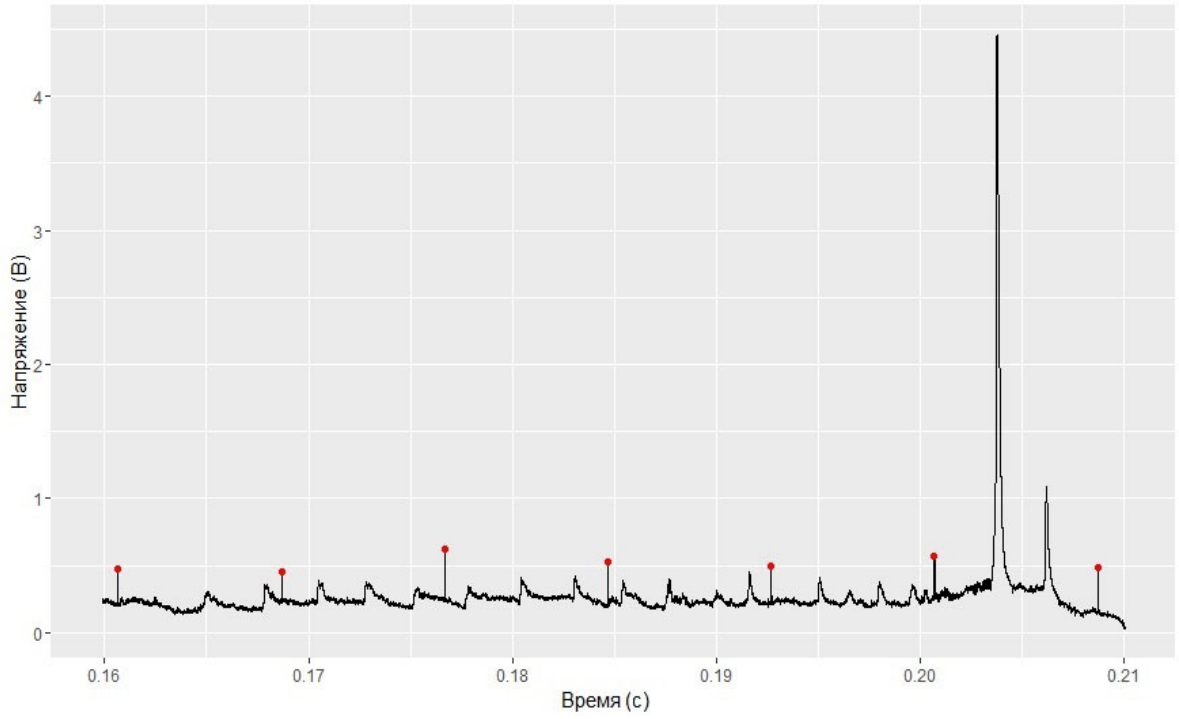


Рис. 3. Исходный график сигнала с обнаруженными вспышками

Заключение

В указанной работе была достигнута цель – разработан алгоритм обнаружения вспышек и дифференциации их от выбросов с помощью конечных разностей и анализа скорости изменения графика. Алгоритм приведён на языке статистической обработки данных R. Работоспособность алгоритма продемонстрирована на примере экспериментальных данных.

Благодарности

В работе использованы экспериментальные данные, полученные на уникальной научной установке «Сферический токамак Глобус-М», входящей в состав ФЦКП «Материаловедение и диагностика в передовых технологиях» (уникальный идентификатор проекта RFMEFI62119X0021). Коллектив авторов выражает благодарность научному сотруднику ФТИ им. А.Ф. Иоффе Курскиеву Г.С. за подробные консультации по анализу экспериментальных данных.

Список литературы

1. Шафранов В.Д., Бондаренко Б.Д., Гончаров Г.А., Лаврентьев О.А., Сахаров А.Д. К истории исследований по управляемому термоядерному синтезу // Успехи физических наук. 2001. № 8 (171). С. 877–886. URL: https://ufn.ru/ru/articles/2001/8/o/ (дата обращения: 23.04.2020). DOI: 10.3367/UFNr.0171.200108o.0877.

2. Брюс П., Брюс Э. Практическая статистика для специалистов Data Science: 50 важнейших понятий / Пер. с англ. СПб.: БХВ-Петербург, 2018. 303 с.

3. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник / Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. М.: Высшая школа, 2004. 616 с.

4. Vega J., Murari A., Gonzalez S. A universal support vector machines based method for automatic event location in waveforms and video-movies: Applications to massive nuclear fusion databases // Review of scientific instruments. 2010. №81.

УДК 330.1
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-253

Нгуен Тхи Тху Зунг[1],
студент ИКНТ;
Черненькая Людмила Васильевна[2],
д-р техн. наук, профессор ИКНТ

МОДЕЛЬ ДЛЯ АНАЛИЗА РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РАЙОНА ТХАЙ-БИНГ (ВЬЕТНАМ) НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ МНОГОМЕРНОЙ СТАТИСТИКИ

[1, 2] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия,
[1] thudung.mta.tb@gmail.com, [2] ludmila@qmd.spbstu.ru

Аннотация. В социально-экономических системах широко используются методы многомерной статистики. Для определения факторов экономического развития был проведен сбор сведений о нескольких районах Вьетнама. На основе анализа методов многомерной статистики для решения подставленной задачи были выбраны два метода: метод факторного анализа и метод корреляционно-регрессионного анализа. Разработана модель, включающая методы расчета рейтинга и прогноза развития экономики нескольких районов Вьетнама. Модель реализована с

помощью пакета прикладных программ Matlab. Проведена апробация разработанной модели и анализ результатов. Выявлены факторы, влияющие на социально-экономические характеристики региона.

Ключевые слова: статистика, методы многомерной статистики, факторный анализ, корреляционно-регрессионный анализ, анализ развития экономики.

Nguyen Thi Thu Dung[1],
Master Student, Institute of Computer Science and Technology;
Liudmila V. Chernenkaya[2],
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor of Institute of Computer Science and Technology

MODEL FOR ANALYSIS OF THE ECONOMIC DEVELOPMENT OF THAI BINH (VIETNAM) ON THE BASIS OF MATHEMATICAL METHODS OF MULTIDIMENSIONAL STATISTICS

[1, 2] Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia,
[1] thudung.mta.tb@gmail.com, [2] ludmila@qmd.spbstu.ru

Abstract. In socio-economic problems, multidimensional statistical methods are widely used. For the determination of economic development factors, the accumulating of data about several regions of Vietnam has been carried out. Based on the analysis of multidimensional statistical methods, for solving of the stated task two methods were chosen: methods for factor analysis and correlation- regression analysis. The model, that includes methods for calculation of rating and the forecast for economic development of selected regions of Vietnam, has been developed. The simulation was realized with using of the application package Matlab. The developed model is tested, and the analysis of results has been carried out. Factors, that bring impacts on the social-economic characteristics of the region, are determined.

Keywords: statistics, multidimensional statistical methods, factor analysis, correlation and regression analysis, analysis of economic development.

Введение

Каждый район Вьетнама представляет собой целостную социально-экономическую систему, которая характеризуется множеством параметров. Как для анализа любой социально-технической системы [1], так и для анализа развития экономики района целесообразно использовать многомерный статистический анализ – раздел математической статистики, посвященный математическим методам построения оптимальных планов сбора, систематизации и обработки многомерных статистических данных с целью выявления характера и структуры взаимосвязей между компонентами каждого исследуемого многомерного признака.

1. Постановка задачи

Цель исследования заключается в обосновании выбора математических методов многомерной статистики и построении модели анализа экономики района Тхай-бинг (Вьетнам). Статистический анализ многофакторной статистики позволяет перейти от исходной системы, которая характеризуется многими экономическими показателями, к новой модели, которая характеризуется неродственными компонентами или факторами [2, 3]. Метод факторного анализа позволяет уменьшить размерность исходных данных при минимальной потере исходной информации [4].

Для изучения взаимозависимостей параметров системы использован корреляционно-регрессионный анализ, построено уравнение регрессии, характеризующее зависимость признака от определяющих его факторов [5].

Разработана модель для анализа развития экономики района Тхай-Бинга (Вьетнам), основанная на комбинации двух математических методов многомерной статистики: метода факторного анализа и метода корреляционно-регрессионного анализа.

2. Решение задачи

Для выполнения этих задач в этом исследовании были предприняты следующие шаги:

Шаг 1. Сбор статистических данных для анализа.

Шаг 2. Проведение анализа по методу факторного анализа и методу корреляционно-регрессионного анализа с помощью пакетов прикладных программ Matlab и Statistica.

Шаг 3. Анализ и подтверждение полученных результатов.

На подготовительном этапе практические данные района Тхай-Бинга, включающие 44 под-факторные переменные, принадлежащие 13 факторам, были закодированы. Факторы, которые были рассмотрены для проведения анализа данных, были следующими:

1. Рыночный спрос на продукцию
2. Доступ к материальным и нематериальным ресурсам
3. Доступ к земле и жилью
4. Деловой климат
5. Местные налоги
6. Местные школьные системы
7. Утилиты
8. Экологическая осведомленность
9. Спорт и культура
10. Качество рабочей силы
11. Транспортная инфраструктура
12. Политика правительства в области экономического развития
13. Другие

2.1. Анализ на основе методов факторного анализа

Замечание 1. Для получения при использовании факторного анализа надежных результатов рекомендуется, чтобы размер выборки был в 4–5 раз больше числа исходных переменных[6].

В данном случае размер выборки составлял 1000 опрошенных, поэтому первое требование выполняется.

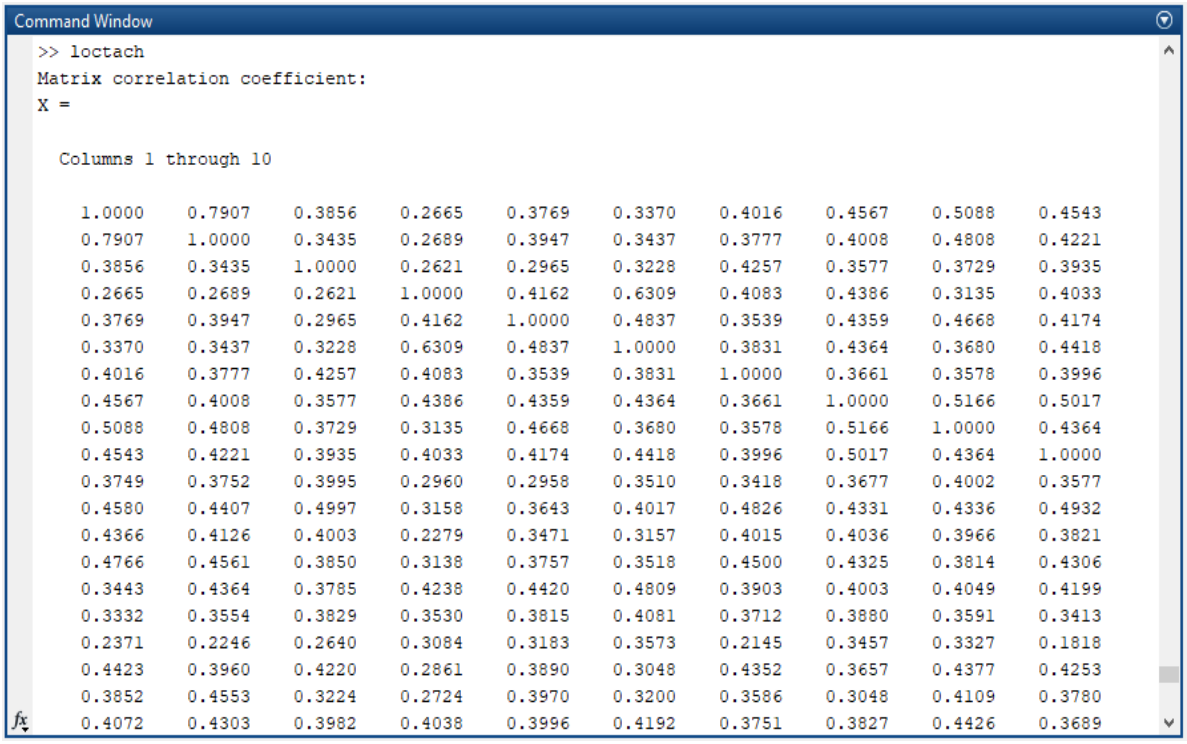


Рис. 1. Матрица корреляций

Проверка корреляционных коэффициентов между под-факторами. На рисунке 1 представлена корреляционная матрица, которая отражает попарную корреляцию между возможными парами переменных, включённых в анализ. Проанализировав полученную матрицу, можно сделать вывод, что большинствокорреляционных коэффициентов между под-факторами больше 0.3, что хорошо для анализа.

Замечание 2. Факторный анализ эффективен, если между исходными переменными существует заметная корреляция.

Чтобы убедиться, что это так, осуществляется проверка по критерию выборочной адекватности Кайзера – Мейера – Олкина (КМО) [7]. Факторный анализ целесообразно применять, если значение КМО находится в пределах от 0,5 до 1. В нашем случае этот показатель равен 0.8976 (примерно 89,76 %), что является хорошим результатом.

На рисунке 2представлен вывод графика каменистой осыпи (Scree Plot), т. е. графика последовательного убывания собственных значений матрицы коэффициентов корреляции между исходными переменными.

При этом собственное значение (eigenvalue) должно быть больше 1. Как следует из рисунка 2, имеется 10 компонент, для которых eigenvalues > 1, поэтому число компонент будет 10.

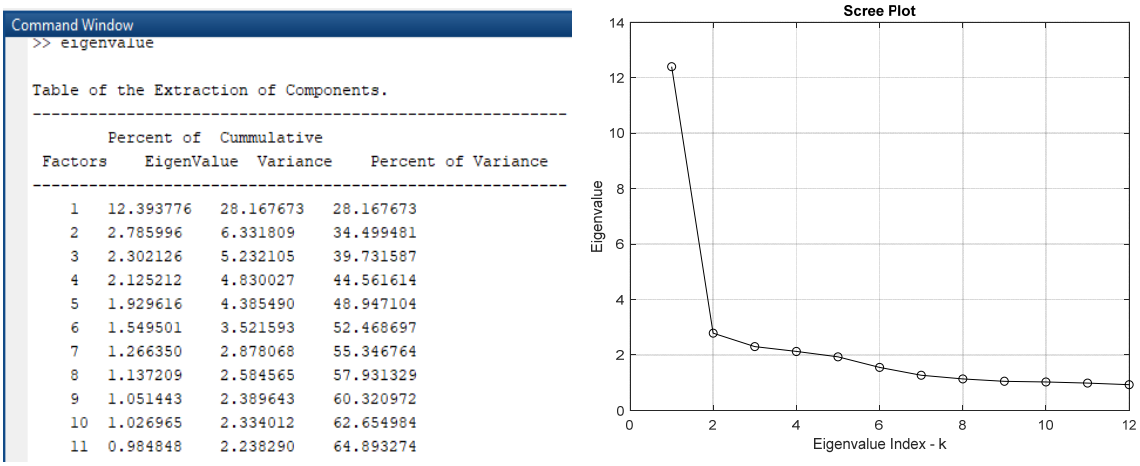


Рис. 2. График каменистой осыпи

На рисунке 3 представлен результат применения метода вращения факторов.

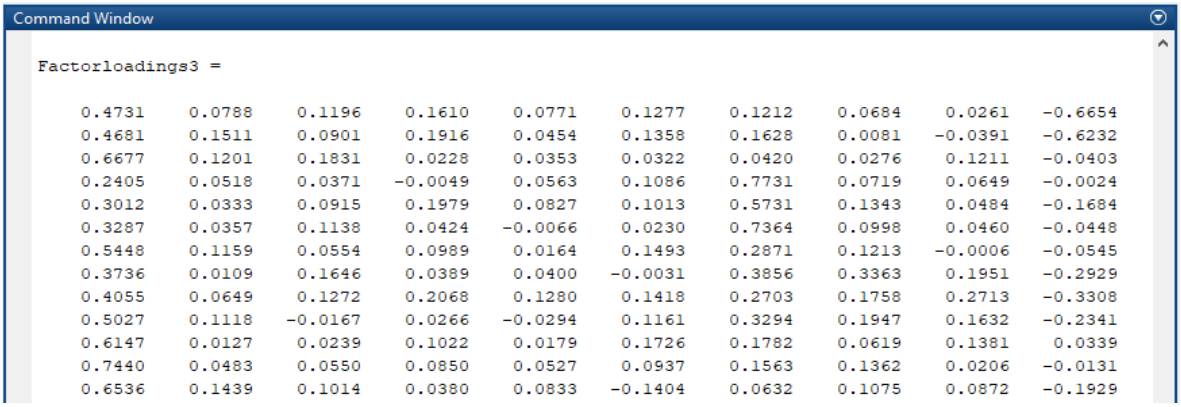


Рис. 3. Результат применения методов вращения факторов

Факторные нагрузки будут отсортированы следующим образом:сверху будут расположены исходные переменные, которые сильнее всего коррелируют с первым фактором, они будут отсортированы по убыванию модуля коэффициентов с этим фактором; затем аналогичным образом будут расположены исходные переменные, сильнее всего коррелирующие со вторым фактором и т. д. [5]. Кроме того, в данном случае-факторные нагрузки, по модулю меньшие чем 0,5, не будут учитываться.

