

МАШИННО-СЕМАНТИЧЕСКИЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛ: КАРТИРОВАНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СМЫСЛА С ПОМОЩЬЮ ВЕКТОРНЫХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ

© Груздева А.С.

Кандидат технических наук, Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, Россия
prog.anastasia@gmail.com; ORCID: 0000–0003–4963–0823

© Суров И.А.

Кандидат физико-математических наук, научный сотрудник, Университет ИТМО,
Санкт-Петербург, Россия
ilya.a.surov@itmo.ru; ORCID: 0000–0001–5690–7507

Работа выполнена при поддержке Университета ИТМО и Российского научного фонда,
грант № 23–71–01046.

Для цитирования:

Груздева А.С., Суров И.А.
Машинно-семантический дифференциал: картирование эмоционального смысла с помощью векторных языковых моделей // Ученые записки Института психологии Российской академии наук. 2025. Т.5. №4(17). С.91–104.
DOI:

Gruzdeva A.S., Surov I.A.
Machine-semantic differential: mapping of affective meaning by vector language models. Proceedings of the Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences. 2025, Vol.5, No4(17), Pp.91–104.
DOI:

Эмоции и чувства — ключевой элемент психики, однако их экспериментальные исследования осложняются дороговизной, статистической недостоверностью натурных экспериментов и требуют времени. В статье представлен метод решения этих проблем посредством машинных моделей естественного языка, которые в неявном виде содержат большой объём психологической информации. При этом используются имеющиеся в открытом доступе предобученные нейросетевые представления слов и фраз векторами в многомерных пространствах. Эти представления содержат эмоционально-семантические факторы Ч. Осгуда *оценка, сила и активность*, кодируемые в этих пространствах определёнными направлениями. Проекция на эти направления позволяет строить эмоционально-смысловые карты языковых единиц. Разработанный метод апробирован на массиве из 105 эмоциональных состояний, векторные представления которых строились с помощью трёх машинных моделей русского и английского языка. Построенные карты этих состояний качественно совпали во всех случаях. Полученные значения факторов оценки, силы и активности были использованы для прогнозирования функциональных (новость — действие — результат) и оценочных (приятно — неприятно) классов эмоциональных состояний. Среднее

совпадение прогноза с экспертной оценкой этих классов составило 61% и 82% соответственно. Полученные результаты подтверждают функциональную модель эмоциональной семантики, а также кросс-культурную универсальность семантических факторов Ч. Осгуда. Также подтверждена гипотеза о наличии в языковых моделях эмоционально-смысловой информации и возможности её алгоритмического извлечения, что указывает на возможность решения метрологических проблем психологического эксперимента. Статистическая достоверность и воспроизводимость разработанного подхода открывает новые возможности для прикладных и фундаментальных исследований.

Ключевые слова: аффект, эмоция, смысл, семантический дифференциал Ч. Осгуда, сентимент-анализ, когнитивная карта, большие языковые модели

Введение

Исследования эмоций, аффектов и чувств всегда вызывали большой интерес у психологов. Он обусловлен их важностью в формировании предпочтений и суждений, в общении и управлении поведением, в сознании и психике в целом

(Dukes et al., 2021). Эмоции как прагматический смысл обстановки по отношению к целям субъекта играют ключевую роль в процессах принятия решений (Суров, 2023), что связывает их с задачами когнитивно-поведенческого моделирования и анализа данных (Calvo et al., 2015).

Методы количественного исследования эмоций, однако, существенно отстают от запросов практики. Одним из наиболее востребованных остается семантический дифференциал Ч. Осгуда (Петренко, 2010; Osgood, 1962, 1969), разработанный более полувека назад и в разных модификациях используемый по настоящее время. На его основе, в частности, выявляются числовые параметры эмоциональных состояний, позволяющая размещать их в метрическом пространстве (Fontaine et al., 2013). Семантический дифференциал также применяется в задачах сентимент-анализа (Dvoynikova et al., 2022; Smetanin, 2020), семантического маркетинга (Pavlov, 2012), прикладной психологии (Александрова, Дерманова, 2018; Волохонский, 2007; Дьяков, 2015; Мощенко, Ярошенко, 2016; Смирнова, Серкин, 2020; Степнова и др., 2020), социологии (Алмазова и др., 2015; Каира, 2010; Саблуков, 2011; Сикевич, 2016; Шелестюк, 2009) и лингвистики (Блинникова, Андрианова, 2009; Касьянова, 2017; Соловьёв и др., 2025; Токарь, Зильберглейт, 2010; Шелестюк, 2009).

Имеющиеся техники семантического дифференциала требуют ручного сбора статистики оценочных величин. Как при любой работе с испытуемыми в натурных экспериментах, этим обусловлена их низкая скорость и масштабируемость, трудоёмкость и дороговизна. С другой стороны, информационные технологии предлагают исследователю огромные массивы текстовой, графической, звуковой и поведенческой информации, доступные мгновенно и бесплатно. Для психологического использования этой информации необходимы методы, существенно отличающиеся от обычных методов натурального эксперимента.

На возможность решения этой задачи указывают алгоритмы сентимент-анализа на основе машинных моделей естественных языков, в ряде случаев показывающие высокую эффективность. Такие методы, однако, работают с нейросетевыми представлениями слов, не имеющими психологической интерпретации; работа в режиме чёрного ящика не позволяет связать такие представления с когнитивно-психологическими теориями эмоций, что было бы полезно обеим сторонам. На возможность такого сопряжения, с другой стороны, указывает нахождение в машинной модели английского языка всех трёх семантических факторов Ч. Осгуда (Surov, 2022), причём фактор оценки успешно прогнозируется на основе векторных машинных представлений (Bochkarev et al., 2025; Solovyev et al., 2022).

Процессная модель эмоциональной семантики

Главными параметрами эмоционального смысла являются факторы Ч. Осгуда *оценка (приятность, evaluation)* (O), *напряжение (потенциал, сила, potency)* (C) и *активность (возбуждение, arousal)* (A), каждый из которых измеряется вещественным числом (Osgood, 1962, 1969). Тройка таких значений представляет эмоциональный смысл («affective meaning») ситуации, события или предмета в психике человека вектором или точкой в трёхмерном пространстве ОСА, причём расстояния между точками являются мерой различия соответствующих состояний.

Среди факторов ОСА наиболее известен фактор оценки (хорошо — плохо, приятно — неприятно), которым ограничивается большинство существующих методов сентимент-анализа. При этом ортогональные оценке факторы сила (напряжение) и активность отражения не находят, однако именно они лежат в основе функциональной логики субъективного смыслопорождения (Суров, 2022).

Поскольку сильной может быть любая эмоция, применительно к ним описания фактор силы (potency) на русском языке точнее назвать *напряжением*. В дальнейшем мы пользуемся этим термином.

Согласно этой логике, субъективный смысл представляет собой сжатую кодировку информации о внешней среде, важной для управления поведением организма. Для этого необходима настройка организма на тот или иной образ действия, в которой выделяется три характерных режима (Суров, 2022; 2023):

- возбуждение: при вхождении в новый контекст необходимо распознавание и объяснение поступившей информации, а также постановка целей и выработка планов по их достижению, для чего требуется выйти из режима ожидания-сна и активировать мыслительные функции;
- подкрепление: при исполнении планов требуется внешняя активность и готовность к энергичному преодолению препятствий на пути к цели;
- торможение: по завершении активной работы требуется отдых, объективная оценка результатов и подведение итогов, в связи с чем организм переводится из активного в отстранённо-наблюдательное состояние и готовится к вхождению в новый контекст.