Сокращение количества переменных и определение структуры взаимосвязей между переменными было проведено с использованием факторного анализа. Получено сокращение 13 основных факторов и 44 под-фактора до 10 основных факторов и 33 под-факторов, что существенно упрощает дальнейшую обработку данных. Факторы, которые

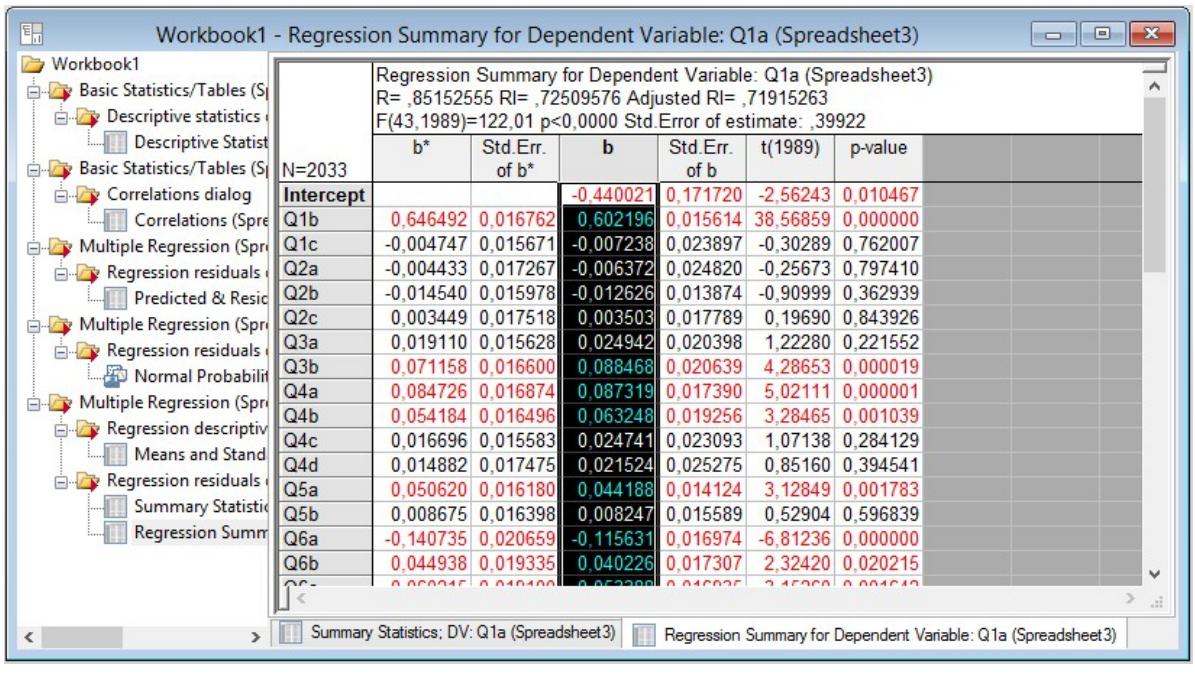
оказывают наибольшее влияние на экономическое развитие региона, были выделены в первую группу факторов. К ним относятся «Деловой климат», «Местные налоги» и др. Вторая группа факторов включает, в частности, показатель «Доступ к материальным и нематериальным ресурсам». В третью группу факторов входят такие показатели, как «Среда жизни», «Возможность и квалификация сотрудников» и др.

Были установлены связи и степени влияния между переменными, определены расчетные значения зависимой переменной по методу корреляционно-регрессионного анализа [7]. В результате были получены модели зависимости показателей «Качество жизни», «Общий бизнес-климат», «Доступ к маркетинговым и рекламным услугам» и определено, что в соответствии с коэффициентами, рассчитанными в работе, наибольшее влияние оказывает показатель «Уровень преступности».

2.2. Анализ на основе корреляционно-регрессионного анализа

Регрессионный анализ проводился на основе построения и последующего анализа регрессионных моделей. Для моделей были определены важные переменные, зависимости и было построено уравнение регрессии.

Пример регрессионного результата для переменной показан на рисунке 4.



Regression Summary for Dependent Variable: Q1a (Spreadsheet3)
R= ,85152555 RI= ,72509576 Adjusted RI= ,71915263
F(43,1989)=122,01 p<0,0000 Std.Error of estimate: ,39922

N=2033	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(1989)	p-value
Intercept			-0,440021	0,171720	-2,56243	0,010467
Q1b	0,646492	0,016762	0,602196	0,015614	38,56859	0,000000
Q1c	-0,004747	0,015671	-0,007238	0,023897	-0,30289	0,762007
Q2a	-0,004433	0,017267	-0,006372	0,024820	-0,25673	0,797410
Q2b	-0,014540	0,015978	-0,012626	0,013874	-0,90999	0,362939
Q2c	0,003449	0,017518	0,003503	0,017789	0,19690	0,843926
Q3a	0,019110	0,015628	0,024942	0,020398	1,22280	0,221552
Q3b	0,071158	0,016600	0,088468	0,020639	4,28653	0,000019
Q4a	0,084726	0,016874	0,087319	0,017390	5,02111	0,000001
Q4b	0,054184	0,016496	0,063248	0,019256	3,28465	0,001039
Q4c	0,016696	0,015583	0,024741	0,023093	1,07138	0,284129
Q4d	0,014882	0,017475	0,021524	0,025275	0,85160	0,394541
Q5a	0,050620	0,016180	0,044188	0,014124	3,12849	0,001783
Q5b	0,008675	0,016398	0,008247	0,015589	0,52904	0,596839
Q6a	-0,140735	0,020659	-0,115631	0,016974	-6,81236	0,000000
Q6b	0,044938	0,019335	0,040226	0,017307	2,32420	0,020215

Рис. 4. Пример результатов расчета регрессии

Коэффициент детерминации R2 = 0.7251 показывает, что изменчивость зависимой переменной на 72,51 % объясняется изменчивостью других переменных. Значение *F*–критерия , который используется для проверки гипотезы, равно 121,01. Значение уровня значимости гипотезы о равенстве нулю коэффициентов регрессии *p* мало [8].

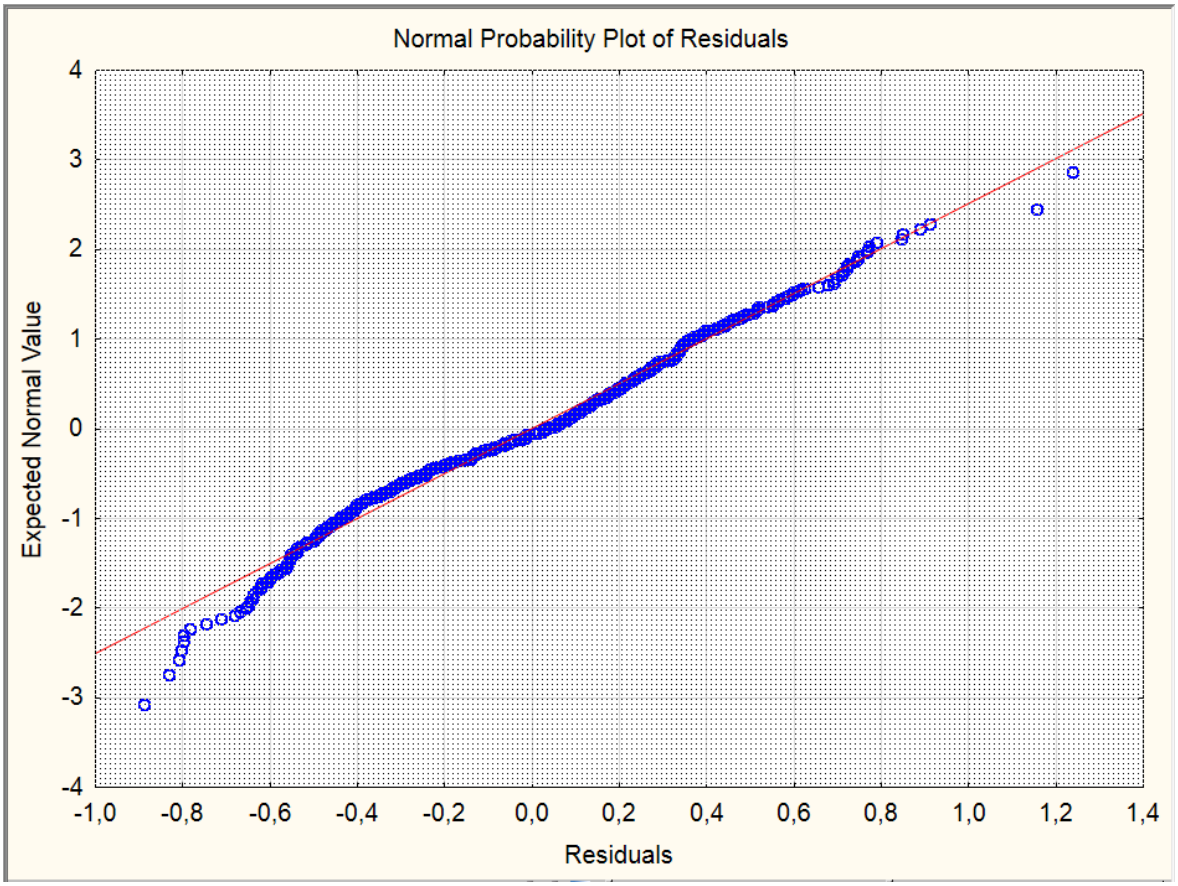


Рис. 5. График остатков для переменной x_1

Остатки находятся на линии, соответствующей нормальному правилу, при условии, что выполняется нормальная ошибка распределения. Поэтому запрошенная модель имеет вид:

В результате модель регрессиидля переменной x_1 можно представить следующим образом:

$$x_1 = -0.44 + 0.602x_2 - 0.007x_3 - 0.006x_4 + 0.013x_5 + 0.004x_6 + 0.025x_7 +$$
$$+ 0.088x_8 + 0.088x_9 + 0.063x_{10} + 0.025x_{11} + 0.022x_{12} + 0.044x_{13} +$$
$$+ 0.008x_{14} - 0.116x_{15} + 0.04x_{16} - 0.053x_{17} + 0.097x_{18} - 0.073x_{19} -$$
$$- 0.025x_{20} + 0.064x_{21} + 0.113x_{22} + 0.135x_{23} + 0.018x_{24} - 0.107x_{25} +$$
$$+ 0.172x_{26} + 0.075x_{27} + 0.031x_{28} + 0.023x_{29} + 0.011x_{30} + 0.063x_{31} -$$
$$- 0.006x_{32} + 0.012x_{33} - 0.06x_{34} - 0.08x_{35} + 0.011x_{36} - 0.021x_{37} -$$
$$- 0.077\, x_{38} - 0.084x_{39} - 0.039x_{40} + 0.051x_{41} - 0.112x_{42} + 0.096x_{43} -$$
$$- 0.106x_{44}.$$

Из управления видно, какие переменные влияют на значение x_1 в большей или меньшей степени в зависимости от величины стоящего перед переменной множителя. Положительный коэффициент свидетельст-

вует о прямой зависимости между переменными, отрицательный – об обратной зависимости.

Другими словами, чем больше значения факторов $x_2, x_5, x_6, ...$, тем больше значение x_1, и, наоборот, чем больше значение факторов $x_3, x_4 ...$, тем меньше значение x_1.Таким образом, из построенной модели мы получили, что, чем больше значения «Близость к рынку для вашей продукции», «Доступ к сырью/материалам производства», «Доступ к производственным/ производственным услугам», ..., тем больше значение «Доступ к рынку для продукции» и наоборот, чем больше значение «Доступ к инженерным, исследовательским и производственным объектам», ..., тем меньше значения «Доступ к рынку для вашей продукции».

Аналогично проводится анализ для остальных переменных.

3. Рекомендации по развитию экономики района Тхай-Бинг, Вьетнам

Анализ результатов проведенного исследования показал, что для развития экономики района Тхай-Бинг следует сосредоточиться на факторах, относящихся к первой группе. Среди них можно отметить минимизацию уровня преступности, в частности, уровня экономических преступлений. Для этого, как показал корреляционно-регрессионный анализ, необходимо поддерживать благоприятный деловой климат, предоставлять налоговые льготы, вводить государственную систему регулирования. Эти факторы имеют первостепенное значение для компаний, организующих свой бизнес в данном районе Вьетнама.В то же время власти района Тхай-Бинг должны пропагандировать принимаемые законодательные меры, рекламировать изменения в законодательной сфере, а также предотвращать возможные нарушения экономического характера со стороны компаний.

Заключение

В работе были изученыстатистические данные, с использованием факторного анализа классифицированы группы новых факторов с уменьшением общего количества факторов. Для решения задач исследования был использован пакет прикладных программ Matlab.

Полученным новым группам факторов присвоены более подходящие по смыслу названия, данные новые элементы использованы как база для практического анализа развития каждого района.

Применение корреляционно-регрессионного анализа позволило получить взаимосвязь между факторами и определить факторы, оказывающие наиболее сильное влияние на основные факторы, которые требуется проанализировать.

На основании комплексной методики, объединяющей различные методы многомерной статистики, и проведения практического анализа определены направления экономического развития в каждом районе Вьетнама.

Предложенные модели для анализа развития экономики районов Вьетнама на основе математических методов многомерной статистики прошли апробацию для нескольких районов Вьетнама и могут найти практическое применение при проведении экономических исследований в стране.

Список литературы

1. Volkova V.N., Loginova A.V., Chernenkaja L.V., Romanova E.V., Chernyy Y.Y., Lankin V.E. Problems of sustainable development of socio-economic systems in the implementation of innovations // Proceedings of the 3rd International Conference ERGO-2018: Human Factors in Complex Technical Systems and Environments (ERGO-2018). 4–7 July 2018, Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", St. Petersburg, Russia. Publisher: IEEE, 2018. P. 53–56.

2. Leonova T.I., Mager V.E., Mikeladze B.D., Chernenkaya L.V., Chernenkii A.V. Support of decision-making in organizations' quality management // Proceedings of the 2017 XX IEEE International conference on soft computing and measurement (SCM 2017). 1 May 2017, Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", St. Petersburg, Russia. Publisher: IEEE, 2017. P. 843–845.

3. Chernenkaya L.V., Desyatirikova E.N., Belousov V.E., Chepelev S.A., Sergeeva S.I., Slinkova N.V. Optimal planning of distributed control systems with active elements. // Proceedings of the 2017 IEEE II International Conference on Control in Technical Systems (CTS 2017). 3–4 October 2017, Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", St. Petersburg, Russia. Publisher: IEEE, 2017. P. 37–40. DOI: 10.1109/CTSYS.2017.8109482.

4. Чураков Е. П. Введение в многомерные статистические методы: Учебное пособие. СПб.: Лань, 2016. 146 с.

5. Кулаичев А.П. Методы и средства комплексного статистического анализа данных: Учебное пособие. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Форум : ИНФРА-М, 2017. 484 с.

6. SPSS survival manual: A step by step guide to data analysis using SPSS. Sydney: Allen & Unwin, 2013. 334 p.

7. Кисляк Н.В., Шорохова И.С., Мариев О.С. Статистические методы анализа: Учебное пособие. М.: Флинта, 2017. 300 с.

8. Алабин М.А. Корреляционно-регрессионный анализ статистических данных в двигателестроении. М.: Машиностроение, 1974. 122 с.

УДК 330.1
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-254

Фам Тхи Ми Зунг[1],
студент Института компьютерных наук и технологий;
Черненькая Людмила Васильевна[2],
д-р техн. наук, профессор,
профессор Института компьютерных наук и технологий

КЛАССИФИКАЦИЯ РАЙОНОВ ПО УРОВНЮ БЕЗРАБОТИЦЫ ВО ВЬЕТНАМЕ МЕТОДОМ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА

[1, 2] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия,
[1] phammydung200695@gmail.com, [2] ludmila@qmd.spbstu.ru

Аннотация. Безработица является неизбежным явлением, характерным для рыночного капиталистического хозяйства. Для решения задачи мониторинга уровня безработицы во Вьетнаме целесообразно применение математических методов многомерной статистики. Классификация районов по уровню безработицы во Вьетнаме методом кластерного анализа очень важна для социально-экономического развития Вьетнама. Данная разработка позволит принимать решения относительно дальнейших действий с выбором приоритетных направлений развития экономики Вьетнаме.

Ключевые слова: классификация районов, уровень безработицы, метод кластерного анализа, Вьетнам.

Pham Thi My Dung[1],
Master Student, Institute of Computer Science and Technology;
Liudmila V. Chernenkaya[2],
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor of Institute of Computer Science and Technology

CLASSIFICATION OF DISTRICTS BY THE UNEMPLOYMENT RATE IN VIETNAM USING THE CLUSTER ANALYSIS TECHNIQUE

[1, 2] Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia,
[1] phammydung200695@gmail.com, [2] ludmila@qmd.spbstu.ru

Abstract. Unemployment is an inevitable phenomenon characteristic of a market capitalist economy. To solve the problem of monitoring of the unemployment rate in Vietnam, it is advisable to use mathematical methods of multidimensional statistics.

Classification of districts by the unemployment rate in Vietnam using the cluster analysis technique is very important for the socio-economic development of Vietnam. The development of this task will allow to make decisions regarding further actions with the selection of priority areas for the development of the Vietnam economy.

Keywords: areas classification, unemployment rate, cluster analysis technique, Vietnam.

Введение

Вьетнам – это страна с молодым населением. Однако, в настоящее время темпы роста трудоспособного населения выше, чем темпы естественного прироста всего населения.

В период стабилизации населения темпы общего прироста и прироста трудоспособного населения будут сближаться. Вследствие этого актуальной становится задача разработки планов и политики в области труда и занятости. Поэтому классификация районов по уровню безработицы очень важна для социально-экономического развития Вьетнама.

В работе рассмотрены методы статистического анализа. Метод кластерного анализа разработан в 1939 году исследователем Трионом (Tryon) и является многомерным статистическим методом [1]. Цель метода – разбиения совокупности объектов на однородные группы или кластеры. Основное преимущество метода кластерного анализа в том, что он позволяет проводить разделение объектов не только по одному параметру, но и по полному комплексу признаков. Кроме того, метод позволяет анализировать множество исходных данных фактически произвольной природы и большого объема [2].

Поэтому метод кластерного анализа целесообразно использовать при проведении классификации районов по уровню безработицы во Вьетнаме.

1. Статистические данные для исследования задачи определения уровня безработицы во Вьетнаме

Вьетнам разделяется на следующие районы: район равнинной Красной реки, район равнинной реки Меконг, район северо-запада, южные и северные районы центрального Вьетнама, район юго-востока страны, плато Тэйнгуен.

Статистические данные для исследования задачи определения уровня безработицы для разных возрастных групп населения по районам, городу и деревне во Вьетнаме показаны в таблице 1 [3].

Таблица 1

Статистические данные для исследования уровня безработицы во Вьетнаме

Год, район	**Уровень безработицы, (%)**		
2017	всего	город	деревня
Вьетнам	2,24	3,18	1,78
район равнинной Красной реки	2,20	3,19	1,64
район северо-запада	1,01	2,71	0,68
южные и северный районы центрального Вьетнама	2,54	4,00	1,98
плато Тэйнгуен	1,05	1,98	0,70
район юго-востока страны	2,68	2,83	2,43
район равнинной реки Меконг	2,88	3,63	2,64
2016			
Вьетнам	2,30	3,23	1,84
район равнинной Красной реки	2,24	3,23	1,73
район северо-запада	1,17	3,20	0,77
южные и северный районы центрального Ветнама	2,78	4,30	2,17
плато Тэйнгуен	1,24	2,19	0,88
район юго-востока страны	2,46	2,61	2,19
район равнинной реки Меконг	2,89	3,73	2,62
2015			
Вьетнам	2,33	3,37	1,82
район равнинной Красной реки	2,42	3,42	1,94
район северо-запада	1,10	3,11	0,72
южные и северный районы центрального Вьетнами	2,71	4,51	2,05
плато Тэйнгуен	1,03	2,27	0,57
район юго-востока страны	2,74	3,05	2,17
район равнинной реки Меконг	2,77	3,22	2,63

2. Математические описания кластерного анализа

Задача кластерного анализа заключается в следующем. Для совокупности n объектов каждый объект характеризуется k признаками. С помощью метода кластерного анализа необходимо разбить эту совокупность на сходные по некоторым признакам группы, которые называются кластерами (таксонами). Кластеризация представляет собой разбиение множества объектов на сходные группы (кластеры).

Для приведения диапазона изменения значений признаков к некоторым требуемым границам выполняется процедура нормирования. Существуют разные способы обработки исходных данных задачи [2]:

$$z = \frac{x - \overline{x}}{\sigma}, z = \frac{x}{\overline{x}}, z = \frac{x}{x_{\max}}, z = \frac{x - \overline{x}}{x_{\max} - x_{\min}}$$

где $x, \sigma -$ среднее и среднеквадратическое отклонение x;

$x_{\max}, x_{\min} -$ соответственно наибольшее и наименьшее значение x.

Первым этапом решения задачи кластеризации является выбор способа вычислений расстояний между признаками или объектами.

Расстояние (*метрика*) между объектами в пространстве параметров d_{ab} удовлетворяет следующим условиям:

$$d_{ab} \geq 0; d_{ab} = d_{ba}; d_{ab} + d_{bc} \geq d_{ac}$$

Мерой близости (*сходства*) μ_{ab} имеет предел и возрастает с увеличением близости объектов: μ_{ab} непрерывна, $\mu_{ab} = \mu_{ba}; 0 \leq \mu_{ab} \leq 1$

Процедура кластерного анализа предполагает объединение в группы объектов, наиболее схожих между собой, то есть тех, расстояние между которыми является наименьшим [5].

Пусть K_i – группа (кластер), которая состоит из n объектов.

$x_i -$ среднее арифметическое векторного наблюдения K_i группы, т.е. «центр тяжести» $i -$ й группы;

$\rho(K_i, K_j) = \rho_{ij}$ – расстояние между кластерами K_i и K_j.

Существуют различные способы вычисления расстояния между кластерами:

1) Метод ближнего соседа или метод одиночной связи, когда расстоянием между двумя кластерами является наименьшим:

$$\rho_{\min}(K_i, K_j) = \min_{x_i \in K_i, x_{ji} \in K_j} \rho(x_i, x_j).$$

2) Метод дальнего соседа или метод полной связи, когда расстояние между кластерами определяется как расстояние между самыми удаленными объектами:

$$\rho_{\min}(K_i, K_j) = \max_{x_i \in K_i, x_{ji} \in K_j} \rho(x_i, x_j).$$

3. Алгоритмы решения задачи классификации районов по уровню безработицы во Вьетнаме методом кластерного анализа

На рисунке 1 показан алгоритм решения задачи классификации районов по уровню безработицы.

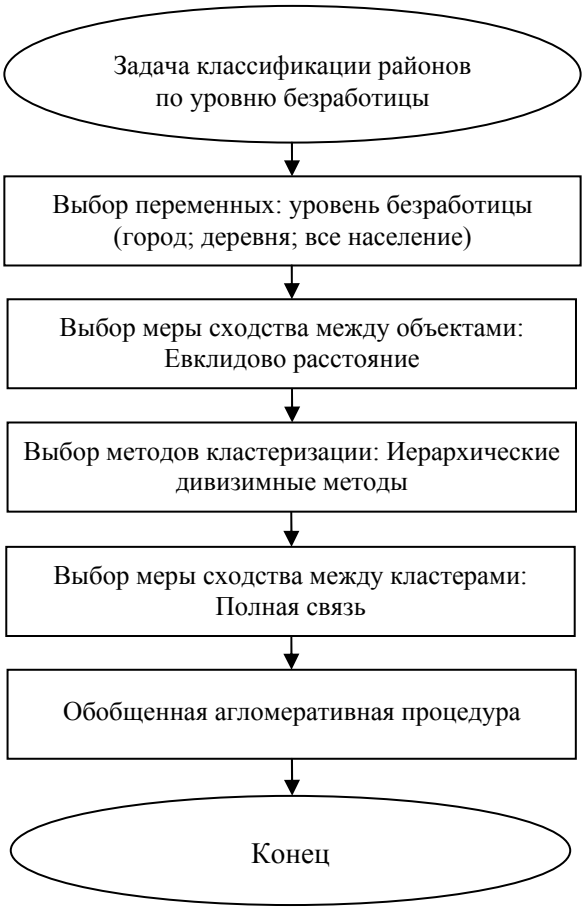


Рис. 1. Алгоритмы решения задачи классификации методом кластерного анализа

На первом шаге каждый объект определяется к отдельному классу. На следующем шаге объединяются два самых близких объекта, которые составляют новый кластер, рассчитываются расстояния от этого кластера до всех остальных объектов, размерность матрицы расстояний D уменьшается.

На p-м шаге повторяется та же процедура на матрице $D_{(n-p)(n-p)}$.

4. Классификация районов по уровню безработицы во Вьетнаме методом кластерного анализа с использованием программного обеспечения R-studio

Программное обеспечение (ПО) R-studio позволяет последовательно анализировать несколько наборов данных. Модуль Hierarchical clustering программы R-studio является наиболее подходящим для выполнения задачи классификации [4].

Рассмотрим процедуру решения методом кластерного анализа в системе.

На рисунке 2 представлены данные по уровню безработицы во Вьетнаме: общей, в городе и деревне за три года (2015, 2016 и 2017). Задача состоит в том, чтобы распределить объекты по однородным группам и установить качественные взаимосвязи между группами с близкими значениями показателей.

Районы	Всего в 2017	Город в 2017	Деревня в 2017	Всего в 2016	Город в 2016	Деревня в 2016	Всего в 2015	Город в 2015	Деревня в 2015
район равниной Красной реки	2.2	3.19	1.64	2.24	3.23	1.73	2.42	3.42	1.94
район северо-запада	1.01	2.71	0.68	1.17	3.2	0.77	1.1	3.11	0.72
южные и северный районы центрального	2.54	4	1.98	2.78	4.3	2.17	2.71	4.51	2.05
плато ТэйНгуен	1.05	1.98	0.7	1.24	2.19	0.88	1.03	2.27	0.57
район юго-востока страны	2.68	2.83	2.43	2.46	2.61	2.19	2.74	3.05	2.17
район равниной реки Меконг	2.88	3.63	2.64	2.89	3.73	2.62	2.77	3.22	2.63

Рис. 2. Данные по уровню безработицы во Вьетнаме за 2015, 2016 и 2017 годы

После процедуры нормирования данные выглядят следующим образом (см. рис. 3):

```
> data_1.scaled <- scale(data_1)
> data_1.scaled
           V1         V2          V3         V4          V5           V6         V7          V8          V9
[1,]  0.1690456  0.1860799 -0.04558273  0.1460886  0.02644707  0.004421836  0.3499566  0.21575529  0.3107239
[2,] -1.2678423 -0.4838078 -1.18713287 -1.2749555 -0.01322353 -1.269067000 -1.2338470 -0.21116475 -1.1472884
[3,]  0.5795850  1.3165155  0.35871627  0.8632511  1.44136524  0.588104219  0.6979135  1.71686121  0.4421841
[4,] -1.2195435 -1.5025954 -1.16335057 -1.1819900 -1.34880050 -1.123146404 -1.3178366 -1.36798032 -1.3265522
[5,]  0.7486307 -0.3163359  0.89381790  0.4382659 -0.79341206  0.614635237  0.7339090 -0.29379443  0.5855951
[6,]  0.9901244  0.8001437  1.14353199  1.0093398  0.68762378  1.185052111  0.7699045 -0.05967699  1.1353374
attr(,"scaled:center")
      V1       V2       V3       V4       V5       V6       V7       V8       V9
2.060000 3.056667 1.678333 2.130000 3.210000 1.726667 2.128333 3.263333 1.680000
attr(,"scaled:scale")
       V1        V2        V3        V4        V5        V6        V7        V8        V9
0.8281787 0.7165380 0.8409618 0.7529675 0.7562275 0.7538346 0.8334367 0.7261313 0.8367556
```

Рис. 3. Нормированные данные

Построим вертикальную древовидную дендрограмму, фрагмент программного кода представлен на рисунке 4.

```
data_1·<-·read.delim("text1.txt",·header·=·F)¶

data_1.scaled·<-·scale(data_1)¶

data_1.scaled¶

hclust.data_1·<-·hclust(dist(data_1.scaled),·method·=·"complete")¶

plot(hclust.data_1,·main·=·"Дендрограмма·делимых·классов·методом·«полных·связей»")¶

abline(h·=·3,·col·=·"red")¶

cutree(hclust.data_1,·h·=·3)¶
```

Рис. 4. Фрагмент программного кода

На рисунке 5 показана дендрограмма, по горизонтальной оси представлены наблюдения, по вертикальной – расстояния объединения. На дендрограмме 1, 2, 3, 4, 5, 6 соответствуют районам равнины Красной реки, южным и северным районам центрального Вьетнама, плато Тэйнгуен; району юго-востока страны и району равниной реки Меконг.



Рис. 5. Дендрограмма делимых классов методом полных связей

На первом шаге были объединены объекты 2 и 4, как имеющие минимальное расстояние, а на последнем – ранее объединенные в какие-либо кластеры. Далее определяем, сколько этапов следует выполнить, чтобы, исходя из анализа дендрограммы, считать полученную классификацию окончательной. В результате получили число кластеров $K = 3$. Первый кластер будет состоять из 2 и 4, второй кластер объединяет 1 и 5, третий – 3 и 6. Результаты объединения представлены в таблице 2.

Таблица 2

Объединение классов методом полной связи

Номер класса	Кол-во объектов в классе	Состав классов
C_{11}	2	район северо-запада, плато Тэйнгуен
C_{12}	2	район равнины Красной реки, район юго-востока страны
C_{13}	2	южные и северный районы центрального Вьетнама, район равниной реки Меконг

С точки зрения рынка труда первый кластер является наиболее стабильным, экономически активным и производящим больше продукции. В этот класс вошли следующие районы: плато Тэйнгуен, район северо-запада.

Второй кластер с точки зрения рынка труда является относительно стабильным. Этому кластеру принадлежат район равниной Красной реки и район юго-востока страны.

Третий кластер для рынка труда является наименее развитым. В этот кластер вошли следующие районы: южные и северный районы центрального Вьетнама, район равниной реки Меконг.

Опираясь на полученные результаты, можно рекомендовать правительству Вьетнама проводить политику инвестирования в районах 3-го и 2-го кластеров для снижения безработицы, ускорения экономического развития и улучшения качества жизни населения.

Заключение

В данной работе была исследована возможность применения метода кластерного анализа для проведения исследования уровня безработицы во Вьетнаме.

Показано, что задача классификации районов по уровню безработицы во Вьетнаме хорошо решается методом кластерного анализа с применением программного обеспечения “R-studio”. Полученные результаты имеют важное значение для развития рынка труда во Вьетнаме.

Список литературы

1. Айвазян С.А., Бухштабер В.М., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности. М.: Финансы и статистика, 1989. 607 с.

2. Мандель И.Д. Кластерный анализ. М.: Финансы и статистика, 1988. С. 176–180.

3. Статистические данные для исследования уровня безработицы во Вьетнаме: сайт. URL: https://www.gso.gov.vn/default.aspx?tabid=714 (дата обращения: 13.05.2020).

4. Савельев А.А., Мухарамова С.С., Пилюгин А.Г. Учебно-методическое пособие: Использование языка R для статистической обработки данных. М.–Казань, 2007. 10 с.

5. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высшая школа, 2000. 450 с.

УДК 338.14
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-255

Макаров Василий Михайлович[1],
д-р экон. наук, профессор, профессор;
Гершкул Мария Юрьевна[2],
студент

МЕТОДЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, СВЯЗАННОГО С ПЕРЕДАЧЕЙ И ТРАНСФОРМАЦИЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

[1, 2] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия,
[1] vmmak51@mail.ru, [2] supermassiv92@mail.ru

Аннотация. Энергетика является объектом самого пристального внимания, проблемы обеспечения ее надежности, безопасности и экологичности в настоящее время волнуют широкие слои общества.

Ущерб от загрязнения окружающей среды объектами электроэнергетики может рассматриваться в нескольких аспектах — экономическом, социальном, экологическом и моральном. Методы определения ущерба решают разные задачи и различны по своему функциональному назначению. Несмотря на их большое количество, все же существует объективная проблема разработки новых методических принципов и подходов к оценке экономического ущерба, наносимого природе электроэнергетикой, в рыночных условиях.

Ключевые слова: экологический ущерб, экономическая оценка, электрическая сеть, электроподстанция, негативное воздействие на окружающую среду.

Vasily M. Makarov[1],
Doctor of Economics, Professor;
Mary Yu. Gershkul[2],
Student

METHODS OF ECONOMIC EVALUATION OF ENVIRONMENTAL POLLUTION ASSOCIATED WITH TRANSFER AND TRANSFORMATION OF ELECTRIC ENERGY

[1, 2] Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia,
[1]vmmak51@mail.ru, [2]supermassiv92@mail.ru

Abstract. Energy is the object of the most intense attention, and the problems of ensuring its reliability, safety and environmental friendliness are currently of concern to a wide range of society.

The damage from environmental pollution by electric power facilities can be considered in several aspects — economic, social, environmental and moral. Methods for determining damage solve different problems and are different in their functional purpose. Despite their large number, there is still an objective problem of developing new methodological principles and approaches to assessing the economic damage caused to nature by the electric power industry in market conditions.
Keywords: environmental damage, economic assessment, electric network, electrical substation, negative impact on the environment.

Оценка воздействия любого объекта или вида деятельности на окружающую среду включает в себя два шага. Первый шаг – определение и измерение воздействия на окружающую среду, второй – выражение его в денежном эквиваленте, что необходимо для проведения дальнейшего экономического анализа.

Интенсивное развитие электроэнергетики в последние десятилетия усугубляет экологические проблемы, что требует адекватной экономической оценки происходящего [6].

Для более глубокого понимания вопроса, необходимо знать характеристики объекта. Электроэнергетика условно делится на три сферы: генерации энергии, ее передачи и использования. Объектом исследования в статье является передача и связанные с ней, трансформирование и распределение электроэнергии.

Электрическая сеть – это совокупность специализированного взаимосвязанного оборудования, при помощи которого осуществляется передача и распределение электроэнергии от электростанций до конечных потребителей.

Электрической подстанцией называют электроустановку, часть электрической сети, служащую для преобразования и распределения электроэнергии и состоящую из трансформаторов или других преобразователей энергии, распределительного устройства, устройства управления и вспомогательных сооружений.

Влияние электроустановок, в частности, электроподстанций на окружающую среду – один из актуальных вопросов в энергетике. Любая электроустановка в той или иной степени оказывает негативное влияние на окружающую среду, в том числе, и на живые существа – от насекомых до человека. Рассмотрим эти негативные последствия.

Воздействия, связанные со строительством и эксплуатацией электрической подстанции, зависят от ее размера, местоположения, видов растительности на выбранном участке, близости к человеческому жилью. Некоторые воздействия являются временными, тем не менее, большая часть воздействия на человека и окружающую среду носит постоянный характер.

Изменения и другие воздействия, связанные со строительством и эксплуатацией электроподстанции, описаны ниже и разделены на временные и постоянные (табл. 1).