В этой последовательности режимов настройки каждый этап характеризуется особым сочетанием факторов силы (напряжения) и активности (внешней). Наивысшая внешняя активность (Y) имеет место на втором этапе «Действие», тогда

как первый этап «Новость» и третий этап «Результат» характеризуются низкой внешней активностью и соответственно высокой внутренней, чувственно-интеллектуальной активностью. Фактор напряжения-силы (X) максимален на этапе «Новость», когда небольшие изменения в восприятии нового и постановке соответствующих целей определяют весь дальнейший процесс. Напряжение начинает падать с началом активных действий, достигая минимума на этапе «Результат», когда повлиять на завершающийся процесс уже практически невозможно.

Соответственно этим свойствам последовательность Новость — Действие — Результат представляет собой циклический процесс, описывающий структуру деятельности в осях напряжение (сила) — активность (Суров, 2022) как показано на рис. 1. При этом ось активности (Y) возрастает снизу вверх, тогда как ось напряжения (X) возрастает справа налево.

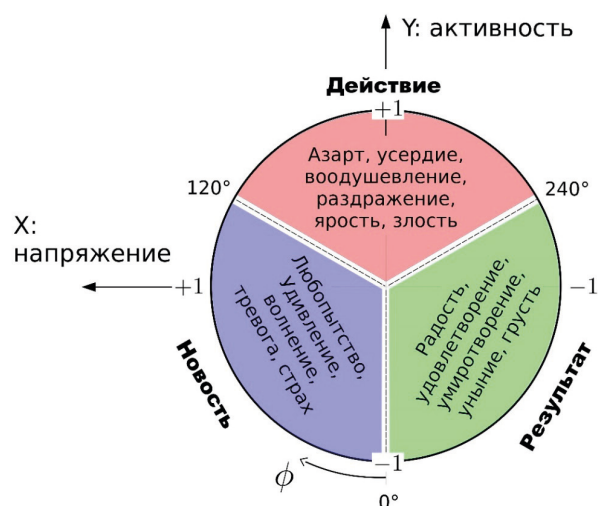


Рис. 1. Процессная модель эмоционального смыслообразования в плоскости напряжение — активность. Каждый из функциональных этапов Новость — Действие — Результат порождает семейство эмоциональных состояний, указанных в соответствующих секторах

Согласно процессно-функциональному подходу основные типы эмоций являются сигналами по настройке организма на каждый из процессных этапов (Суров, 2023):

- на первом этапе «Новость» необходимая умственная активность обеспечивается возбуждающими эмоциями любопытства, удивления, волнения, тревоги, страха и тому подобными;

- на втором этапе Действию способствуют энергичные эмоции воодушевление, азарт, усердие, раздражение, ярость, злость и подобные им;
- на третьем этапе «Результат» работают тормозящие эмоции удовлетворения, радости, уныния, печали и т. п.

Эти функциональные классы эмоций располагаются в секторах плоскости напряжение — активность как показано на рис. 1. Перпендикулярный этой плоскости фактор «оценка» позволяет различать положительные и отрицательные состояния в каждом функциональном секторе.

Методика эксперимента

Как и в обычном семантическом дифференциале, целью метода является получение тройки действительных чисел, кодирующих значения факторов ОСА для целевого объекта. Для этого используется машинная модель, кодирующая слова естественного языка векторами в многомерном (обычно 100–500 мерном) пространстве¹.

Такие вектора отражают закономерности словоупотребления в соотношениях типа

$$\begin{aligned} \overrightarrow{\text{Greece}} - \overrightarrow{\text{Athens}} &\approx \overrightarrow{\text{Russia}} - \overrightarrow{\text{Moscow}}, \\ \overrightarrow{\text{king}} - \overrightarrow{\text{man}} &\approx \overrightarrow{\text{queen}} - \overrightarrow{\text{woman}}, \end{aligned} \quad (1)$$

используемых для машинной обработки и анализа текстов. Семантические оси ОСА находятся в этом пространстве методом, описанным в работе (Суров, 2022) и кратко представленным ниже.

Нахождение оси Оценки (Z). Оценочная ось Z определяется на основе прототипов «Хорошо» (1) и «Плохо» (0), образованных четвёрками слов, приведёнными в первых строках табл. 1. Векторные представления этих прототипов \vec{W}_1 , \vec{W}_0 получаются усреднением векторных представлений соответствующих слов \vec{w}_i^j и \vec{w}_0^j

$$\vec{W}_1 = \frac{1}{N_1} \sum_{j=1}^{N_1} \vec{w}_1^j, \quad \vec{W}_0 = \frac{1}{N_0} \sum_{j=1}^{N_0} \vec{w}_0^j, \quad (2)$$

где N_1 , N_0 есть число слов в каждом прототипе. Как показано на рис. 2А, оценочная ось Z определяется разностью этих векторов

$$\vec{Z} = \vec{W}_1 - \vec{W}_0 \quad (3)$$

аналогично тому, как выражения в строках (1) кодируют понятия «страна» и «властность».

¹ Представляющими собой параметры внутреннего слоя искусственной нейронной сети, тренированной для угадывания пропущенных слов по их окружению в большом наборе текстов.

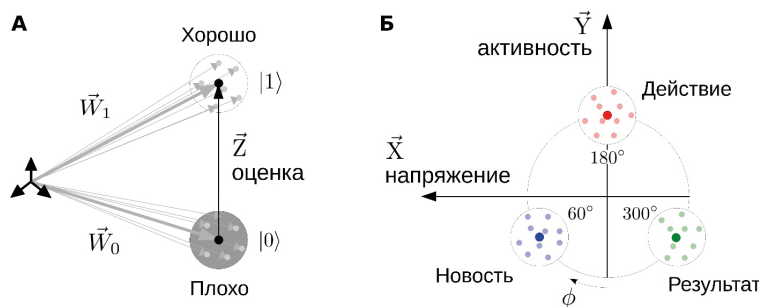


Рис. 2. Нахождение осей Оценки, Напряжения и Активности в пространствах машинных моделей естественного языка

Примечание: А — оценочная ось Z определяется разностью прототипов «Хорошо» и «Плохо» (3).
Б — процессная плоскость напряжение — активность XY (рис. 1) находится на основе функциональных прототипов Новость — Действие — Результат (4).

Таблица 1. Состав двух оценочных (2) и трёх процессных прототипов (4), использованных для нахождения эмоционально-смысловых факторов ОСА в машинных моделях русского и английского языков

Прототип	Русский	Английский
Хорошо	хороший отличный правильный позитивный	good right well positive
Плохо	плохой ужасный ошибочный негативный	bad wrong poor negative
Новость	задача проблема вопрос мотивация препятствие помеха задание тайна загадка трудность запрос сложность	novelty factor distinguish detect question puzzle idea unknown concept reason doubt note
Действие	разработка осуществление исполнение стройка реализация выполнение стратегия тактика совершение генерация энергия вдохновение	action work engage strive fight battle execute energy effort force compete cooperate
Результат	достижение решение ответ результат успех последствие исход выход разгадка окончание финал итог	result harvest outcome conclusion estimate value aftermath end victory defeat completion record

Нахождение плоскости напряжение — активность (XY). Оси напряжения (силы) и активности можно найти с помощью разностей соответствующих прототипов аналогично формуле (3). Необходимые для этого четыре прототипа, однако, являются избыточными: в трёхмерном пространстве плоскость однозначно определяется тремя точками, тогда как четыре и более точек в одной плоскости лежать не обязаны. Кроме того, минимальная тройка искомых прототипов естественным образом следует из процессной модели эмоционального смысла, показанной на рис. 1. Эта тройка прототипов соответствует процессным этапам Новость, Действие и Результат, образующим на плоскости XY правильный треугольник как показано на рис. 2Б.