Одним из наиболее важных факторов негативного влияния электроустановок – это влияние электромагнитных полей на организм человека. Сохраняется и общая опасность поражения человека электрическим током.

Таблица 1

Классификация негативных воздействий на окружающую среду

Временные воздействия:	**Постоянные воздействия:**
- шум строительной техники; - повышение выбросов в атмосферный воздух (пыль, выхлопные газы и т.п.); - эрозия почвы; - образование отходов; - сооружение прудов отстойников	- общее эстетическое воздействие подстанции; - шум от работающей подстанции; - потенциальное воздействие на памятники культуры; - электромагнитные поля; - угроза для животного и растительного мира; - отходы, возникающие при работе подстанции

В процессе эксплуатации подстанции возможно загрязнение окружающей среды вредными веществами. Это может быть: электролит, трансформаторное масло и другие нефтепродукты, бытовые отходы и другие вредные вещества.

Для предотвращения загрязнения окружающей среды необходимо строго соблюдать нормативные документы и инструкции по эксплуатации оборудования, правила обращения с вредными веществами, хранить отходы и вредные вещества в специально отведенных для этого местах [5].

Объектом исследования в работе является подстанция 110 кВ / 10 кВ «Янино-2», расположенная во Всеволожском районе Ленинградской области, юго-западнее д. Янино-2. Подстанция предназначена для преобразования переменного тока напряжением 110 кВ в ток напряжением 10 кВ, его распределения и передачи потребителям по кабельным линиям 10 кВ.

При проектировании и строительстве подстанции «Янино-2» были разработаны следующие мероприятия по охране окружающей среды (табл. 2).

Разработанные мероприятия носят обязательный характер, подкрепленный нормативной документацией: Федеральный закон №7 от 10.01.02 «Об охране окружающей среды» [6], Федеральный закон № 96 от 04.05.99 «Об охране атмосферного воздуха», Федеральный закон № 73 от 01.01.07 «Водный кодекс РФ» и т. д.

Таблица 2

Мероприятия по охране окружающей среды при строительстве подстанции «Янино-2»

Мероприятия по охране атмосферного воздуха в период строительных работ:	**Мероприятия по защите от шума в период строительных работ:**
- комплектация парка техники строительными машинами, обеспечивающими минимальные выбросы вредных веществ в атмосферу (оксид углерода, углеводороды, оксиды азота и т. д.); - запрет на сжигание горючих отходов; - создание графика строительных работ с разделёнными во времени технологическими процессами, наиболее сильно влияющими на качество атмосферного воздуха; - организация контроля источников загрязнения атмосферного воздуха	- применение строительных машин, не превышающих допустимых величин уровня звука; - проезд строительной техники только по существующим автодорогам; - максимально возможное применение строительной техники с электрическим и гидравлическим приводом; - соблюдение технологической дисциплины; - проведение технических перерывов; - оповещение жителей ближайших домов о проведении строительных работ
Мероприятия по охране подземных вод от истощения и загрязнения и противоаварийные мероприятия:	**Мероприятия по охране растительного и животного мира:**
- использование на хозяйственно-бытовые нужды работающих на строительной площадке привозной воды; - сбор хозяйственно-бытовых сточных вод в пределах строительных площадок в гидроизолированные ёмкости с последующим вывозом с территории стройплощадок; - передвижение транспорта и строительной техники строго в пределах строительной полосы; - по окончании ремонта произвести демонтаж временных сооружений, территорию благоустроить и рекультивировать; - для предотвращения выноса загрязняющих веществ с территории стройплощадки предусмотрена мойка колес автотранспорта	- проведение строительных и ремонтных работ в соответствии с проектными решениями с соблюдением природоохранных норм и требований; - выполнение работ и организация строительных площадок в установленных границах работ; - осуществление движения всех видов транспортных средств в пределах организованных проездов; - сохранение и восстановление плодородного слоя почвы; - выполнение работ по благоустройству и рекультивации нарушенных территорий после завершения строительно-монтажных работ; - выплата компенсационных платежей; - селективный сбор и своевременный вывоз отходов с территории стройплощадки на санкционированные места размещения

Методы экономической оценки воздействия на окружающую среду – это совокупность способов расчета, позволяющих дать адекватную эколого-экономическую характеристику использования природных ресурсов в стоимостном эквиваленте.

В настоящее время считается наиболее целесообразным рассчитывать экономический ущерб раздельно по основным природным средам. Исходя из этого экономическая оценка рассматриваемого объекта рассчитывается по следующим направлениям: негативное воздействие на атмосферный воздух, на водные ресурсы, на биоразнообразие; формирование отходов производства и потребления [3, 4].

Известны следующие методы экономической оценки экологического ущерба:

1. Метод обобщённых косвенных оценок. Этот метод основан на использовании системы законодательно установленных природоохранных нормативов, регламентирующих выплаты за загрязнение окружающей среды в предположении, что эти выплаты компенсируют экологический ущерб. Упрощенная интерпретации этого метода: общий экономический ущерб, наносимый окружающей среде техногенным загрязнением, определяется как сумма ущербов от загрязнения атмосферы, воды, и почвы [2].

Плюсом этой методики является то, что она достаточно проста в расчётах, требует сбора минимальной дополнительной информации. Минусом можно считать, что такой подход является облегченным вариантом, не совсем адекватно отражает реальный ущерб, наносимый природным ресурсам.

2. Метод денежной оценки физических изменений (метод прямого счета) – расчет выполняется путем суммирования величин убытков у всех объектов, подвергшихся воздействию вредных выбросов. Расчет производят в два этапа: сначала должен быть определен натуральный ущерб от загрязнения по каждому реципиенту, затем рассчитывается экономическая оценка натуральных последствий загрязнения [1].

Плюсом данного метода, по мнению ряда исследователей, является его точность и объективность. Минусом является то, что для его применения необходимо собрать огромное количество исходных данных, что может занять много времени.

Проанализировав обе представленные методики и применив их на рассматриваемом объекте (ПС «Янино-2») нами сделаны следующие выводы:

1. Ни одна из вышеперечисленных методик не обладает абсолютными достоинствами.

2. Метод обобщенных косвенных оценок позволяет рассчитать экономический ущерб для основных составляющих ущерба окружающей среде (вода, воздух, земля и формирование отходов), но только в пределах нормативной данных. Для компонентов негативного воздействия, выходящих за рамки нормативной документации, необходимо применять

другие методы расчета. Но для конкретного объекта исследования – подстанции «Янино-2» его применение можно считать целесообразным.

3. Метод прямого счета трудно применим для экономической оценки воздействия строительства и эксплуатации подстанции на окружающую среду, т. к. нет необходимых для расчета данных. Их сбор и анализ займет длительный промежуток времени, что увеличит сроки обоснования и проектирования объекта. Это, в свою очередь, повлечет за собой дополнительные финансовые траты для компании.

Подводя итог сказанному, можно сделать вывод, что современные методики не позволяют достаточно быстро и точно оценить величину экономического ущерба негативного воздействия на окружающую среду. Это со всей очевидностью указывает на необходимость разработки принципиально новых подходов, концепций, методов в этой области экономического анализа.

Список литературы

1. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба / Л.В. Вершков, В.Л. Грошев, В.В. Гаврилов (Госкомэкология России), Н.Н. Бурцева (Центр экологических проектов и программ предприятия «Промотходы») [и др.]; Утверждена Председателем Государственного комитета Российской Федерации по охране окружающей среды (Госкомэкологии РФ) В.И. Даниловым–Данильяном 09.03.1999. URL: https://dor.samregion.ru/wp-content/uploads/sites/10/2019/04/time-metod_1999.docx (дата обращения: 10.05.2020).

2. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды / Гос. план. ком. СССР и др.; А.С. Быстров, В.В. Варанкин, М.А. Виленский [и др.]. М.: Экономика, 1986. 91 с.

3. Постановление Правительства РФ от 28.08.1992 № 632 «Об утверждении Порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия» (ред. от 12.02.2003). URL: https://base.garant.ru/10102370 (дата обращения: 10.05.2020).

4. Постановление Правительства РФ от 12.06.2003 № 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, в том числе через централизованные системы водоотведения, размещение отходов производства и потребления». URL: https://base.garant.ru/12131296 (дата обращения: 10.05.2020).

5. Рихтер К.К., Пахомова Н.В. Экономика природопользования и охрана окружающей среды. СПб.: Издательство Санкт-Петербургского государственного университета, 2001. 220 с.

6. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 27.12.2019) «Об охране окружающей среды». URL: https://base.garant.ru/12125350 (дата обращения: 10.05.2020).

УДК 368.025.61:336.49
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-256

Андрианов Николай Андреевич[1],
студент, Высшая школа управления и бизнеса;
Пупенцова Светлана Валентиновна[2],
канд. экон. наук, доцент, Высшая школа управления и бизнеса

МЕТОД МОНТЕ-КАРЛО КАК ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ РИСКОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПОРТФЕЛЯ АКЦИЙ В КРИЗИСНОЙ СИТУАЦИИ

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия
[1] andrianov.na@edu.spbstu.ru, [2] pupentsova_sv@spbstu.ru

Аннотация. В работе разработан алгоритм применения метода имитационного моделирования при формировании портфеля акций и рассчитана средневзвешенная доходность для трех портфелей инвестиций в ценные бумаги, подготовлены рекомендации по выбору оптимального портфеля для инвестора.

Ключевые слова: метод Монте-Карло, доходность акции, доходность портфеля, оценка рисков, кризис.

Nikolaj A. Andrianov[1],
Student, Graduate School of Business and Management;
Svetlana V. Pupentsova[2],
Candidate of Economic Sciences,
Associate Professor,
Graduate School of Business and Management

THE MONTE CARLO METHOD AS A RISK ASSESSMENT TOOL IN THE FORMATION OF A STOCK PORTFOLIO IN A CRISIS SITUATION

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia,
[1] andrianov.na@edu.spbstu.ru, [2] pupentsova_sv@spbstu.ru

Abstract. The paper develops an algorithm for applying the simulation method in the formation of a portfolio of shares and calculates the weighted average return for three portfolios of investments in securities, and provides recommendations for choosing the optimal portfolio for the investor.

Keywords: Monte Carlo method, stock yield, portfolio yield, risk assessment, crisis.

Введение

Актуальность. Одна из самых обсуждаемых и актуальных тем в кризисной ситуации это тема оценки рисков при формировании портфеля акций, поэтому актуальность выбранной темы не вызывает сомнения

[1]. Примерно раз в десять лет человечество сталкивается с крупными кризисами, поэтому все больше инвесторов заинтересованы в инструментах оценки рисков вложения капитала, позволяющих с заданной точностью ответить на вопрос «что будет если?» [2].

Цель исследования – развитие методологии применения метода имитационного моделирования (метода Монте-Карло) при формировании портфеля акций в кризисной ситуации.

Задачи исследования: разработать алгоритм применения метода имитационного моделирования при формировании портфеля акций; рассчитать средневзвешенную доходность различных портфелей инвестиций в ценные бумаги в период кризиса 2020 года и подготовить рекомендации по выбору оптимального портфеля для инвестора.

Методы исследования. При исследовании авторы использовали метод имитационного моделирования (Монте-Карло) [3], [4] и методы статистической обработки данных [5].

Результаты исследования. Рассмотрим применения метода Монте-Карло для формирования портфеля акций в условиях, когда рынок сильно просел и портфель приобретается на долгосрочную перспективу (от 3-х месяцев). Анализ предлагается проводить в 4 шага.

1. Составление портфеля. Отбор акций компаний, наиболее уязвимых отраслей в период кризиса

Для минимизации рисков следует подбирать акции «сильных» компаний, удовлетворяющие следующим требованиям: на протяжении, как минимум последних пяти лет тренд роста цены акций был положительный, а волатильность была минимальной; компания занимала лидирующие позиции и в прошлом сумела восстановиться после кризисных ситуаций; в кризисный период не ожидается существенного падения стоимости; инвесторы прогнозируют выход из кризисной ситуации для компании без банкротства. Для минимизации рисков предлагается включить в портфель от четырех до восьми акций из несвязанных между собой отраслей, подверженных наиболее существенному влиянию в кризисной ситуации. На момент написания статьи к таким отраслям отнесены: авиаперевозчики, общественное питание, производство нефти (в том числе и сланцевой нефти). Идеальным моментом для покупки является дно рынка, т. е. момент, когда акции достигли своего минимума или момент смены рынком в целом падения на рост. Однако данный момент невозможно достоверно спрогнозировать, поэтому в любом случае будет вероятность потерянной выгоды. Так, по понятным причинам, упуская в статье сложный этап отбора компаний, в анализируемый портфель включены акции следующих компаний: United Airlines, Caribbean, Carnival, Total, Exxon, Chevron, MCDonald’s, American airlines, Роснефть, Boieng.

2. Прогнозирование минимального и максимального значения цены акции для портфеля

На данном этапе нужно определить сколько будут стоить акции конкретной компании при худшем развитии сценария и при лучшем на рассматриваемом горизонте планирования. При этом очень важно сделать прогноз достаточно точным, чтобы моделирование было максимально приближенным к реальности. Если рассматривать акции United Airlines, то на текущий момент их значение соответствует стоимости акций в 2013 году. Будем считать, что минимальное возможное значение будет соответствовать началу 2010 года, т. е. моменту начала выхода из кризиса и составит 9 $ за акцию. Максимальное значение акций, которое компания сможет достичь на горизонте планирования, т. е. в течение двух лет соответствует началу 2018 года, т. е. 80 $. Аналогичным образом необходимо спрогнозировать минимум и максимум цены для всех выбранных акций. Предлагаемые к анализу диапазоны цены акций портфеля представлены в таблице 1.

Таблица 1

Прогнозное значение стоимости акций портфеля

Название компании	Прогнозная цена акции, *P*		Цена покупки, *C*, $
	Минимальное значение, $	Максимальное значение, $	
United Airlines	9	80	28,5
Caribbean	7	110	31
Carnival	5	50	13
Total	9	45	31
Exxon	10	80	33
Chevron	16	110	57
MCDonalds	55	200	143
American airlines	3	35	11
Роснефть	90	400	280
Boieng	30	325	105

В таблице 1 цена *C* соответствует цене покупке на дату анализа (23.03.2020). Курс доллара на дату анализа составил 82 руб. за $. Отметим, что в заданном диапазоне прогнозная цена акции может принимать любое значение. Следовательно, при моделировании возможной цены акции на следующем шаге анализа выбираем равномерное дискретное распределение.

3. Формирование сценариев и расчет доходности для портфелей, с различной структурой акций

В анализе будет построено 10 000 сценариев. Для каждого сценария рассчитаем доходность акции *I* по формуле:

$$I = \frac{P}{C} - 1, \tag{1}$$

где *P* – прогнозная цена акции, *C* – цена покупки.

Прогнозная цена акции в сценарии соответствует случайному значению, выбранному с помощью функции «СЛУЧМЕЖДУ» в Excel из минимальной и максимальной прогнозной цены акции, представленных в таблице 1. После построения 10 000 сценариев располагаем информацией о доходности акций по всем компаниям портфеля. Сформируем три варианта портфелей, отличающихся структурой акций выбранных компаний. Варианты портфелей представлены в таблице 2.

Рассчитаем для трех вариантов портфелей средневзвешенную доходность с учетом расчетной доходности акции *i*-го сценария и структуры, представленной в таблице 2. Доля акции портфеля выступает весом. Расчет повторим для 10 000 сценариев.

Таблица 2

Доля акций в альтернативных вариантах

Название компании	Вариант 1 (Пессимист)	Вариант 2 (Базовый)	Вариант 3 (Оптимист)
United Airlines	10,0%	10,0%	5,0%
Caribbean	10,0%	16,0%	15,0%
Carnival	10,0%	17,0%	15,0%
Total	10,0%	5,0%	5,0%
Exxon	10,0%	5,0%	15,0%
Chevron	10,0%	5,0%	10,0%
MCDonalds	10,0%	5,0%	5,0%
American airlines	10,0%	16,0%	15,0%
Роснефть	10,0%	5,0%	5,0%
Boieng	10,0%	16,0%	10,0%

4. Выбор оптимального портфеля

Проведем статистический анализ средневзвешенной доходности по всем сценариям портфеля. Для сравнения доходности альтернативных портфелей построим гистограмму. На рисунке 1 представим итоговые значения средневзвешенной доходности альтернативных портфелей.

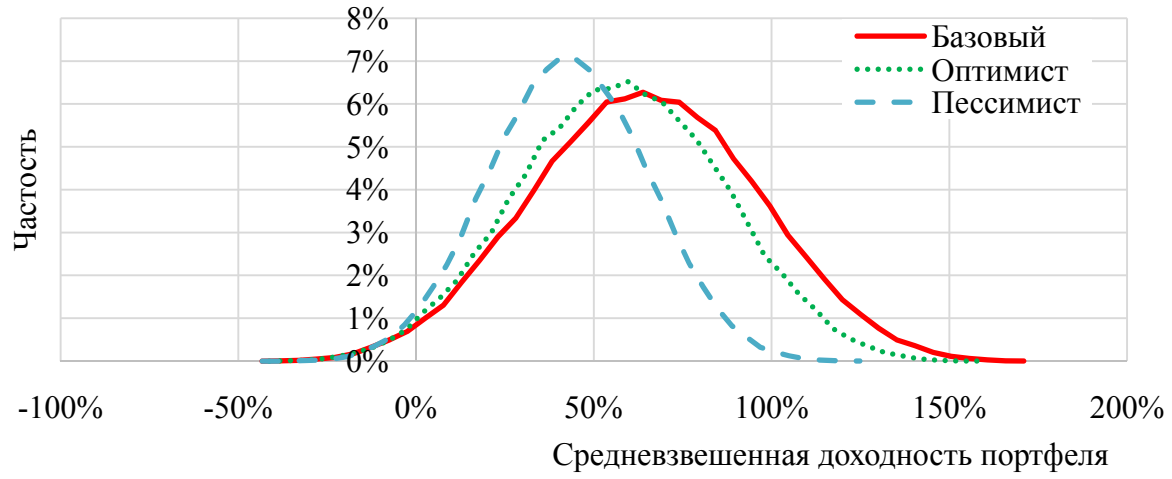


Рис. 1. Средневзвешенная доходность альтернативных вариантов портфеля

Используя плотность распределения, представленную на рисунке 2, рассчитаем вероятность и средневзвешенное значение прибыли и убытков портфелей (табл. 3).

Первый вариант (Пессимист) подразумевает покупку выбранных 10-ти акций в равных долях (табл. 2) и демонстрирует наименьшую доходность и наибольшую вероятность в результате операции уйти в минус (рис. 1). Вариант 2 (Базовый) и 3 (Оптимист) в целом похожи, однако незначительно отличаются в статье убытков и доходов (табл. 3).

Таблица 3

Вероятность получения убытков и прибыли портфелей

Варианты	Вероятность получения убытков, %	Средневзвешенное значение убытков, %	Вероятность получения доходов, %	Средневзвешенное значение доходов, %
Вариант 1	3,8 %	-5,3 %	96,2 %	28, 1%
Вариант 2	2,9 %	-7,4 %	97,1 %	41,0 %
Вариант 3	3,2 %	-5,7 %	96,8 %	38,8 %

Заключение

В заключение отметим, что метод Монте-Карло помогает спрогнозировать будущее состояние внешней среды с заданной точностью. Это может являться основой для принимаемых решений в кризисных условиях, когда всё быстро меняется. Метод может быть адаптирован под моделирование любых задач из любых отраслей. Основная сложность метода заключается в прогнозировании с достаточной точностью будущих значений рассматриваемых переменных.

Данная статья приводится в упрощённом виде, где не раскрываются многие детали, связанные с глубокими исследованиями прогноза, подбора акций, прогнозирования их будущей стоимости. В рассматриваемой модели также игнорируются налоги, которые необходимо будет заплатить в случае получения дохода, курсовая разница, как положительная, так и отрицательная, а также концепция временной стоимости денег.

Список литературы

1. Озеров Е.С., Пупенцова С.В. Преодоление недостатков нормативно-методического обеспечения оценочной деятельности // Вопросы оценки. 2016. № 2 (84). С. 13–19.

2. Alekseeva N., Antoshkova N., Pupentsova S. Application of the monte-carlo simulation method in building and energy management systems // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2019. Vol. 983. P. 257–266.

3. Радаев А.Е., Левенцов В.А. Системы поэтапного имитационного моделирования производственных процессов // Организатор производства. 2011. № 3 (50). С. 30–33.

4. Радаев А.Е., Кобзев В.В. Алгоритм решения задач управления промышленными предприятиями на основе имитационного моделирования // В сборнике: Модернизация экономики и общества: региональный аспект Материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2011. С. 196–198.

5. Кобзев В.В., Радаев А.Е. Инструментарий управления высокотехнологичным производством промышленных предприятий на основе имитационного моделирования // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2013. № 6–2 (185). С. 138–144.

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЕ ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

УДК 303.732
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-257

Волкова Виолетта Николаевна[1],
д-р экон. наук, профессор;
Леонова Алла Евгеньевна[2],
начальник Научно-методологического управления;
Логинова Александра Викторовна[3],
канд. экон. наук, доцент;
Романова Елена Владимировна[4],
ст. преподаватель;
Широкова Светлана Владимировна[5],
канд. техн. наук, доцент

АРХИТЕКТУРА ПРЕДПРИЯТИЯ? ИНЖИНИРИНГ? ИЛИ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЙ КОМПЛЕКС?

[1, 3, 5] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия,
[1] violetta_volkova@list.ru, [3] alexandra-lo@yandex.ru, [5] swchirokov@mail.ru
[2] АО «НИЦЭВТ», Москва, Россия, alla.leonova.nicevt.ru
[4] Московский институт радиотехники, электроники, автоматики — Российский технологический университет, Москва, Россия, porabot@inbox.ru

Аннотация. В статье проводится краткий анализ развития концепций и терминов, применяемых при развитии автоматизации производства и управления предприятием. Делается вывод о предпочтительности термина «информационно-управляющий комплекс» предприятия и полезности использования при этом различных концепций.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, архитектура предприятия, инжиниринг, информационно-управляющий комплекс.

Violetta N. Volkova[1],
Doctor of Economics, Professor;
Alla E. Leonova[2],
Chief of Scientific-methodological department;
Aleksandra V. Loginova[3],
Candidate of Economic Sciences, Associate professor;
Elena V. Romanova[4],
Senior Lecturer;
Svetlana V. Shirokova[5],
Candidate of Technical Sciences, Associate professor

ENTERPRISE ARCHITECTURE? ENGINEERING? OR INFORMATION AND CONTROL COMPLEX?

[1, 3, 5] Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia,
[1] violetta_volkova@list.ru, [3] alexandra-lo@yandex.ru, [5] swchirokov@mail.ru
[2] AO «NICEVT», Moscow, Russia,
alla.leonova.nicevt.ru
[4] MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia,
porabot@inbox.ru

Abstract. The article provides a brief analysis of the development of concepts and terms used in the development of production automation and enterprise management. The conclusion is made about the preferability of the term "information management complex" of the enterprise and the usefulness of using various concepts in this case.

Keywords: automated control system, enterprise architecture, engineering, information-control complex.

Введение

На протяжении развития автоматизации информационного обеспечения управления предприятиями по мере возникновения новых технологий изменялась терминология, виды информационных систем, стандарты, регламентирующие их разработку и функционирование.

В начальный период автоматизации управления применялись следующие термины: системы обработки данных (СОД); базы данных (БД); автоматизированные системы управления и автоматизированные информационные системы (АСУ и АИС), общегосударственная автоматизированная система (ОГАС), автоматизированные системы научно-технической информации (АСНТИ), информационно-поисковая система (ИПС) и др.

В связи с политическими и экономическими преобразованиями 1990-1991 гг., вплоть до 1999 г., в основном приобретались зарубежные локальные или развивались отечественные информационные системы (ИС) по отдельным видам деятельности организаций (бухгалтерские, кадровые и т. п.), создавались отдельные страницы информации в сети Интернет). Но затем осознается, что для управления организацией необходимо объединение автоматизированных информационных систем, разрабатываемых по отдельным функциям и видам деятельности системы управления в единую систему. Возникает концепция архитектуры предприятия. При активизации разработки и внедрения инноваций возрождается интерес к первоначальному пониманию термина инжиниринг.

Разнообразие терминов усложняет организацию работ по автоматизации управления предприятием. Поэтому целесообразно

провести сравнительный анализ полезности этих терминов для конкретных организаций с учетом их возникновения и современной трактовки.

1. Развитие автоматизированного информационного обеспечения управления предприятиями

Начиная с 1960-х гг. в истории развития информационных систем нашей страны относительно независимо сформировались два направления:

1) разработка автоматизированных информационных систем как первой очереди автоматизированных систем управления (АСУ);

2) разработка автоматизированных систем научно-технической информации (АСНТИ).

Была разработана классификация АСУ, ориентированная на разные уровни управления предприятиями, включая их структурные подразделения, отраслями и государством в целом. Разрабатываемые отраслевые АСУ (ОАСУ), региональные или территориальные АСУ (РАСУ, ТАСУ) и АСУ предприятий (АСУП) предполагалось объединить в Общегосударственную автоматизированную систему (ОГАС) для сбора, хранения и поиска информации. Для управления разработками автоматизированных систем были подготовлены и изданы соответствующие руководящие методические материалы [1], в которых были введены понятия функциональной части (ФЧ), формируемой на основе анализа целей и функций предприятия, и обеспечивающей части (ОЧ), включающей информационное, техническое, программное и др. виды обеспечения АСУ. Структура функциональной части вначале разрабатывалась в форме древовидной иерархии, затем по мере увеличения числе подсистем – в виде матричной структуры, а на Волжском автомобильный завод (АвтоВАЗ), который не мог работать без автоматизации, в 1986 г. была сформирована многоуровневая структура ФЧ в виде страт (см. подробнее в [2, 3]).

В 1990-е гг., когда стал активно развиваться информационный рынок программных продуктов, на основе новых информационных технологий (ИТ или IT-технологии) развиваются предметно-ориентированные, корпоративные информационные системы (ПОИС и КИС) – системы, обеспечивающие реализацию процессного подхода к управлению предприятием. Наиболее развитые автоматизированные информационные системы, обеспечивающие внутреннюю деятельность предприятий массового производства, включают (см., например, [4]):

$$IIS = < ERP, MRP, MRPII, MES, PDM >, \qquad (1)$$

где *ERP* – Enterprise Resource Planning; *MRP* – Material Requirements Planning; *MRPII* – Manufacturing Resource Planning; *MES* – Manufacturing

Execution System; *PDM* – Product Data Managerment, обеспечивающие управление данными для сопровождения всех основных этапов производства конкретного технического продукта.

Рассмотренные системы ориентированы в основном на предприятие с серийным и массовым производством. На промышленных предприятиях с единичным и мелкосерийным производством для информационного обеспечения управления используются системы PDM (Product Data Management), развиваемые в PLM (Product Lifecycle Management – управление жизненным циклом изделия).

2. Концепция архитектуры предприятия

Для упорядочения средств автоматизации различных сфер и функций предприятия за рубежом в 1987 г. возникла концепция «архитектура предприятия», которая была впервые представлена в статье Дж. А. Захмана «Структура архитектуры информационных систем», опубликованной в журнале «IBM Systems Journal» [6]. Идея Захмана заключалось в том, что для обеспечения высокой ценности и гибкости бизнеса необходим целостный подход, в рамках которого каждая существенная проблема рассматривается с разных точек зрения. Такой подход к созданию архитектуры систем представляет собой то, что Захман изначально называл архитектурной структурой информационных систем, а впоследствии − структурой архитектуры предприятия. Модель представляется в виде двумерной матрицы, имеющей пять строк и шесть столбцов. По столбцам матрицы разнесены основные аспекты деятельности (объекты – «что», действия – «как», местоположения – «где», люди – «кто», время – «когда» и мотивы – «почему»); по строкам – различные описания системы с точки зрения бизнес-руководителей, менеджеров и разработчиков.

В России в 1996–1997 гг. Е.З. Зиндер. предложил «3D –модель» предприятия [7, 8]. В модели введена ось времени, где располагаются интервалы осуществления различных проектов и стадий развития ИС и всего предприятия. В качестве других осей выступает матрица Захмана: 1) ось уровня проектирования и использования ИС; 2) ось раздела обеспечения и аспекта работы ИС; 3) ось времени, в котором развивается предприятие и его ИС. Характер расположения архитектурных компонент ИС в третьем измерении отличается большим разнообразием, поскольку процессы трансформации предприятия идут параллельно и итерационно.

Эту модель можно считать основой многомерных структур.

Активное развитие концепция архитектуры получила после того, как идеи Дж. Захмана была использованы при разработке ИС Министерства обороны США. Эта попытка была предпринята в 1994 г. Концепция получила название «Базовая архитектура технического

обеспечения для управления информацией» (Technical Architecture Framework for Information Management – TAFIM). Конгресс США в 1996 г. принял закон, известный как акт Клингера–Коэна, который определил реформу управления информационными технологиями. Всем федеральным агентствам было предписано принять меры по повышению эффективности инвестиций в информационные технологии (ИТ). Для надзора за выполнением закона был сформирован совет директоров по информационным технологиям, функции которого были в 2002 г. переданы Административно-бюджетному управлению. С этого периода началось активное развитие идеи архитектуры предприятий и организаций: разработаны структура архитектуры федеральной организации (Federal Enterprise Architecture Framework – FEAF) и TOGAF (The Open Group Architectural Framework). В 2003 г. Министерством Обороны США была разработана DoDAF (Department of Defence Architecture Framework). С 2005 г. архитектуры предприятий стали разрабатывать ФБР, Министерство обороны, Министерство национальной безопасности и НАСА. В 2005 г. доминировать стала группа Gartner. Краткая характеристика истории развития концепции архитектуры предприятия приведена, например, в [3, 4].

Для объединения разнообразных баз данных, используемых для управления предприятием, введены понятия архитектуры предприятия, архитектуры приложений, архитектуры данных, технологической архитектуры, что позволяет кратко охарактеризовать структуры различных страт многоуровневой ИС – страты данных, программных приложений, клиент-серверов, технологической страты, ИС предприятия в целом (архитектура предприятия).

Термин «архитектура» рассматривают с двух точек зрения, которые дополняют друг друга: а) архитектура как описание, статическая модель некоторой сложной системы; б) архитектура как процесс, набор руководств и правил, которые определяют построение новых подсистем сложной системы, её развитие (концепция Gartner Group).

Разработаны стандарты ISO 14258:1998 (с изменениями от 2000 г.) и ISO 15704:2000. В приложении к стандарту ISO 15704:2000 приведена модель GERAM (Generalised Enterprise Reference Architecture and Methodology) – обобщённая стандартная архитектура предприятия и методологии, разработанная целевой группой IFIP/IFAC по архитектурам интеграции предприятия.

В России по плану Минкомсвязи и НИИ «Восход» в 2020 году планируется проведение унификации методик и инструментов создания государственных цифровых платформ и ИТ-систем и создание Единой технологической архитектуры информационных систем органов исполнительной власти (ЕТА ИС ОИВ РФ). Данный план был введен

после состоявшегося в конце мая 2019 г. заседания Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности [8].

3. Концепция инжиниринга

Основой инжиниринга считается инженерное дело, истоки которого восходят к мифологической эпохе [9 – 11]. Самым известным инженером Античности считается Архимед, благодаря изобретениям которого инженерное дело связано с техническим прогрессом. Древнегреческий философ Аристотель вкладывал в термин «техника» значение искусства производить вещи, усматривал различие между техникой и наукой в том, что техника направлена не на познание сущности вещей, а на их создание. Но Архимед и его последователи использовали знания того времени: арифметику, геометрию, физику, т. е. научное знание.

Термин «инжиниринг» (от лат. ingenium – изобретательность, выдумка, знания) возник в XVI в., а в XVII в. инженерное дело начало формироваться в отдельную профессию. Начали применяться масштабные чертежи, которые помогают сохранить целостность представления об изделии и увидеть роль и место этой детали в изделии. Активизации инженерного творчества способствовали развитие фабричной промышленности и введение патентной системы. Дальнейшее развитие приводит к соединению инженерного дела с научным прогрессом, с технологическими инновациями [9 – 11].

Анализ понятия «инжиниринг» показывает, что этот вид деятельности находится где-то между наукой и производством. Инжиниринговая деятельность – это не сфера проектирования, конструирования, программирования, способов выполнения других этапов, а сфера организации проектирования, конструирования, программирования, т. е. инжиниринг, представляет собой надстройку над проектно-конструкторской деятельностью, позволяя приблизить результаты инженерной деятельности к их непосредственному воплощению, сократить и ускорить путь от замысла до его фактической реализации. Это не отдельная сфера деятельности, а особое сочетание известных видов деятельности, позволяющее получить новый, синергетический, результат, эмерджентность.

Инжиниринг включает все этапы жизненного цикла создания изделия, выполнения заказа – от замысла до реализации и сопровождения, включая доставку, надзор за монтажом, приемку состояния и авторский надзор при необходимости. Например: проведение предварительных исследований, разработку инноваций, проектирование новой техники и технологии, подготовку технико-экономического обоснования, выполнение проектно-изыскательских

работ, разработку рекомендаций по подготовке, организации и обслуживанию процесса производства, разработку рекомендаций по эксплуатации оборудования и т. п.

Исходно на предприятиях инжиниринговую деятельность (хотя в Советском Союзе зарубежный термин «инжиниринг» не использовался) обеспечивала служба главного инженера, которая координировала не только отделы главного конструктора, главного технолога, главного механика и др. подразделений, в функции которых входит управление обеспечением производственной деятельности, но и подразделения типа бюро изобретений и открытий, помогающее в организации рационализаторской и изобретательской деятельности, а в последующем – специальные конструкторские бюро типа «КБ С.П. Королева» в космической промышленности, или в производственные объединения включали научно-исследовательские институты, которые должны были дополнить поддержку полного жизненного цикла инжиниринговой деятельности – от изобретений инновационной продукции (новых видов изделий или их блоков), инновационных технологий, обеспечивающих развитие предприятий и организаций, до воплощения инноваций и их сопровождения.

Процесс поддержки создания сложных изделий – включая путь от замысла до реализации и сопровождения, – может представлять собой не однонаправленный, а сложный граф с ответвлениями на заказ или приобретение по тендерам комплектующих, распределения работ с учетом специализации и кооперирования не только подразделений, но даже отдельных предприятий. При этом каждый этап можно также структурировать, определяя подэтапы от организации исследований до обеспечения подэтапов проектирования, программирования и т. п.

Каждый этап полного жизненного цикла – сложный процесс. В частности, конструкторско-технологическая деятельность поддерживается многоуровневой системой чертежей разного вида (общие блок-схемы, принципиальные схемы, проекции изделий и т. п.) и нормативно-технической документации. Для реализации этих работ необходимы знания технических дисциплин (механики, теории надежности, системотехники), дисциплин менеджмента (проектный менеджмент, менеджмент качества, экологии и безопасности, менеджмент кадровых ресурсов), экономических и юридических дисциплин.