Вектора процессных прототипов определяются усреднением векторов отдельных входящих в них слов аналогично формуле (2)

$$\vec{w}_{\text{нов}} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \vec{w}_{\text{проб}}^j, \quad \vec{w}_{\text{дей}} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \vec{w}_{\text{дей}}^j, \quad \vec{w}_{\text{рез}} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \vec{w}_{\text{рез}}^j \quad (4)$$

по наборам из $N=12$ слов каждый, приведённых в таблице 1.

Аналогично (3), искомая плоскость определяется суперпозицией этих векторов

$$\vec{\Omega} = \sum_k \vec{w}_k e^{i\phi_k} = \vec{X} + i\vec{Y}, \quad k \in \{\text{нов, дей, рез}\} \quad (5)$$

с комплекснозначными коэффициентами $e^{i\phi_k}$. Входящие в них углы

$$\phi_{\text{нов}} = 60^\circ, \quad \phi_{\text{дей}} = 180^\circ, \quad \phi_{\text{рез}} = 300^\circ \quad (6)$$

являются центрами соответствующих секторов на рис. 1 и 2Б. Вектора \vec{X} и \vec{Y} , являющиеся действительной и мнимой частями комплекснозначного вектора (5), составляют базис искомой плоскости XY.

Проекция. Полученные в (3) и (5) базисные вектора X, Y, Z позволяют найти значения семантических факторов ОСА любого слова или фразы v , входящего в языковую модель. Эти значения есть проекции вектора \vec{v} на соответствующее базисное направление:

$$\vec{s} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \vec{v} \cdot \vec{X} \\ \vec{v} \cdot \vec{Y} \\ \vec{v} \cdot \vec{Z} \end{bmatrix}, \quad (7)$$

где \cdot означает скалярное произведение векторов.

Результат применения проекции (7) к словам прототипов, приведённых в табл. 1, показан на рис. 3. Процессные прототипы (4) располагаются вблизи теоретических направлений (6) на одинаковых расстояниях от начала координат в соответствии

со схемой на рис. 2Б. Оценочные прототипы (2) располагаются вблизи начала координат. Аналогичная процедура проекции позволяет получить искомую карту эмоциональных терминов на плоскости напряжение — активность.

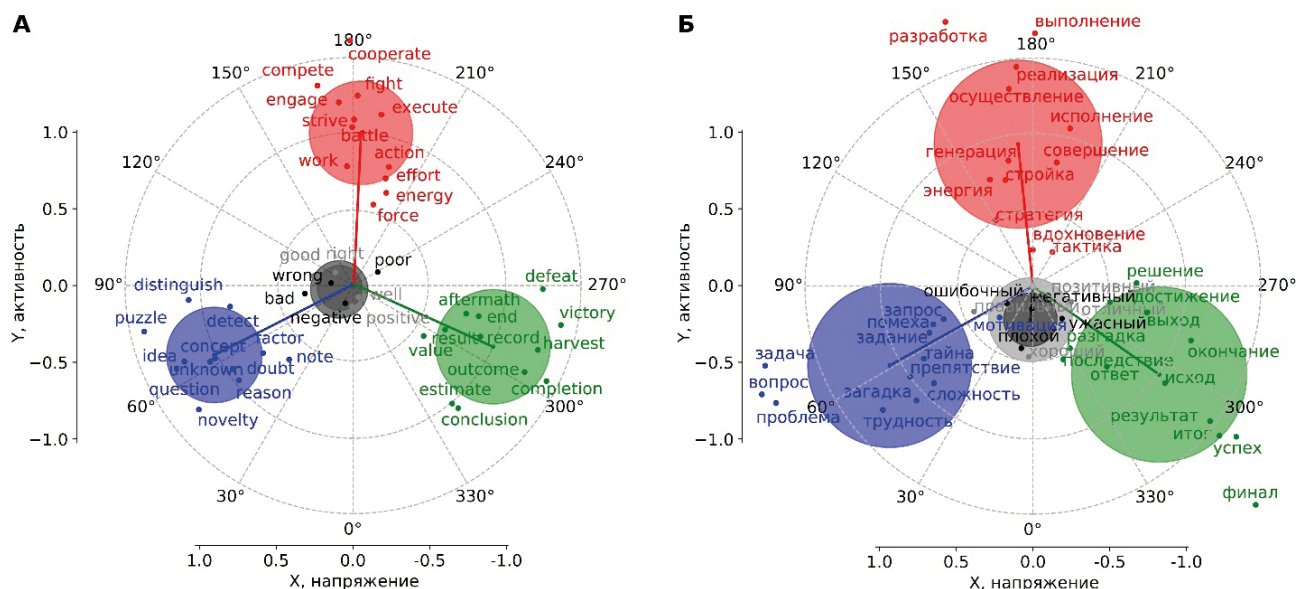


Рис. 3. Расположение оценочных и функциональных прототипов (2), (4), таблица 1 на плоскости «напряжение — активность» в многомерном пространстве машинной модели английского (А) и русского (Б) языка. Процессные прототипы отмечены цветом в соответствии с рис. 1 и 2Б, оценочные прототипы показаны серым и чёрным соответственно. Кругами показаны средние разбросы терминов вокруг центров своих прототипов

Результаты

В качестве исходных данных для тестирования представленного метода был взят набор из эмоций и эмоционально окрашенных английских слов, использованный в эксперименте (Shaver et al., 1987). Для работы с моделью русского языка этот набор были приведены к существительным и переведены с помощью онлайн-сервисов «Яндекс-переводчик» и «Словарь синонимов русского языка».

Для измерения точности метода слова полученного набора были классифицированы авторами по функциональным классам Новость (Н) — Действие (Д) — Результат (Р), а также по тональности «Хорошо (1) — Плохо (0)». Слова, принадлежность которых к функциональным классам неоднозначна (любовь, кошмар, переживание, одиночество и т.п.) из списка исключались. Также исключали слова, отсутствующие в какой-либо из языковых

моделей. Итоговый набор из 105 слов на русском и английском языке представлен в таблице 2.

Для русского языка использовались две предобученные машинные модели, находящиеся в открытом доступе. Первая модель² (M1) тренирована на массиве новостных текстов с сайта lenta.ru общим объёмом 1 млрд. слов. Вторая модель³ (M2) тренирована на Национальном корпусе русского языка (<https://ruscorpora.ru/>) и текстах русской Википедии за ноябрь 2021 года общим объёмом 1,2 млрд. слов. Обе модели кодируют слова русского языка векторами в 300-мерном пространстве. Эти модели были использованы для русских слов таблицы 2. Для английских слов использовалась 300-мерная модель английского языка⁴ (M3), тренированная на массиве новостных текстов поисковой системы Google общим объёмом 100 млрд. слов.