Это послужило основой реализации инжиниринга в форме консультативной деятельности по отдельным направлениям, требуемым для выполнения этапов и подэтапов проекта. Такая практика возникла в XVIII веке, когда инжиниринг превратился в профессиональную деятельность и отдельную дисциплину. Появились профессиональные

ассоциации и школы инженерного искусства. Созданы стандарты [12, 13], в которых инжиниринг трактуется как технические консультационные услуги, связанные с разработкой и подготовкой производственного процесса и обеспечением процесса производства и реализации продукции.

Эта форма инжиниринга широко применяется в современной практике. Существуют специализированные центры инжиниринга, занимающиеся в основном автоматизированной поддержкой этапов жизненного цикла разработки и внедрения инноваций, профессиональные сообщества и ассоциации, объединяющие инженеров из различных стран.

В среде специалистов существуют различные точки зрения и на содержание инжиниринговой деятельности, и на само понятие «инжиниринг». Содержание понятия «инжиниринг» непрерывно расширяется, включая в себя сферы, все более отдаленные от классической инженерной деятельности. Можно предположить, что и в дальнейшем содержание, направления, виды, формы, методы инжиниринговой деятельности будут расширяться. Поэтому предлагается исследовать сущность этого понятия с использованием теории систем.

4. Обоснование роли концепции инжиниринга для развития открытой системы с активными элементами

На основе своих исследований бельгийский биолог Л. фон Берталанфи [14 и др.] обнаружил, что в открытых системах, в отличие от закрытых (изолированных от окружающей среды), проявляются термодинамические законы, которые противоречат второму закону термодинамики. В соответствии с концепцией Л. фон Берталанфи «… вполне возможно введение негэнтропии», т. е. уменьшение энтропии; и «... такие системы могут поддерживать свой высокий уровень и даже развиваться в направлении увеличения порядка сложности» [14, с. 42].

Л. фон Берталанфи объяснял негэнтропийные тенденции главным образом открытостью системы. Дальнейшие исследования процессов развития позволили понять, что развитие происходит не только благодаря открытости системы, но и благодаря активным элементам, которые инициируют инновации.

Исследования российского ученого, венгра по происхождению, Э. Бауэра позволили глубже понять процессы развития. Э. Бауэр исследовал закономерность принципиальной неравновесности живых систем – одну из ключевых для понимания развития живых систем закономерностей. Принципиальная неравновесность живых систем подразумевает их стремление поддерживать устойчивый дисбаланс и использовать энергию для поддержания себя в неравновесном состоянии.

Э. Бауэр объясняет это тем, что все структуры живых клеток на молекулярном уровне предварительно заряжены «лишней», избыточной энергией по сравнению с неживой молекулой, и организм получает внешнюю энергию не для работы, а для поддержания себя в неравновесном состоянии [15].

Если рассматривать организацию как «живую систему», то подход Э. Бауэра согласуется с понятием «инжиниринг» в первоначальном смысле этого термина (от лат. ingenium – изобретательность, изобретение, знание). Так, в Оксфордском словаре инжиниринг интерпретируется как деятельность по применению научных знаний для проектирования, строительства, управления машинами и установками, т. е. инжиниринг – это, прежде всего, инженерная деятельность, основанная на научных знаниях.

С учетом исследований Э. Бауэра, для развития любой организации (предприятия, территориального объединения и т. п.) в ней должно быть подобие живой клетки, которая накапливает энергию/информацию для того, чтобы изобретать инновации, обеспечивающие развитие организации. На основе этого можно сделать вывод о том, что для развития организации инжиниринговые задачи должны решаться коллективами квалифицированных профессионалов, специализирующимися в соответствующих видах профессиональной деятельности. А для управления этой деятельностью необходима координация соответствующих подразделений или организаций, выполняющих эти работы.

Такая координация требует создания системы информационной поддержки на всех этапах жизненного цикла деятельности, для обеспечения которой применяется концепция инжиниринга, т. е. необходимо создание единого информационно-управляющего комплекса, включающего программное обеспечение инженерно-конструкторской деятельности, сопроводительную нормативно-методическую, нормативно-техническую, организационно-распорядительную документацию. Поэтому для организаций недостаточно использовать консультативные услуги специализированных организаций, а необходимо разрабатывать и применять исходную форму инжиниринга.

Такая форма представляет собой конструкторско-технологическую и нормативно-техническую поддержку всего жизненного цикла – от изобретения инновации или получения заказа, до её научно-исследовательской, конструкторской, технологической, производственной реализации и сдачи заказчику. Для обеспечения такой поддержки необходимо создание автоматизированного информационно-управляющего комплекса (ИУК) предприятия, реализующего концепцию инжиниринга. Подобный информационный комплекс обеспечивает

необходимую координацию всех этапов жизненного цикла инновационного процесса, для сопровождения которого используется идея инжиниринга.

При создании ИУК полезно использовать идеи архитектуры предприятия и идеологии системы PLM, необходимо предусмотреть обеспечение научно-технической информацией подразделения – «живой клетки», которая в соответствии с концепцией Э. Бауэра накапливает энергию/информацию для того, чтобы изобретать инновации, обеспечивающие развитие организации. Для помощи в принятии решений следует предусмотреть возможность включения в такой ИУК моделей, помогающих в принятии решений по анализу и выбору инноваций (например, [16, 17]). Необходимо также создание среды, которая обеспечивала бы взаимосвязь в информационном пространстве и доступ к информации лиц, использующих ее на соответствующих этапах жизненного цикла. Основой такой среды может быть интеллектуальная система представление знаний типа предлагаемой в [18].

Развитие подобной системы и координация инжиниринговых работ на предприятии должны входить в функции соответствующего подразделения, занимающегося организацией стратегического развития предприятия (организации).

Заключение

Анализ концепций и терминов, применяемых при создании автоматизированной информационной поддержки процессов производства и управления предприятием позволяет сделать некоторые выводы.

Термины АСУ, ОГАС, ГАСНИ и т. п., определявшие конечные желаемые цели автоматизации управления предприятиями и организациями в условиях централизованного управления этими работами, слишком опередили возможности технологий, существовавших для создания таких систем в тот период.

Опыт создания и применения программных продуктов по отдельным видам деятельности (также называемых автоматизированными/информационными системами – бухгалтерскими, кадровыми и т. п.), ПОИС и КИС решают проблему обеспечения бизнес-процессов малых и средних фирм.

Однако для крупных предприятий и организаций необходимы другие формы интегрированного информационного обеспечения.

Концепция архитектуры предприятия позволила создать гигантские многоаспектные информационные базы. Несмотря на то, что в соответствии с концепцией Gartner Group архитектура рассматривается не только как статическая модель сложной системы, но и как процесс, набор руководств и правил, которые определяют построение новых подсистем, т. е. развитие системы, эта концепция все же не ориентирует

на информационное сопровождение процессов создания и реализации инноваций. Возможно, поэтому в последнее время возрождается интерес к концепция инжиниринга, в том числе у автора архитектурной концепции 3D-предприятия [19].

Разработки концепции инжиниринга на основе концепции открытой системы Л. фон Берталанфи и изучение особенностей этой системы в работах Э. Бауэра позволяют обосновать роль инжиниринга как инновационной технологии для разработки систем информационной поддержки управления развитием предприятий, территориальных комплексов и других организаций. Предлагаемый подход к разработке организационной реализации концепции инжиниринга основан на автоматизации информационного обеспечения на всех этапах жизненного цикла производства и организационного управления предприятиями на основе создания информационно-управляющего комплекса. При разработке структуры такого ИУК полезно использовать концепцию архитектуры предприятия и идеологию систем PLM.

Список литературы

1. Общеотраслевые руководящие методические материалы по созданию автоматизированных систем управления предприятиями и производственными объединениями (АСУП). М.: Статистика, 1977. 284 с.

2. Тихонов В.И., Авдийский В.Н., Волкова В.Н., Старовойтова М.И. Совершенствование структуры функциональной части АСУ автомобильным производством. Тольятти: Филиал ЦНИИТЭИ Автопрома, 1988. 72 с.

3. Волкова В.Н. Теория информационных процессов и систем: учебник и практикум. М.: Изд-во Юрайт, 2017. 432 с.

4. Информационные системы в экономике: учебник / Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Юрьева. М.: Изд-во «Юрайт», 2016. 402 с.

5. Захман Дж.А. Структура архитектуры информационных систем // IBM Systems Journal. 1987. Том 26. № 3.

6. Зиндер Е.З. Новое системное проектирование: информационные технологии и системное проектирование // СУБД. 1995. № 4. 1996 №№ 1, 2.

7. Зиндер Е.З. «3D-предприятие» – модель трансформирующейся системы // Директор информационной службы. 2000. № 4.

8. Зиндер Е.З. Электронное правительство Москвы: анализ динамики развития // Информационное общество. 2006. № 2–3. С. 59–75.

9. Стровский Л.Е. и др. Инжиниринг // Международные экономические отношения / Под редакцией проф. Л.Е. Стровского. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. С. 102–104.

10. Большой юридический словарь / Под ред. А.Я. Сухарева. 3-е изд., перераб. и допол. М.: ИНФРА-М, 2006. 858 с.

11. Брокгауз Ф.А., Ефрон И.А. Энциклопедический словарь / Под ред. И.Е. Андреевского. Том 33 (65). СПб.: Типография Акц. Общ. «Издательское дело», Боккгауз-Ефрон, 1901.

12. ГОСТ Р 57306-2016 Инжиниринг. Терминология и основные понятия в области инжиниринга [Электронный ресурс.] URL: docs.cntd.ru›document/437092138 (дата обращения: 06.06.2020).

13. ISO/IEC 15288: (IEEE Std 15288–2008) Systems and Software Engineering – System Life Cycle Processes. International Organization for Standardization, 2008.

14. Берталанфи Л. фон. Общая теория систем: критический обзор // Исследования по общей теории систем. М.: Прогресс, 1969. С. 23–82.
15. Бауэр Э. Теоретическая биология. М. Л.: Изд. ВИЭМ, 1935. 206 с.
16. Волкова В.Н., Логинова А.В., Леонова А.Е., Черный Ю.Ю. Подход к сравнительному анализу и выбору технологических инноваций третьей и четвертой промышленных революций // Сборник докладов XXI Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2018). 23–25 мая 2018 г., Санкт-Петербург. В 2-х т. Т. 2. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ». С. 373-376.
17. Волкова В.Н., Кудрявцева А.С. Модели для управления инновационной деятельностью промышленного предприятия [Электронный ресурс.] // Открытое образование. 2018. 22(4). С. 64-73. URL: https://doi.org/10.21686/1818-4243-2018-4-64-73 (дата обращения: 06.06.2020).
18. Кузин Е.С. Представление знаний и решение информационно-сложных задач в компьютерных системах: монография. М.: Новые технологии, 2004. 32 с.
19. Zinder E.Z. Values-directed enterprise engineering // Business Informatics. 2018. № 3 (45). P. 7–19.

УДК 591.711
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-258

Катермина Татьяна Сергеевна,
канд. техн. наук, доцент

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ ЛИНГВО-КОМБИНАТОРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ М. Б. ИГНАТЬЕВА

Нижневартовский государственный университет,
Нижневартовск, Россия,
nggu-lib@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена основам теории лингво-комбинаторного моделирования, метода избыточных переменных профессора Михаила Борисовича Игнатьева, ушедшего из жизни в 2019 году.

Ключевые слова: сложные системы, лингво-комбинаторное моделирование, управление, избыточность, прогнозирование.

Tatiana S. Katermina,
Candidate of Technical Sciences, Associate professor

BASIC PROVISIONS OF M. B. IGNATIEV'S LINGUO-COMBINATORY MODELING THEORY

Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russia,
nggu-lib@mail.ru

Abstract. The article is devoted to the basics of the theory of linguo-combinatorial modeling, the method of redundant variables of the professor Michail B. Ignatiev.

Keywords: complex systems, linguistic–combinatorial modeling, control, redundancy, forecasting.

Введение



Представление о сложных системах складывается на основе анализа таких структур как город, который является сложной самоорганизующейся системой, и для которой стоит задача организовать поддержку принимаемых решений для городских властей для ближнесрочной, среднесрочной и долгосрочной перспективы развития города. В качестве примера другой сложной системы можно привести организм человека, для эффективного лечения которого необходимо построить его модель, чтобы уменьшить количество врачебных ошибок. Можно рассматривать множество и других сложных систем, и их изучение и моделирование, в исследовании которых может помочь лингво-комбинаторный подход, разработанный Игнатьевым М.Б [1].

Михаил Борисович Игнатьев (1932–2019) – доктор технических наук, заслуженный профессор Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, лауреат Государственной премии СССР и премии Президента России, заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации (1993 г.), академик РАЕН. Председатель Санкт-Петербургского отделения Научного совета РАН по методологии искусственного интеллекта. Председатель Санкт-Петербургского отделения Российского Пагуошского комитета, член президиума Комитета с 2009 г.

Михаил Борисович внес вклад в развитие кибернетики, робототехники, информатики, информационных технологий, вычислительной техники (рекурсивные многопроцессорные ЭВМ), компьютерного моделирования, геофизики, теории автоматического управления, искусственного интеллекта; предложил новые направления, значимые для развития теории систем и системного анализа: принцип адаптивного максимума, артоника (искусство + информатика), концепция лингво-комбинаторного моделирования.

М.Б. Игнатьев – автор более 500 научных публикаций, в том числе около 20 монографий. Награжден медалью «Житель блокадного Ленинграда», медалью им. П.Л. Капицы «Автору научного открытия» и другими государственными и общественными наградами.

1. Анализ научных источников

Лишь для небольшого числа реальных систем имеются математические модели. Прежде всего, системы описываются с помощью естественного языка. Предлагается способ перехода от

описания на естественном языке к математическим уравнениям. Например, пусть имеется фраза:

$$Word_1 + Word_2 + Word_3 . \quad (1)$$

В этой фразе обозначаются слова и только подразумевается смысл слов. Смысл в сложившейся структуре естественного языка не обозначается. Предлагается ввести понятие смысла в следующей форме:

$$Word_1 * Sense_1 + Word_2 * Sense_2 + Word_3 * Sense_3 = 0 . \quad (2)$$

Будем обозначать слова как A_i от английского Appearance, а смыслы – как E_i от английского Essence. Тогда уравнение (2) может быть представлено как

$$A_1 * E_1 + A_2 * E_2 + A_3 * E_3 = 0. \quad (3)$$

Уравнения (2) и (3) являются моделями фразы (1). Лингво-комбинаторная модель является алгебраическим кольцом, и мы можем разрешить уравнение (3) либо относительно A_i, либо относительно E_i путем введения третьей группы переменных – произвольных коэффициентов U_s:

$$\begin{aligned} A_1 &= U_1 * E_2 + U_2 * E_3, \\ A_2 &= -U_1 * E_1 + U_3 * E_3, \\ A_3 &= -U_2 * E_1 - U_3 * E_2 \end{aligned} \quad (4)$$

или

$$\begin{aligned} E_1 &= U_1 * A_2 + U_2 * A_3, \\ E_2 &= -U_1 * A_1 + U_3 * A_3, \\ E_3 &= -U_2 * A_1 - U_3 * A_2, \end{aligned} \quad (5)$$

где U_1, U_2, U_3 – произвольные коэффициенты, которые можно использовать для решения различных задач на многообразии (3). В общем случае, если имеем n переменных и m многообразий, ограничений, то число произвольных коэффициентов S будет равно числу сочетаний из n по $m+1$ (табл. 1):

$$S = C_n^{m+1}, \; n > m . \quad (6)$$

Число произвольных коэффициентов является мерой неопределенности и адаптивности. Лингво-комбинаторное моделирование может опираться на анализ всего корпуса текстов на естественном языке, это трудоемкая задача по извлечению смыслов для суперкомпьютеров, его можно также использовать, опираясь на

ключевые слова в конкретной области, что позволяет получать новые модели для конкретных областей знания. В этом случае лингво-комбинаторное моделирование заключается в том, что в конкретной предметной области выделяются ключевые слова, которые объединяются во фразы типа (1), на основе которых строятся эквивалентные системы уравнений с произвольными коэффициентами. В частном случае они могут быть дифференциальными уравнениями, и при их исследовании может быть использован хорошо разработанный математический аппарат. Лингво-комбинаторное моделирование включает все комбинации и все варианты решений и является полезным эвристическим приемом при изучении плохо формализованных систем [2].

Таблица 1

Число неопределенных коэффициентов

n /m	1	2	3	4	5	6	7	8
2	1							
3	3	1						
4	6	4	1					
5	10	10	5	1				
6	15	20	15	6	1			
7	21	35	35	21	7	1		
8	28	56	70	56	28	8	1	
9	36	84	126	126	84	36	9	1

2. Адаптационные возможности сложных систем

В структуре эквивалентных уравнений систем со структурированной неопределенностью есть произвольные коэффициенты, которые можно использовать для приспособления системы к различным изменениям, чтобы повысить точность и надежность функционирования систем, их живучесть в потоке перемен.

Может меняться число ключевых слов и количество ограничений типа (7), но структура эквивалентных уравнений типа (8) сохранится, будет меняться количество произвольных коэффициентов и матрица их распределения в этих уравнениях. Таким образом можно регулировать неопределенность в структуре эквивалентных уравнений.

В результате взаимодействия с окружающей средой, система эволюционирует так, как это показано на рисунке 1.