² Машинная модель русского языка «navec_news_v1_1B_250K_300d_100q.tar». URL: <https://github.com/natasha/navec>.

³ Машинная модель русского языка «ruwikiruscorpora_upos_cbow_300_10_2021». URL: <https://rusvectors.org/models>.

⁴ Машинная модель английского языка «GoogleNews-vectors-negative300.bin.gz». URL: <https://code.google.com/archive/p/word2vec/> (accessed: 15.06.2022).

Таблица 2. Используемые для картирования эмоционально-окрашенные термины
и их экспертная оценка. Процессно-функциональные классы Новость, Действие и Результат
кодируются первыми буквами, тональность кодируется 1 (Хорошо) и 0 (Плохо)

Термин	Функция, Тон	Термин	Функция, Тон	Термин	Функция, Тон
агония agony	Д0	надежда hope	Д0	рвение eagerness	Д1
ажиотаж agitation	Н0	напряженность tenseness	Н1	раскаяние remorse	Р0
азарт zeal	Д1	наслаждение delight	ДН0	ревность jealousy	Н0
безнадежность hopelessness	Р0	недоумение confusion	ДР1	разочарование disappointment	Р0
беспокойство anxiety	Н0	нежность tenderness	Н0	свирепость ferocity	Д0
блаженство bliss	Р1	неистовство rage	Д1	симпатия liking sympathy	Н1
веселье jolliness	Д1	ненависть hate	Д0	скорбь grief	Р0
вина guilt	РН0	неожиданность surprise	Д0	смущение embarrassment	Н0
влечение attraction	Н1	неприятность dislike	Н1	смятение dismay	Н0
вожделение desire	ДН1	нервозность nervousness	Н0	сожаление regret	Р0
возбуждение arousal	НД1	неудовольствие displeasure	Н0	сочувствие compassion	Н1
возмущение outrage	Н1	обида insult	РН0	страдание suffering	РД0
волнение alarm	НД1	облегчение relief	Н0	страсть passion	Д1
воодушевление	Д1	обострение aggravation	Р1	страх fear dread	Н0
энтузиазм enthusiasm	Д1	огорчение sadness	Д1	стыд shame	Р0
восторг rapture	ДН0	оживление exhilaration	РН0	счастье happiness	Р1
враждебность hostility	Д0	оптимизм optimism	ДН1	тоска anguish	РН0
гордость pride	Р1	оскорбление insult	ДН1	тревога alarm worry	Н0
горе sorrow	Р0	отвержение rejection	Н0	трепет thrill	Н1
горечь bitterness	Р0	отвращение disgust	РН0	торжество триумф triumph	Р1
грусть misery	Р0	отчаяние despair	РН0	увлечение infatuation	Н1
депрессия depression	Р0	отчуждение alienation	Р0	удовлетворение satisfaction	Р1
досада annoyance	ДР	паника panic	НР0	удовольствие pleasure	РД1
жалость pity	РН0	печаль sadness	Н0	ужас terror	Н0
желание desire	Н1	подавленность depression	Р0	умиление amusement	Р1
жизнерадостность	Д1	позор shame	Р0	унижение humiliation	НР0
жуть woe	Н0	поражение defeat	Р0	уныние dejection	Р0
зависть envy	Н0	предчувствие apprehension	Р0	фрустрация frustration	Р0
задор zeal	Д1	презрение scorn contempt	Н1	хандра melancholy	Р0
злоба spite	Д0	пренебрежение neglect	РН0	целеустремленность	Н1

Термин	Функция, Тон	Термин	Функция, Тон	Термин	Функция, Тон
изумление astonishment	H1	приподнятость elation	PH0	шок shock	H0
испуг fright	H0	протест protest	H0	эйфория euphoria	Д1
ликование jubilation	P1	радость joy	P1	экстаз ecstasy	Д1
мучение torment	P0	развлечение amusement	Д1	ярость fury	Д0

Карты терминов

Карты эмоционально окрашенных терминов получены с помощью проекция (7) русских и английских слов на плоскость напряжение — активность в 300-мерном пространстве различных языковых моделей. Четыре такие карты показаны на рис. 4. Карты русских терминов таблицы 3, построенные с помощью моделей русского языка М1 и М2, показаны на рис. 4Б и В соответственно. Карта английских терминов таблицы 3, построенная с помощью модели английского языка М3, показана на рис. 4А.

Для этой модели также был использован дополнительный набор эмоционально-окрашенных слов, не ограниченных существительными.

Для сравнения с моделью эмоций (разд. 1), карты на рис. 4 показаны в наложении на цветовую разметку плоскости ХУ, показанную на рис. 1. Таким образом согласно теории ожидается, что термины в каждом из секторов должны принадлежать к соответствующему процессно-функциональному типу: синий сектор — новость, красный сектор — действие, зелёный сектор — результат.

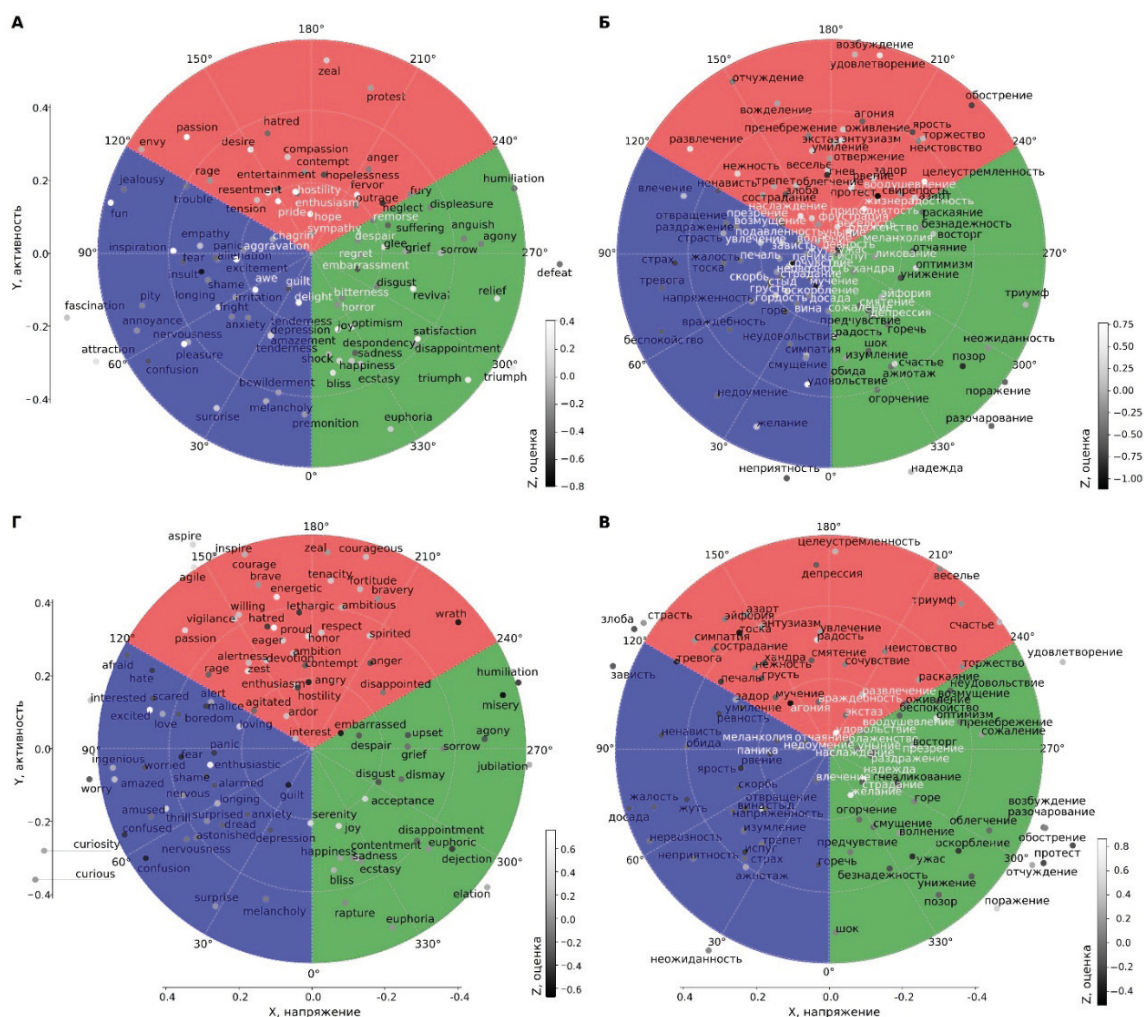


Рис. 4. Семантические карты эмоционально-окрашенных существительных на плоскости «напряжение — активность» (рис. 1), найденной в 300-мерных пространствах различных языковых моделей на основе прототипов как показано на рис. 3. Карты А, Б, В получены с помощью моделей М1, М2 и М3 для терминов в таблице 2. Карта Г построена с помощью модели М3 для более широкого набора слов, не ограниченного существительными

Точность карт

Точность полученных карт ограничена несовершенством использованных машинных моделей, а также ошибкой нахождения плоскости ХУ в соответствующих многомерных пространствах в связи с неоптимальным составом процессных прототипов в таблице 1 и на рис. 3. В результате расположение терминов на полученных картах может иметь как случайные, так и систематические ошибки, величину которых трудно оценить априори. Поэтому для оценки правильности карт была использована экспертная оценка тональности и функционального класса эмоционально-окрашенных терминов, результаты которой приведены в таблице 2. Это позволило оценить правильность карт А, Б и В на основе трёх метрик:

- Достоверность отнесения термина к правильному процессно-функциональному классу;
- Среднеквадратическое отклонение терминов от медиан эталонных секторов;
- Достоверность определения тональности.

Рассмотрим для примера термин беспокойство (anxiety) в пятой строке первого столбца таблицы 2. Экспертная оценка «Н0» однозначно относит его к функциональному классу «Новость» и отрицательной тональности (0). В соответствии с этим

ожиданием английская модель М3 (рис. 4АГ) располагает этот термин в синем секторе на значении $\phi \approx 46^\circ$ с отрицательной тональностью $z \approx -0,21$, кодируемой тёмным цветом точки. Русская модель М1 (рис. 4Б) даёт похожий результат при значении $\phi \approx 64^\circ$ и тональности $z \approx -0,27$. Таким образом первый и третий параметр получают значение 1, угловое отклонение для второго параметра составляет — 14° и 4° соответственно. Вторая русская модель М2 (рис. 4В) также приписывает термину отрицательную тональность, однако располагает его вблизи границы зелёного и красного секторов на значении $\phi \approx 242^\circ$, что даёт угловую ошибку 178° .

Достоверность угловой координаты ϕ термина зависит от расстояния соответствующей точки от начала координат на карте. Если это расстояние сравнимо с погрешностью расположения терминов, то значение ϕ становится случайным и теряет информативность. В этой связи оценки первых двух параметров проведена для той части терминов, точки которых удалены от начала координат более чем на треть от среднего удаления по всему набору. Исключённая часть терминов отмечена на рис. 4 А, Б и В белым шрифтом. Полученные значения параметров точности приведены в таблице 3.

Таблица 3. Точность прогнозирования оценочных и функциональных классов, в также среднеквадратическое отклонение азимутального угла от экспертной оценки.

Модель	Функциональный класс, % совпадений	Среднеквадратическая ошибка азимутального угла, рад	Тональность, % совпадений
М1 (рис. 4Б)	52,8	0,92	80,3
М2 (рис. 4В)	65,7	0,72	80,0
М3 (рис. 4А)	64,4	0,81	87,4

Из двух моделей русского языка наибольшую точность по всем параметрам показала модель М2, для которой точность определения тональности составила 80%, точность определения функционального класса составила 66%, а среднеквадратическое отклонение фазы составило $0,72 \text{ рад} \approx 38 \text{ градусов}$. Для английского языка модель М3 показала сходные результаты с чуть большей точностью определения тона (87%) и чуть большим среднеквадратическим отклонением фазы ($0,81 \text{ рад} \approx 43 \text{ градуса}$).

Анализ результатов

Практический интерес представляет не только угловая, но и радиальная координата в плоскости напряжение — активность

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (8)$$

Близкое к центру карты 4Г расположение слова «интерес» (interest, $x = 0,05$, $y = 0,03$), например, показывает, что в выборке текстов, использованных для обучения модели М3, это понятие используется во всех процессно-функциональных классах примерно поровну. Кроме интереса к некоторой проблеме или Новости, например, преследование интересов имеет место в любом Действии, тогда как удовлетворение интереса во многих случаях является Результатом. Усреднение по этим контекстам подавляет ХУ-компоненту соответствующего векторного представления, что и обнаружено на графике.

Расположение термина вдали от начала координат $x = y = 0$, напротив, указывает на однозначность (чистоту) его процессной функции как видно на всех картах рис. 4. Таким образом расстояние (8) описывает процессно-функциональную

специализацию объектов и соответствующей эмоционально-смысловой окраске.

Достоверность. Как отмечено в разделе 3, англоязычная модель M3 обучена на выборке новостных текстов, содержащей около 100 млрд. слов; русскоязычные модели M1 и M2 обучены на библиотеках по 1 млрд. и 1,2 млрд. слов соответственно. Эти величины на много порядков превосходят размер данных в стандартных экспериментальных методиках, обычно работающих с десятками или сотнями испытуемых. В этой связи карты на рис. 4 статистически намного более достоверны, чем результаты, например, классических экспериментов (Morgan R. L., Heise, 1988; Shaver et al., 1987); по той же причине можно ожидать, что карты на основе английских моделей (слева на рис. 4) несколько точнее карт на основе русских моделей (справа).

Карты на рис. 4 в целом совпадают с предсказанием процессной модели на рис. 1. Достигнутая при этом точность (таблица 2) указывает на высокую достоверность представленного метода в отношении оценочного фактора Z; меньшая точность определения функциональных классов обусловлена контекстуальной субъективностью процессной логики (Суров, 2022); тем не менее, достигнутая точность существенно выше случайного уровня в 33%. Важно, что использованные модели естественного языка разработаны для машинного анализа текстов без какого-либо отношения к задачам сентимент-анализа, картирования эмоций и задачам психологии в целом. Это свойство позволяет использовать разработанный метод для объективной проверки психологических гипотез.