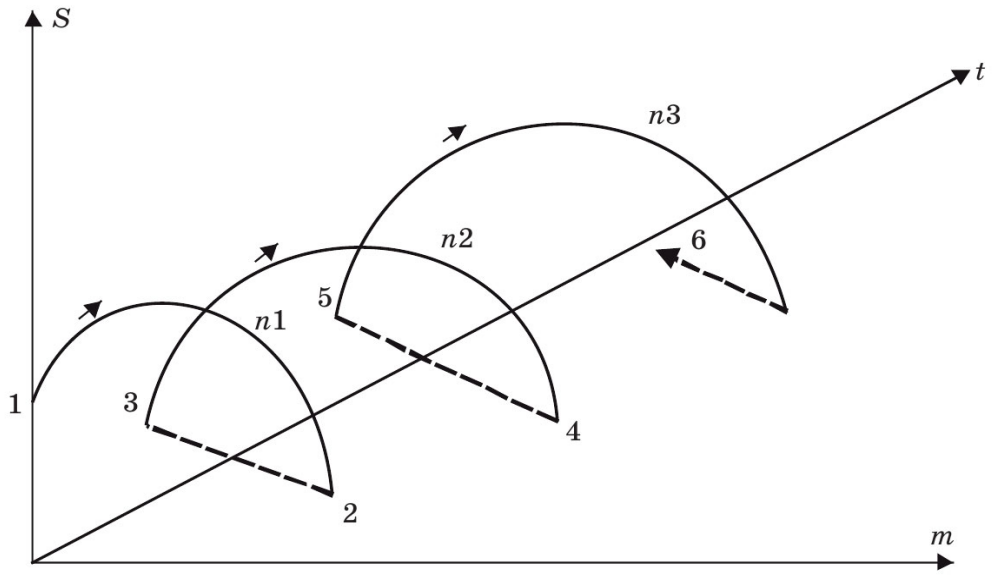


Рис. 1. Трансформация развивающейся системы, траектория системы: 1-2-3-4-5-6..., сплошной линией показаны эволюционные процессы, пунктирной — креативные.

3. Метод избыточных переменных

Метод избыточных переменных позволяет вводить избыточность на уровне исходной задачи, что открывает возможность наложить дополнительные ограничения на переменные расширенной системы, которые можно использовать в качестве контрольных условий. Например, если требуется решить дифференциальные уравнения:

$$\frac{dX}{dt} = F_1(X,Y),\ \frac{dY}{dt} = F_2(X,Y), \tag{9}$$

то можно ввести новую, третью переменную в эту задачу

$$X = \sum a_i * x_i,\ \ Y = \sum b_i * x_i,,\ \ i = 1,2,3, \tag{10}$$

и на расширенную систему наложить дополнительное ограничение, например такое:

$$F_3(x_1, x_2, x_3) = 0, \tag{11}$$

которое можно использовать в качестве контрольного условия – если оно нарушается, то сигнал ошибки можно использовать для коррекции системы.

Схема вычислительного процесса с контролем и коррекцией по методу избыточных переменных изображена на рисунке 3. В контрольном органе (КО) проверяется выполнение контрольного условия. Сигнал ошибки, полученный на выходе контрольного органа, может быть использован для коррекции вычислительного процесса с помощью обратной связи (пунктирная линия I на рис. 2) или с помощью коррекции вперед (пунктирная линия II на рис. 2). В блоке УС –

устройство сжатия – осуществляется преобразование от избыточных переменных обратно к исходным. Блок ВУ – вычислительное устройство.

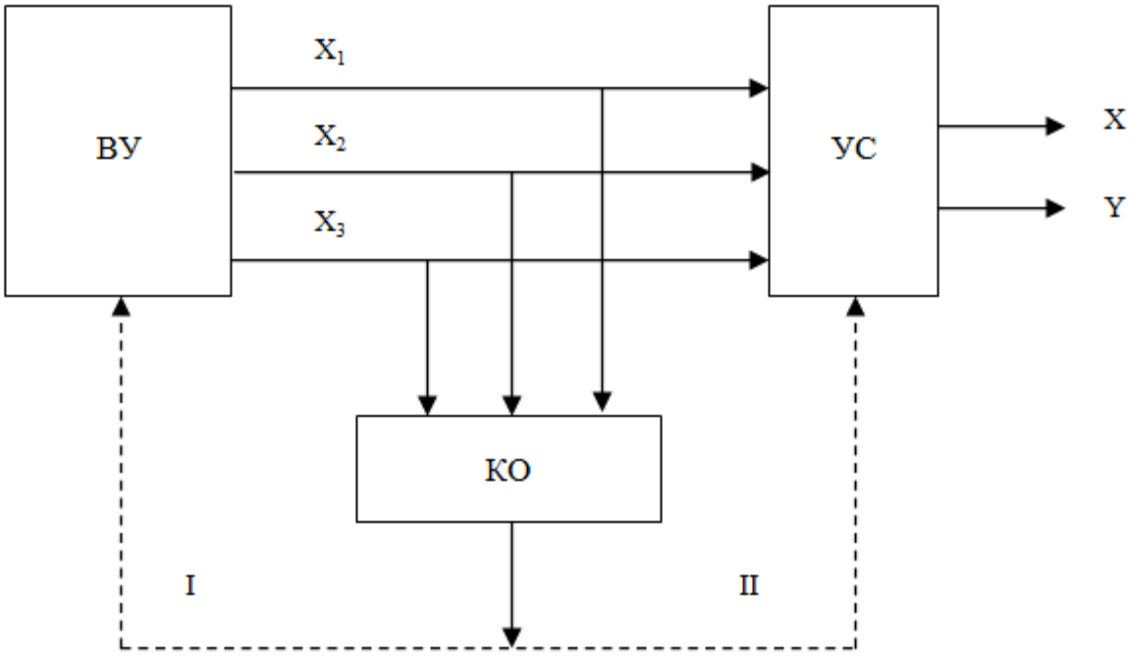


Рис. 2. Схема вычислительного процесса с коррекцией

Аналогичным образом можно вводить избыточность в различные системы, накладывать контрольные условия и строить цепи коррекции.

При решении дифференциальных уравнений на вычислительных машинах возможны нарушения, во-первых, в начальных условиях, во-вторых, в правых частях уравнений, в-третьих, в самом операторе дифференцирования. И если в идеальной системе должна решаться система уравнений

$$\frac{dy_i}{dt} = f_i\left(y_1, y_2, ..., y_n, t\right), \; y_i\left(0\right) = y_{i0}, \tag{12}$$

то реально будет решаться система

$$\begin{gathered}\frac{d\tilde{y}_i}{dt} = f_i\left(\tilde{y}_1, \tilde{y}_2, ..., \tilde{y}_n, t\right) + A_i\left(\tilde{y}_1, ..., \tilde{y}_n, t\right), \\ \tilde{y}_i\left(0\right) = \tilde{y}_{i0}, \; i = 1, 2, ..., n,\end{gathered} \tag{13}$$

где $A_i\left(\tilde{y}_1, ..., \tilde{y}_n, t\right)$ – помехи, действующие на систему дифференциальных уравнений.

Нарушения в операторе дифференцирования также сводятся к аддитивной добавке аналогичного вида в правых частях реально решаемых систем уравнений [3, 4].

Суть метода избыточных переменных заключается в том, чтобы решать в вычислительном устройстве не исходную систему уравнений, а эквивалентную ей расширенную систему с неопределенными коэффициентами.

Введение избыточности позволяет не только организовать контроль, но также управлять вычислительным процессом как на основании априорных данных о помехах, так и на основании текущего контроля процесса в реальном времени [5].

5. Выводы

В своих научных исследованиях М.Б. Игнатьев предложил инструментарий создания математических моделей слабо формализованных систем, а также инструментарий манипулирования этими моделями, управления ими. Полученные М.Б. Игнатьевым теоретические результаты позволяют задавать вектор развития сложных систем, корректировать, контролировать и диагностировать работу сложных систем, производить прогнозирование.

Список литературы

1. Игнатьев М.Б. Кибернетическая картина мира. Теория сложных систем: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 230000 «Информатика и вычислительная техника». СПб. Изд-во ГУАП, 2011. 447 с.

2. Игнатьев М.Б., Катермина Т.С. Системный анализ задач прогнозирования и планирования развития сложных структур: лингво-комбинаторный подход // Сборник научных трудов XXII Международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. СПб.: Издательство Политехнического ун-та, 2018. С. 115–118.

3. Игнатьев М.Б., Катермина Т.С. Системный анализ проблемы управления хаосом // Сб. науч. тр. XX Международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении». Часть 1. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. С. 129–136.

4. Ignatyev M.B., Katermina T.S. Chaos control and uncertainty // Proceedings of the 19th international conference on soft computing and measurements (SCM 2016), Saint Petersburg Electrotechnical University “LETI”, St. Petersburg. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2016. P. 449–452.

5. Игнатьев М.Б. Теория сложных систем и кибернетическая картина мира // Информатика и ее применения. М.: Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН, 2011. С. 58–68.

УДК 004.94
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-259

Катермина Татьяна Сергеевна[1],
канд. техн. наук, доцент;
Платонов Владимир Владимирович[2],
д-р экон. наук, профессор, профессор;
Яковлева Елена Анатольевна[3],
д-р экон. наук, доцент, профессор

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВИРУСНЫХ ЭПИДЕМИЙ

[1] Нижневартовский государственный университет,
Нижневартовск, Россия,
nggu-lib@mail.ru,
[2, 3] Санкт-Петербургский государственный экономический университет,
Санкт-Петербург, Россия,
[2] vladimir.platonov@gmail.com, [3] helen7199@gmail.com

Аннотация. В статье представлены результаты исследования применения технологии создания интеллектуальных динамических систем на основе лингво-комбинаторного моделирования сложных систем с хаотической динамикой и учетом прошлого опыта по имеющимся статистическим данным распространения вирусных эпидемий, оценке последствий и минимизации причинённого ущерба.

Ключевые слова: лингво-комбинаторное моделирование, хаос, прогнозирование, риск, вирусные эпидемии.

Tatiana S. Katermina[1],
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor;
Vladimir V. Platonov [2],
Doctor of Economics, Professor;
Elena A. Iakovleva[3],
Doctor of Economics, Professor

SYSTEM ANALYSIS AND MATHEMATICAL MODELING FOR PREDICTING THE SPREAD OF VIRAL EPIDEMICS

[1] Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russia,
nggu-lib@mail.ru,
[2, 3] St. Petersburg State University of Economics, St. Petersburg, Russia,
[2] vladimir.platonov@gmail.com, [3] helen7199@gmail.com

Abstract. The article presents the results of the study on the application of the technology for the intelligent dynamic systems analysis based on linguistic-combinatorial modeling developed for the complex systems with chaotic dynamics that accounting for past experiences using the available statistical data on the spread of viral epidemics. It allows to assess the impact and minimize the damage.

Keywords: linguistic-combinatorial modeling, chaos, forecasting, risk, virus epidemics.

Введение

Актуальность определения хаотической динамики развития эпидемий в текущих условиях COVID-19 не вызывает сомнения для мониторинга, прогнозирования, обоснования соответствующих подходов и инструментов для построения динамических моделей. Современные условия предполагают высокую территориальную мобильность населения, расширяющиеся коммуникации. Обусловлено это и усиливающейся глобализацией различных процессов в экономике и культуре, развитием транспортной инфраструктуры и другими процессами. Для моделирования сложных систем, в том числе и систем, имеющих хаотическую динамику, можно применять метод лингво-комбинаторного моделирования, разработанный Игнатьевым М.Б. и другие подходы к семантическому моделированию. Представление о сложных системах складывается на основе анализа таких структур как группа городов, связанных между собой сетями авиа-, ж/д и автодорожного сообщения. Такая система является сложной самоорганизующейся, для нее необходимо создать модель для прогнозирования ее поведения в опасных ситуациях, например, в ситуации быстро распространяющихся заболеваний.

1. Анализ научных источников: теория сетей и лингво-комбинаторное моделирование сложных систем с хаотической динамикой. Учет прошлого опыта

Определение хаотической динамики развития эпидемий в прогнозировании и обосновании методов и инструментов для построения динамических моделей в текущих условиях COVID-19 хорошо иллюстрирует теория сетей [0], дополненная инструментами лингво-комбинаторного [0], динамического и семантического моделирования с учетом вопросов управления хаосом и применения технологий искусственного интеллекта.

2. Методы и технология исследования: лингво-комбинаторный подход к моделированию динамики развития эпидемий

Кратко опишем принципы построения математической модели слабо формализованных систем по методу лингво-комбинаторного моделирования [0]. В первом приближении строится модель системы на естественном языке, что чаще всего не составляет труда [0, 0]. Переход

от описания на естественном языке к языку математических формул происходит следующим образом. Например, пусть имеется фраза

$$W1+W2+W3. \quad (1)$$

В данной фразе слова (W) обозначаются, а смысл слов только подразумеваем. Введем смыслы (S) в следующем виде:

$$(W1)*(S1)+(W2)*(S2)+(W3)*(S3)=0. \quad (2)$$

Будем обозначать слова как A_i от английского Appearance, а смыслы – как E_i (от английского Essence), звездочка * означает операцию умножения. Тогда уравнение (2) можно представить как

$$A_1E_1 + A_2E_2 + A_3E_3 = 0. \quad (3)$$

Уравнение (3) может быть разрешено либо относительно A_i, либо относительно E_i введением еще одной группы переменных — произвольных коэффициентов U_s:

$$\begin{aligned} A_1 &= U_1E_2 + U_2E_3 \\ A_2 &= -U_1E_1 + U_3E_3 \\ A_3 &= -U_2E_1 - U_3E_2 \end{aligned} \quad (4)$$

или

$$\begin{aligned} E_1 &= U_1A_2 + U_2A_3 \\ E_2 &= -U_1A_1 + U_3A_3 \\ E_3 &= -U_2A_1 - U_3A_2 \end{aligned} \quad (5)$$

где U_1, U_2, U_3 – произвольные коэффициенты, которые можно использовать для решения различных задач на многообразии (3). Если уравнения (4) или (5) подставить в уравнение (3), то оно тождественно обратится в нуль при любых U_s.

Лингво-комбинаторное моделирование заключается в том, что в конкретной предметной области выделяются ключевые слова, которые объединяются во фразы типа (1), на основе которых строятся эквивалентные системы уравнений с произвольными коэффициентами.

3. Результаты: пути моделирования динамики распространения эпидемий для самоорганизующейся системы с хаотической динамикой

В качестве примера управления хаосом при моделировании динамики распространения COVID-19 с использованием произвольных коэффициентов рассмотрим задачу построения аттрактора на сфере [7]. Для построения аттрактора на сфере была сгенерирована система дифференциальных уравнений движения точки по сфере. При этом обязательным является нахождение точки на сфере. Неопределенные коэффициенты необходимо назначить так, чтобы их изменения

(переназначения) приводили к значительным изменениям переменных, на которые эти коэффициенты влияют [0].

Результаты моделирования представлены на рисунках 1 и 2.

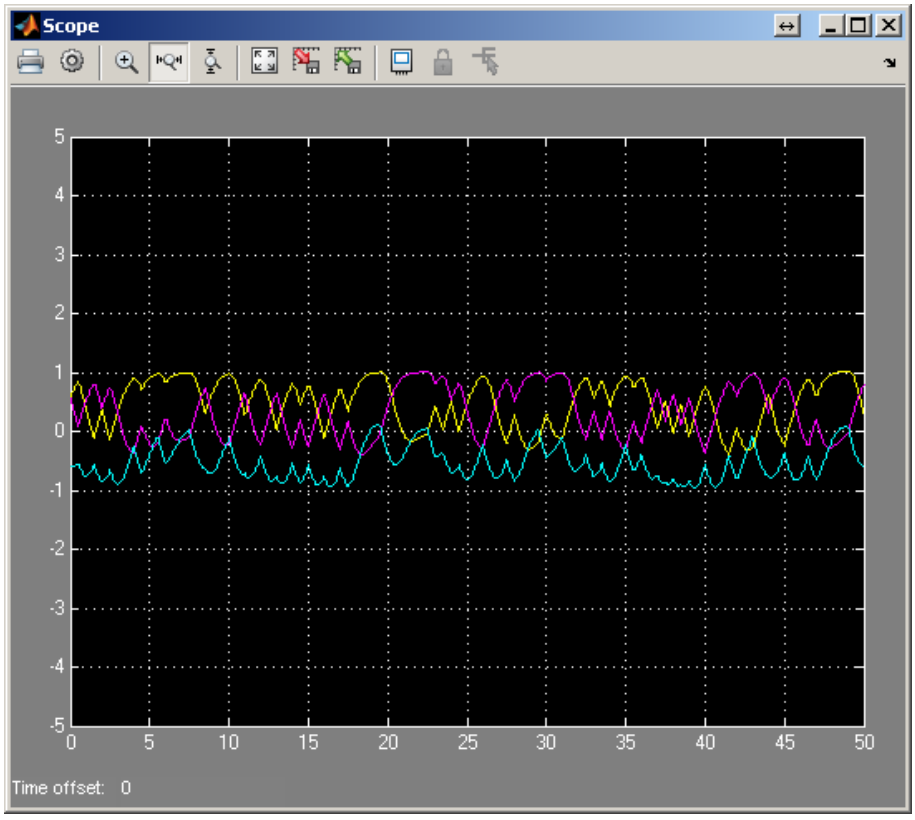


Рис. 1. Графики зависимости переменных x_1, x_2, x_3 от времени t

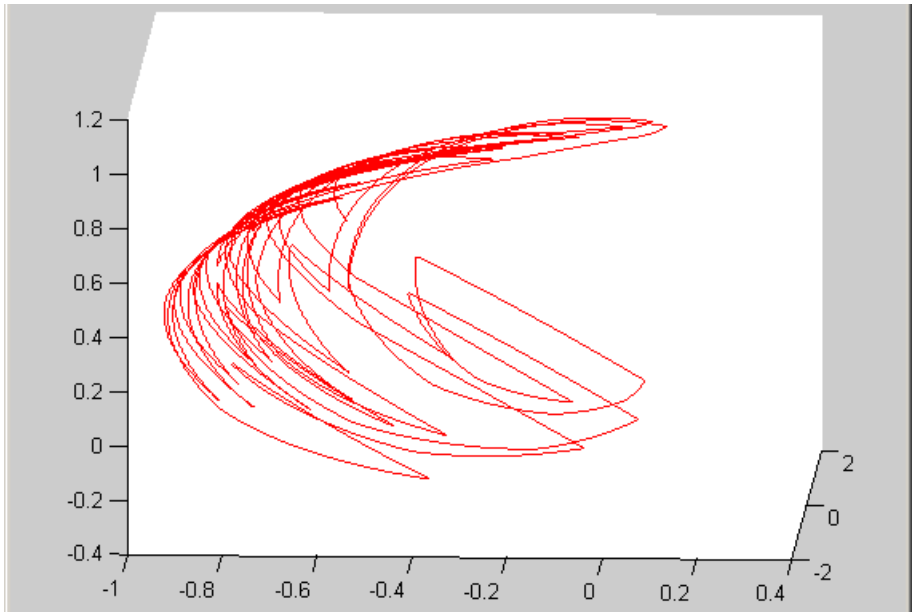


Рис. 2. Траектория на поверхности сферы с координатами x_1, x_2, x_3

Было показано, как можно управлять хаосом, манипулируя числом произвольных коэффициентов или назначая их таким образом, чтобы уменьшить влияние хаоса или организовать аттрактор.