Особенности работы с машинными моделями. Работа с языковыми моделями имеет ряд методических особенностей. Примером таковой является зависимость координат эмоционального состояния к форме его словесного выражения. Для карты английских слов на рис. 4Г эту чувствительность можно оценить на примерах однокоренных существительных, прилагательных и глаголов: surprise — surprised, confuse — confusion, curious — curiosity, alert — alertness, worried — worry, fear — afraid, angry — anger, и др. Элементы таких пар в основном располагаются в одних и тех же процессных секторах, однако их азимутальные координаты часто имеют разброс порядка 30°. В русском языке аналогичные эффекты дополнительно обусловлены множеством падежных форм, семантика которых является предметом отдельных исследований.

Кросс-культурная универсальность эмоциональной семантики. Помимо процессно-

функциональной структуры эмоционального смысла, полученный результат подтверждает межкультурную общность эмоциональных оценок и факторов. Проверка такой гипотезы обычным методом семантического дифференциала требует международной кооперации и полевых экспериментов в разных концах земного шара (Osgood, 1962; Tanaka, Osgood, 1965). На основе машинных моделей естественного языка аналогичный результат достигается дешевле, быстрее и проще. Большой выбор необходимых для этого предобученных машинных моделей различных языков имеется в открытом доступе; самостоятельное обучение таких моделей возможно на обычных компьютерах. Проверка рассматриваемой гипотезы далее состоит в исполнении алгоритма, подобного представленному выше, для соответствующих текстов данных. Сходство карт в левой и правой части рис. 4 (таблица 2) подтверждает эту гипотезу для русского и английского языков.

Соотношение языкового и эмоционального уровней психики. Описание закономерностей символично-языкового мышления возможно в пространствах с не менее чем 100 измерений; как в случае латентного семантического анализа, так и для векторных моделей естественного языка (Günther et al., 2019) оптимальная размерность «семантического» пространства составляет порядка 300 единиц. В отличие от факторов ОСА, однако, эти измерения не имеют устойчивой интерпретации (Surov, 2022). Эта разница свидетельствует о качественном различии кодировок информации на языковом и эмоциональном уровнях психики: символичные языки требуют перевода, тогда как язык эмоций — квалиа универсален для млекопитающих (Surov, 2024). Переводу информации с языкового на эмоциональный уровень соответствует проекция (7) неинтерпретируемых векторов 300-мерного пространства конкретного языка в универсально-интерпретируемое пространство оценка — сила — активность.

Заключение

Полученный результат подтверждает гипотезу о возможности извлечения эмоциональной семантики из машинных языковых моделей. Подчеркнём, что рассмотренные машинные модели использовались в полностью готовом виде без какого-либо дообучения; при этом полученные карты качественно совпадают для различных моделей русского и английского языков. Это указывает на достоверность разработанного метода, позволяя использовать его для объективной проверки теорий эмоции и других элементов психики

(Розанов и др., 2024; Сузов, 2023). Метод может быть использован для совершенствования методов психосемантики (Петренко, 2010), дополняя другие техники картирования и статистического анализа (Fontaine et al., 2013; Kutsuzawa et al., 2022; Reisenzein, Junge, 2024). Разработанный подход также применим в задачах сентимент-анализа (Calvo et al., 2015; Dvoynikova et al., 2022; Smetanin, 2020), расширяя существующие методы с единственного фактора оценки до полной тройки семантических факторов Ч. Осгуда.

Отметим воспроизводимость и повторяемость полученных карт, практически недостижимую в натурных методах психологического эксперимента. На основе описанного алгоритма и находящихся в открытом доступе языковых моделей, полученные результаты и метрики точности могут быть воспроизведены на любом компьютере абсолютно точно. Это открывает новый подход к проблеме объективности, достоверности и вос-

производимости психологических и социологических исследований, одновременно делая их дешевле и быстрее.

Например, для исследования когнитивных установок или поведенческих стереотипов в Якутии, Индонезии или Африке не обязательно ехать в эти регионы и искать там репрезентативные фокус-группы, готовые принять участие в натурных экспериментах. Вместо этого «цифровая психология» могла бы заняться семантическим анализом текстов и других поведенческих данных, порождаемых соответствующими обществами (Arnulf et al., 2024). При этом можно ожидать, что по сравнению с использованными нами моделями десятилетней давности, современные языковые модели применимы к большему спектру задач. Искусство такого эксперимента состояло бы в извлечении искомым когнитивно-психологических и поведенческих закономерностей, а также их интерпретации с учётом специфики используемых машинных моделей.

Литература

- Александрова О.В., Дерманова И.Б. Семантический дифференциал жизненной ситуации // Консультативная психология и психотерапия. 2018. Т. 26. № 3. С. 127–145.
- Алмазова О.В., Дзукаева В.П., Садовникова Т.Ю. Использование метода семантического дифференциала в исследовании представлений юношей и девушек о семье // Знание. Понимание. Умение. 2015. № 2. С. 277–290.
- Блинникова И.В., Андрианова Е.М. Психосемантический анализ юмористических текстов // Прикладная юридическая психология. 2009. № 3. С. 43–52.
- Волохонский В.Л. Психологические механизмы левостороннего смещения оценок в семантическом дифференциале // Вестник Санкт-Петербургского университета. Международные отношения. 2007. № 2. С. 68–72.
- Дрыгина И., Яцкая Д. Пиктограммы цифровой эпохи: лингвосемиотический анализ эмодзи // Russian Linguistic Bulletin. 2025. Т. 69. № 9. С. 1–7.
- Дьяков С.И. Семантический дифференциал субъектности личности // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Психология». 2015. Т. 11. С. 2–14.
- Каира Ю.В. Аналитический потенциал семантического дифференциала в социологическом исследовании уровня жизни // Известия Тульского государственного университета. Гуманитарные науки. 2010. № 1. С. 187–197.
- Касьянова Ю.А. Экспериментальное исследование социальных демотиваторов с использованием методики семантического дифференциала // Теория языка и межкультурная коммуникация. 2017. Т. 24. № 1. С. 38–44.
- Мазилев В.А., Слепко Ю.Н. Золушка в психологии: проблема интеграции знания об эмоциях // Сибирский психологический журнал. 2025. № 97. С. 6–22.
- Мощенко И.Н., Ярошенко А.Н. Анализ эмоционального состояния студенчества ДГТУ методом семантического дифференциала // Инженерный вестник Дона. 2016. № 4. С. 120.
- Петренко В.Ф. Основы психосемантики. М.: Эксмо, 2010.
- Розанов И.А., Корнилова М.А., Ратникова В.Ю., Танасова С.Б., Павлова Е.П. Исторические и новые подходы к интерпретации природы эмоций // Психология когнитивных процессов. 2024. № 13. С. 217–229.
- Саблуков А.В. Использование метода семантического дифференциала в исследовании этноконфессиональных отношений // Гуманитарные науки. 2011. № 3. С. 41–46.
- Сикевич З.В. Метод семантического дифференциала в социологическом исследовании // Вестник Санкт-Петербургского Университета. 2016. Т. 9. № 3. С. 118–128.
- Смирнова О.Ю., Серкин В.П. Конструирование и апробация семантического дифференциала «Волевой человек» // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2020. Т. 17. № 2. С. 210–222.