Выводы

Авторы предлагают иной, когнитивный инструментарий для определения эффективности мер и оценки последствий – это инструментарий лингво-комбинаторного моделирования и логико-лингвистического анализа процесса адаптации предметной области под воздействием функций субъектов управления. Тогда критериями могут выступать повышение уровня качества жизни и скорость адаптации всей системы, качество управления системой здравоохранения. Соответственно, предлагаемый аппарат моделирования должен быть проработан для системного анализа последствий, учета и прогноза состояния, синтеза решений для всех участников (субъектов управления).

Список литературы

1. Евин И.А. Введение в теорию сложных сетей. //Компьютерные исследования и моделирование. 2010. Т. 2. № 2. С. 121–141.

2. Игнатьев М.Б. Кибернетическая картина мира. Теория сложных систем: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 230000 «Информатика и вычислительная техника». СПб.: Изд-во ГУАП, 2011. 447 с.

3. Игнатьев М.Б., Катермина Т.С. Системный анализ задач прогнозирования и планирования развития сложных структур: лингво-комбинаторный подход // Сборник научных трудов XXII Международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении». Ч.1. СПб.: Издательство Политехнического ун-та Петра Великого, 2018. С. 115–118.

4. Ignatiev M.B., Karlik A.E., Iakovleva E.A., Karlik E.M. Challenges for strategic management of the development of the digital economy and advanced training // Proceedings of 2018 17th Russian Scientific and Practical Conference on Planning and Teaching Engineering Staff for the Industrial and Economic Complex of the Region, PTES 2018. Publisher: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018. P. 197–200.

5. Ignatiev M.B., Karlik A.E., Iakovleva E.A., Platonov V.V. Linguo-combinatorial model for diagnosing the state of human resources in the digital economy // Proceedings of 2018 17th Russian Scientific and Practical Conference on Planning and Teaching Engineering Staff for the Industrial and Economic Complex of the Region, PTES 2018. Publisher: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018. P. 201–204.

6. Игнатьев М.Б., Катермина Т.С. Системный анализ проблемы управления хаосом // Сб. науч. тр. XX Международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении». Ч. 1. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. С. 129–136.

7. Ignatyev M.B., Katermina T.S. Chaos control and uncertainty. Proceedings of the 19th international conference on soft computing and measurements, SCM 2016. Saint Petersburg. Publisher: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2016. P. 449–452.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 7
КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ 7

Горелова Г.В., Кацко И.А., Величко П.Ю.
СОВРЕМЕННЫЕ МЕГАТРЕНДЫ — ОЦЕНКИ КОГНИТОЛОГОВ… 7

Горелова Г.В.
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РИСКОВ В ПОДЗЕМНОМ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ОСНОВЕ КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ..... 17

Горелова Г.В., Мельник Э.В.
КОГНИТИВНЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ КАК СЛОЖНЫХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СИСТЕМ…... 28

Мельник Э.В., Орда-Жигулина М.В., Орда-Жигулина Д.В.
ПРИМЕНЕНИЕ КОГНИТИВНОГО АНАЛИЗА К МОНИТОРИНГУ И ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ГИДРОЭКОСИСТЕМАХ…… 37

Калиниченко А.И.
ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ В ФОРМАТ КОГНИТИВНОЙ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ……... 46

Горелова Г.В., Захарова Е.Н.
КОГНИТИВНЫЕ СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ РЫНКА ПОЧТОВЫХ УСЛУГ……... 53

Кацко Д.И., Кацко А.И., Маций В.С.
КОГНИТИВНЫЙ ПОДХОД К СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЗОНДИРОВАНИЯ ГРУНТОВ…… 64

Нифонтова А.В.
АНАЛИЗ ГЕНЕЗИСА И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ПОНЯТИЙНО-ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКОГО АППАРАТА «УРОВНЯ И КАЧЕСТВА ЖИЗНИ» НАСЕЛЕНИЯ И «НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ» ТЕРРИТОРИЙ…….. 72

Поняева И.И.
КОГНИТИВНЫЕ ГИБРИДНЫЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОДВИНУТОЙ БИЗНЕС-АНАЛИТИКИ…… 79

Саак А.А.
КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ РЫНКА ТРУДА НА ПРИМЕРЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ……..…….. 89

Ткаченко Ю.Г., Тюшняков В.Н.
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УРОВНЯ ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ РЕГИОНА……. 96

Исмиханов З.Н.
СИСТЕМА ВЗАИМОЗАВИСИМЫХ УРАВНЕНИЙ КАК ИНСТРУМЕНТ КОГНИТИВНОГО АНАЛИЗА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ…….. 103

Масленникова А.В.
ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ ГОРОДСКИМИ АГЛОМЕРАЦИЯМИ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИИ ДИНАМИЧЕСКОГО И КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ….. 109

СЕКЦИЯ 8
ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ **115**

Брусакова И.А.
ИНФОРМАЦИОННЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ…… 115

Вильдероттер К.*, *Кононова М.Ю.*, *Реннер М. (Германия)
ПОДКЛЮЧЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ПРОИЗВОДСТВОМ (MES) К ERP-СИСТЕМЕ…… 122

Буянов Б.Я.*, *Бабичева А.С.*, *Чербаев П.О.
РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАЩИЩЁННОСТИ КЛАССА 1Б
В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ СПЕЦИАЛЬНОГО
НАЗНАЧЕНИЯ ПОД УПРАВЛЕНИЕМ UNIX — ПОДОБНЫХ
ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ…… 127

Сараджишвили С.Э.*, *Морозов Ю.А.
ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ LINKED OPEN DATA……. 140

Моргунов Е.П.*, *Моргунова О.Н.*, *Постойко А.Ю.
РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА «АНАЛИЗ СРЕДЫ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ» В ВИДЕ РАСШИРЕНИЯ
СУБД POSTGRESQL……. 146

Виноградов А.Н.*, *Куршев Е.П.
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ В
ЗАДАЧАХ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ…… 152

Поцулин А.Д.*, *Сергеева И.Г.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ
ПРОВЕДЕНИИ ОЦЕНКИ ПОСТАВЩИКОВ…… 159

Гурылев О.А.*, *Черненькая Л.В.
РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОТГРУЗОЧНОЙ ДО-
КУМЕНТАЦИИ НА ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ..... 165

Потапова Л.Г.*, *Черненькая Л.В.*, *Биченкова О.Ф.
РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ
КОНСТРУКТОРСКОГО БЮРО……..…… 171

Судакова Л.В., Биченкова О.Ф., Черненькая Л.В.
РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА
ДЛЯ СЛУЖБЫ ГЛАВНОГО ТЕХНОЛОГА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ОЦЕНОК…… 182

Сидорук С.С.
ВЫБОР ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ
АВТОМАТИЗАЦИИ ФУНКЦИЙ ОТДЕЛА КАДРОВ……. 191

Букунов А.С.
ДЕКОНСТРУКЦИЯ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ……. 198

Колыбенко Е.Н.
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА СРЕДСТВ
ДЛЯ ПЕРЕХОДА К ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ
АВТОМАТИЗАЦИИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРАКТИКИ
ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА МЕХАНООБРАБОТКИ……... 206

Саитова Г.А., Елизарова А.В.
АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА
ДАННЫХ ИСПЫТАНИЙ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ…….. 223

Овсянникова А.К., Макаревич Н. С.
СИСТЕМА СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ…… 233

Кирильчук И.О., Иорданова А.В.
РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННО-
АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ОХРАНОЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ
НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА…… 238

Гроздова А.В., Широкова С.В.
РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПОДСИСТЕМЫ
УЧЕТА ДВИЖЕНИЯ ТОВАРНО-МАТЕРИАЛЬНЫХ
ЦЕННОСТЕЙ ДЛЯ СТРОЯЩИХСЯ УСТАНОВОК
НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ…….. 251

Петрова А.К.
ПРИМЕНЕНИЕ ЭВОЛЮЦИОННЫХ МЕТОДОВ В ЗАДАЧАХ ОПТИМИЗАЦИИ УЧЕТА РАСХОДА ГАЗА……. 254

Озеров В.А., Руданов Ю.Г.
СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ВРАЧЕБНЫХ РЕШЕНИЙ……. 260

Ильяшенко О.Ю., Ильяшенко В.М., Биккулова З.У.
ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК ИНСТРУМЕНТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОКАЗАНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ…….. 272

Аверина А.А.
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ В РАЗРАБОТКЕ МЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ……. 284

Сердюкова М.А., Курбесов А.В.
ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ «ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕЕСТР ВЕТЕРАНОВ ВОЙН» (ЭР ВВ)……. 290

Монахов В.А., Магер В.Е.
МОДЕЛИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ…… 299

Калугян К.Х., Щербакова К.Н., Глущенко М.В.
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ……. 308

Двоеглазов Д.А., Магер В.Е.
ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕПРЕРЫВНОЙ ИНТЕГРАЦИИ…….. 315

СЕКЦИЯ 9
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ И УПРАВЛЕНИИ ВЫСШИМ ОБРАЗОВАНИЕМ 321

Халин В. Г., Чернова Г.В.
ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ ВУЗОМ НА УРОВНЕ ФАКУЛЬТЕТА..... 321

Мотышина М.С.
СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ АДАПТИВНОСТИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ…… 333

Базилевич Л.А. (*Leon Bazil*, США)
СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕЛОВЫХ ИГР (HARDWARE + SOFTWARE + WETWARE)……. 337

Шполянская И.Ю., Середкина Т.А.
ТЕХНОЛОГИИ SEMANTIC WEB В ОРГАНИЗАЦИИ ПОДДЕРЖКИ ОНЛАЙН ОБУЧЕНИЯ……... 343

Солодилова Н.А., Петраш В.И.
ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В БАЗОВОМ МОДУЛЕ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ В ОБЛАСТИ МАШИНОСТРОЕНИЯ…… 350

Яковлева Е.А., Павлова О.С., Краснопевцева М.
ИНТЕГРАЦИЯ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО КАРКАСА АДАПТИВНОГО ПОДХОДА В СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА…….. 358

Болсуновская М.В., Васильянов Г.С., Баринов Д.С.
ПРИМЕНЕНИЕ МАЛОГАБАРИТНОЙ МОДЕЛИ АВТОНОМНОГО АВТОМОБИЛЯ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА НА БАЗЕ ПОЛИГОНА-ДЕМОНСТРАТОРА НОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ TESTBED……. 363

Кудаков А.В., Брык И. Ю., Бражников В.В.
ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОСТРОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ……... 370

Данилова Т.В., Мирошниченко Ю.Н., Кракузина В.В., Щербаков С.М.
МОДЕЛИРОВАНИЕ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ…….. 377

СЕКЦИЯ 10
СЕКЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ **384**

Спатарь А., Широкова С.В.
СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРЕДПРИЯТИЯ…… 384

Шадрин А.Д., Михайлов М.С.
КОНТЕКСТ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА
ОРГАНИЗАЦИИ…….. 395

Гигльбергер А. (Финляндия, Германия)
ВОЗМОЖНОСТИ И ВЫЗОВЫ EWOM……. 402

Яковлева Е.А., Варшавская В.В., Воронина К.А.
СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ РЕСУРСНЫМ
ПОТЕНЦИАЛОМ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ……. 408

Богучаров В.А.
РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ ПРОЦЕССОВ НЕПРЕРЫВНОГО ТИПА С ЦЕЛЬЮ
МИНИМИЗАЦИИ ПОТЕРЬ ПРОИЗВОДСТВА…… 412

Афанасьева М. И.
МОДЕЛЬ ИЗБИРАТЕЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ИНФОРМАЦИИ В РАЙОННОЙ АДМИНИСТРАЦИИ…… 418

Бочарова А.А.
ИНФОРМАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС РАЙОННОЙ
АДМИНИСТРАЦИИ ДЛЯ ИНФОРМИРОВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ…. 425

Табуева А.С.
РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ВЫБОРА ИННОВАЦИЙ
ДЛЯ ЛИЧНОГО КАБИНЕТА СОТРУДНИКА ТОРГОВОЙ ТОЧКИ
ООО «СЕТЬ СВЯЗНОЙ»…….. 434

Бурова Н.В.
ИССЛЕДОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА И ВЫБОР ИННОВАЦИЙ ДЛЯ ЛИЧНОГО КАБИНЕТА АБОНЕНТА СОТОВОГО ОПЕРАТОРА «МЕГАФОН»…….. 441

Мишель Ф. (Финляндия, Германия)
УДОВЛЕТВОРЕННОСТЬ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ…… 447

Киреева Ю.Р.
МОДЕЛИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ВЕБ-САЙТА ПРИЁМНОЙ КОМИССИИ…… 454

Теодорович М.И.
МЕТОДИКА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ЛИЧНОГО КАБИНЕТА ПРЕПОДАВАТЕЛЯ УНИВЕРСИСТЕТА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПОТРЕБНОСТЕЙ……. 462

Акимова М.А.
ВНЕДРЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ СТУДИИ СОЗДАНИЯ САЙТОВ…….. 469

Рудовская С.В.
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО РАСПРЕДЕЛЕНИЮ СТАТЕЙ ПО РУБРИКАМ И ОЧЕРЕДНОСТИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ НОВОСТНОГО САЙТА…… 474

Анисимов А.С.
МОДЕЛЬ И АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ДИАЛОГОВАЯ ПРОЦЕДУРА ДЛЯ АНАЛИЗА СИТУАЦИЙ С УЧЕТОМ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ КОМПОНЕНТ……..... 482

Крымов В.А., Рудовская С.В., Теплова Н.В.
ОБНАРУЖЕНИЕ ВСПЫШЕК В СИГНАЛЕ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕЧЕНИЯ ВОДОРОДНОЙ ЛИНИИ ПО ДАННЫМ С ТОКАМАКА ГЛОБУС-М2…….. 490

Нгуен Тхи Тху Зунг, Черненькая Л.В.
МОДЕЛЬ ДЛЯ АНАЛИЗА РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РАЙОНА ТХАЙ-БИНГ (ВЬЕТНАМ) НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ МНОГОМЕРНОЙ СТАТИСТИКИ……. 497

Фам Тхи Ми Зунг, Черненькая Л.В.
КЛАССИФИКАЦИЯ РАЙОНОВ ПО УРОВНЮ БЕЗРАБОТИЦЫ ВО ВЬЕТНАМЕ МЕТОДОМ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА……. 506

Макаров В.М., Гершкул М Ю.
МЕТОДЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, СВЯЗАННОГО С ПЕРЕДАЧЕЙ И ТРАНСФОРМАЦИЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ……... 514

Андрианов Н.А., Пупенцова С.В.
МЕТОД МОНТЕ-КАРЛО КАК ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ РИСКОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПОРТФЕЛЯ АКЦИЙ В КРИЗИСНОЙ СИТУАЦИИ……. 520

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЕ ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ 526

Волкова В.Н., Леонова А.Е., Логинова А.В., Романова Е.В., Широкова С.В.
АРХИТЕКТУРА ПРЕДПРИЯТИЯ? ИНЖИНИРИНГ? ИЛИ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЙ КОМПЛЕКС?..... 526

Катермина Т.С.
ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ ЛИНГВО-КОМБИНАТОРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ М.Б. ИГНАТЬЕВА……..…… 537

Катермина Т.С., Платонов В.В., Яковлева Е.А.
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВИРУСНЫХ ЭПИДЕМИЙ……. 544

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И УПРАВЛЕНИИ

Часть 3

Сборник научных трудов
XXIV Международной научной
и учебно-практической конференции

13–14 октября 2020 года

Под общей редакцией *Г. В. Гореловой, А. В. Логиновой*

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, т. 2; 95 3004 – научная и производственная литература

Подписано в печать 11.11.2020. Формат 60×84/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 35,0. Тираж 100. Заказ 2167.

Отпечатано с готового оригинал-макета, предоставленного редакторами,
в Издательско-полиграфическом центре Политехнического университета.
195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.
Тел.: (812) 552-77-17; 550-40-14.