- Соловьёв В.Д., Вольская Ю.А., Токсубаева А.А. Значения осгудовских параметров для 1000 слов русского языка // Научный результат. Вопросы теоретической и прикладной лингвистики. 2025. Т. 11. № 1. С. 72–106.
- Степнова Л.А., Сафонова Т.Е., Костюк Ю.А. Изучение цифрового сознания студентов методом семантического дифференциала // Мир науки. Педагогика и психология. 2020. Т. 8. № 6. С. 1–13.
- Суров И.А. Жизненный цикл: смысловая матрица процессного моделирования // Онтология проектирования. 2022. Т. 12. № 4. С. 430–453.
- Суров И.А. Управленческая функция и биологический носитель в квантовой модели эмоционального смысла // Сибирский психологический журнал. 2023. Т. 89. С. 44–64.
- Токарь О.В., Зильберглейт М.А. Оценка иллюстрации художественной литературы методом семантического дифференциала // Труды БГТУ. Серия 4: Принт- и медиатехнологии. 2010. № 9. С. 72–78.
- Шелестюк Е.В. Семантический дифференциал как способ выявления внушающего воздействия текстов // Языковое бытие человека и этноса: когнитивный и психолингвистический аспекты. Материалы Международной школы-семинара (V Березинские чтения). Вып. 15. М.: ИНИОН РАН, АСОУ, 2009. С. 329–333.
- Arnulf J.K., Olsson U.H., Nimon K. Measuring the menu, not the food: “psychometric” data may instead measure “lingometrics” (and miss its greatest potential) // *Frontiers in Psychology*. 2024. V. 15. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2024.1308098/full>
- Bochkarev V.V., Savinkov A.V., Shevlyakova A.V. Predicting the Valence Rating of Russian Words Using Various Pre-trained Word Embeddings // *Lecture Notes in Computer Science*. Cham: Springer Nature Switzerland, 2025. P. 349–361.
- Calvo R.A., D’Mello S.K., Gratch J., Kappas A. (Ed.) *The Oxford Handbook of Affective Computing*. Oxford University Press, 2015.
- Dvoynikova A., Markitantov M., Ryumina E. et al. Analysis of infoware and software for human affective states recognition // *Informatics and Automation*. 2022. V. 21. № 6. P. 1097–1144.
- Dukes D., Abrams K., Adolphs R. et al. The rise of affectivism // *Nature Human Behaviour*. 2021. V. 5. № 7. P. 816–820.
- Fontaine J.R. J., Scherer K., Soriano C. (Ed.) *Components of Emotional Meaning*. Oxford University Press, 2013.
- Günther F., Rinaldi L., Marelli M. Vector-Space Models of Semantic Representation From a Cognitive Perspective: A Discussion of Common Misconceptions // *Perspectives on Psychological Science*. 2019. V. 14. № 6. P. 1006–1033.
- Kutsuzawa G., Umemura H., Eto K., Kobayashi Y. Classification of 74 facial emoji’s emotional states on the valence-arousal axes // *Scientific Reports*. 2022. V. 12. № 1. P. 398.
- Morgan R.L., Heise D. Structure of Emotions // *Social Psychology Quarterly*. 1988. V. 51. № 1. P. 19.
- Osgood C.E. Studies on the generality of affective meaning systems // *American Psychologist*. 1962. V. 17. № 1. P. 10–28.
- Osgood C.E. On the whys and wherefores of E, P, and A // *Journal of Personality and Social Psychology*. 1969. V. 12. № 3. P. 194–199.
- Pavlov O. Y. Brand Management: Deep Semantic Differential of Brand // *Creative economy*. 2012. № 9. P. 96–106.
- Reisenzein R., Junge M. Measuring the intensity of emotions // *Frontiers in Psychology*. 2024. V. 15. Art. 1437843.
- Shaver P., Schwartz J., Kirson D., O’Connor C. Emotion knowledge: Further exploration of a prototype approach // *Journal of Personality and Social Psychology*. 1987. V. 52. № 6. P. 1061–1086.
- Smetanin S. The Applications of Sentiment Analysis for Russian Language Texts: Current Challenges and Future Perspectives // *IEEE Access*. 2020. V. 8. The Applications of Sentiment Analysis for Russian Language Texts. P. 110693–110719.
- Solovyev V., Islamov M., Bayrasheva V. Dictionary with the Evaluation of Positivity / Negativity Degree of the Russian Words // *Lecture Notes in Computer Science*. Cham: Springer International Publishing, 2022. P. 651–664.
- Surov I.A. Opening the Black Box: Finding Osgood’s Semantic Factors in Word2vec Space // *Informatics and automation*. 2022. V. 21. № 5. P. 916–936.
- Surov I.A. Signal — Qualia — Symbol: Cognitive Hierarchy of Information Codes // *Natural Systems of Mind*. 2024. V. 4. № 2. P. 21–38.
- Tanaka Y., Osgood C.E. Cross-culture, cross-concept, and cross-subject generality of affective meaning systems // *Journal of Personality and Social Psychology*. 1965. V. 2. № 2. P. 143–153.

MACHINE-SEMANTIC DIFFERENTIAL: MAPPING OF AFFECTIVE MEANING BY VECTOR LANGUAGE MODELS

© Anastasia S. Gruzdeva

PhD (technology), senior researcher, Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia, prog.
anastasia@gmail.com; ORCID: 0000–0003–4963–0823

© Ilya A. Surov

PhD (physics and mathematics), senior researcher, ITMO University, Saint Petersburg, Russia,
ilya.a.surov@itmo.ru; ORCID: 0000–0001–5690–7507

This work was supported by ITMO University and the Russian Science Foundation, grant №
23–71–01046

Emotions are key element of the psyche, but their experimental studies suffer from the cost, slowness, and statistical unreliability of field experiments. The article presents a method for solving these problems based on machine models of natural language, which implicitly contain a large amount of psychological information. We use pre-trained neural network representations of words and phrases by high-dimensional vectors of real numbers. These representations contain Osgood's affective meaning factors of evaluation, potency and activity, encoded in these spaces by certain dimensions. Projection on these dimensions allows one to build affective maps of language units available in the machine model used. The method was tested on a set of 105 emotional states, vector representations of which were constructed using three pre-trained machine models of Russian and English. The constructed maps of these states coincided qualitatively in all cases. The obtained values of evaluation, potency, and activity were used to predict functional (novelty-action-result) and evaluative (pleasant-unpleasant) classes of emotional states. The average coincidence of the forecast with the expert assessment of these classes was 61% and 82%, respectively. The obtained results support the functional model of emotional semantics, as well as the cross-cultural universality of affective meaning factors of C.E. Osgood. The results also confirmed the hypothesis of the presence of affective information in language models and the possibility of its algorithmic extraction, which indicates the possibility of solving metrological problems of psychological experiment. The reliability and reproducibility of the developed approach opens up new ways for applied and fundamental research of a wide range of psychological functions.

Keywords: affect, emotion, meaning, Osgood, semantic differential, sentiment analysis, cognitive map, large language models

REFERENCES

- Aleksandrova O. V., Dermanova I. B.* (2018). Semantic Differential of a Life Situation // *Counseling Psychology and Psychotherapy*. V. 26. № 3. P. 127–145.
- Almazova O. V., Dzukaeva V. P., Sadovnikova T. Yu.* (2015). Using the Semantic Differential Method in Studying Young Men's and Young Women's Perceptions of Family // *Knowledge. Understanding. Skills*. № 2. P. 277–290.
- Blinnikova I. V., Andrianova E. M.* (2009). Psychosemantic Analysis of Humorous Texts // *Applied Legal Psychology*. № 3. P. 43–52.
- Volokhonsky V. L.* (2007). Psychological Mechanisms of Left-Sided Shift in Evaluations in the Semantic Differential // *Bulletin of St. Petersburg University. International Relations*. № 2. P. 68–72.
- Drygina I., Yatskaya D.* (2025). Pictograms of the Digital Age: A Linguistic-Semiotic Analysis of Emoji // *Russian Linguistic Bulletin*. V. 69. № 9. P. 1–7.
- Dyakov S. I.* (2015). Semantic Differential of Personality Subjectivity // *Bulletin of Irkutsk State University. Series "Psychology"*. V. 11. P. 2–14.
- Kaira Yu. V.* (2010). Analytical Potential of the Semantic Differential in Sociological Research of the Standard of Living // *Bulletin of Tula State University. Humanities*. № 1. P. 187–197.

- Kasyanova Yu.A. (2017). An Experimental Study of Social Demotivators Using the Semantic Differential Methodology // *Language Theory and Intercultural Communication*. V. 24. № 1. P. 38–44.
- Mazilov V.A., Slepko Yu.N. (2025). Cinderella in Psychology: The Problem of Integrating Knowledge about Emotions // *Siberian Psychological Journal*. № 97. P. 6–22.
- Moshchenko I.N., Yaroshenko A.N. (2016). Analysis of the Emotional State of DSTU Students Using the Semantic Differential Method // *Engineering Herald of the Don*. № 4. P. 120.
- Petrenko V.F. (2010). *Fundamentals of Psychosemantics*. Moscow: Eksmo.
- Rozanov I.A., Kornilova M.A., Ratnikova V. Yu., Tanasova S.B., Pavlova E.P. (2024). Historical and new approaches to the interpretation of the nature of emotions // *Psychology of cognitive processes*. № 13. P. 217–229.
- Sablukov A.V. (2011). Using the method of semantic differential in the study of ethno-confessional relations // *Humanities*. № 3. P. 41–46.
- Sikevich Z.V. (2016). The method of semantic differential in sociological research // *Bulletin of St. Petersburg University*. V. 9. № 3. P. 118–128.
- Smirnova O. Yu., Serkin V.P. (202). Construction and Testing of the Semantic Differential “Strong-Willed Person” // *Psychology. Journal of the Higher School of Economics*. V. 17. № 2. P. 210–222.
- Soloviev V.D., Volskaya Yu.A., Toksubaeva A.A. (2025). Osgood Parameter Values for 1000 Russian Words // *Research Result. Issues of Theoretical and Applied Linguistics*. V. 11. № 1. P. 72–106.
- Stepnova L.A., Safonova T.E., Kostyuk Yu.A. (2020). Study of Students’ Digital Consciousness Using the Semantic Differential Method // *World of Science. Pedagogy and Psychology*. V. 8. № 6. P. 1–13.
- Surov I.A. (2022). Life Cycle: A Semantic Matrix of Process Modeling // *Design Ontology*. V. 12. № 4. P. 430–453.
- Surov I.A. (2023). Managerial Function and Biological Carrier in a Quantum Model of Emotional Meaning // *Siberian Psychological Journal*. V. 89. P. 44–64.
- Tokar O.V., Zilbergleit M.A. (2010). Evaluation of Fiction Illustrations Using the Semantic Differential Method // *Proceedings of BSTU. Series 4: Print and Media Technologies*. № 9. P. 72–78.
- Shelestyuk E.V. (2009). Semantic differential as a way of identifying the suggestive impact of texts // *Linguistic existence of man and ethnicity: cognitive and psycholinguistic aspects. Proceedings of the International School-Seminar (V Berezina Readings). Issue 15*. Moscow: INION RAS, ASOU. P. 329–333.
- Arnulf J.K., Olsson U.H., Nimon K. (2024). Measuring the menu, not the food: “psychometric” data may instead measure “lingometrics” (and miss its greatest potential) // *Frontiers in Psychology*. V. 15. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2024.1308098/full>
- Bochkarev V.V., Savinkov A.V., Shevlyakova A.V. (2025). Predicting the Valence Rating of Russian Words Using Various Pre-trained Word Embeddings // *Lecture Notes in Computer Science*. Cham: Springer Nature Switzerland. P. 349–361.
- Calvo R.A., D’Mello S. K., Gratch J., Kappas A. (Ed.) (2015). *The Oxford Handbook of Affective Computing*. Oxford University Press.
- Dvoynikova A., Markitantov M., Ryumina E. et al. (2022). Analysis of infoware and software for human affective states recognition // *Informatics and Automation*. V. 21. № 6. P. 1097–1144.
- Dukes D., Abrams K., Adolphs R. et al. (2021). The rise of affectivism // *Nature Human Behaviour*. V. 5. № 7. P. 816–820.
- Fontaine J.R. J., Scherer K., Soriano C. (Ed.) (2013). *Components of Emotional Meaning*. Oxford University Press.
- Günther F., Rinaldi L., Marelli M. (2019). Vector-Space Models of Semantic Representation From a Cognitive Perspective: A Discussion of Common Misconceptions // *Perspectives on Psychological Science*. V. 14. № 6. P. 1006–1033.
- Kutsuzawa G., Umemura H., Eto K., Kobayashi Y. (2022). Classification of 74 facial emoji’s emotional states on the valence-arousal axes // *Scientific Reports*. V. 12. № 1. P. 398.
- Morgan R.L., Heise D. (1988). Structure of Emotions // *Social Psychology Quarterly*. V. 51. № 1. P. 19.
- Osgood C.E. (1962). Studies on the generality of affective meaning systems // *American Psychologist*. V. 17. № 1. P. 10–28.
- Osgood C.E. (1969). On the whys and wherefores of E, P, and A // *Journal of Personality and Social Psychology*. V. 12. № 3. P. 194–199.
- Pavlov O.Y. (2012). Brand Management: Deep Semantic Differential of Brand // *Creative economy*. № 9. P. 96–106.
- Reisenzein R., Junge M. (2024). Measuring the intensity of emotions // *Frontiers in Psychology*. V. 15. Art. 1437843.

- Shaver P., Schwartz J., Kirson D., O'Connor C.* (1987). Emotion knowledge: Further exploration of a prototype approach // *Journal of Personality and Social Psychology*. V. 52. № 6. P. 1061–1086.
- Smetanin S.* (2020). The Applications of Sentiment Analysis for Russian Language Texts: Current Challenges and Future Perspectives // *IEEE Access*. V. 8. The Applications of Sentiment Analysis for Russian Language Texts. P. 110693–110719.
- Solovyev V., Islamov M., Bayrasheva V.* (2022). Dictionary with the Evaluation of Positivity / Negativity Degree of the Russian Words // *Lecture Notes in Computer Science*. Cham: Springer International Publishing. P. 651–664.
- Surov I.A.* (2022). Opening the Black Box: Finding Osgood's Semantic Factors in Word2vec Space // *Informatics and automation*. V. 21. № 5. P. 916–936.
- Surov I.A.* (2024). Signal — Qualia — Symbol: Cognitive Hierarchy of Information Codes // *Natural Systems of Mind*. V. 4. № 2. P. 21–38.
- Tanaka Y., Osgood C.E.* (1965). Cross-culture, cross-concept, and cross-subject generality of affective meaning systems // *Journal of Personality and Social Psychology*. V. 2. № 2. P. 143–153.