

Использование неконвенциональных вычислений в современной алгоритмической композиции

Сергей Костырко

кандидат физ.-мат. наук, доцент

Факультет прикладной математики – процессов управления,
Санкт-Петербургский государственный университет,
Центр Art & Science, Университет ИТМО



ITMO UNIVERSITY



Рис. 1: Выступления с произведениями для **модульного синтезатора** в рамках концертов, организованных **Лабораторией новых медиа** (Новая сцена Александринского театра) и **Лабораторией экспериментального звука** (Дом радио).

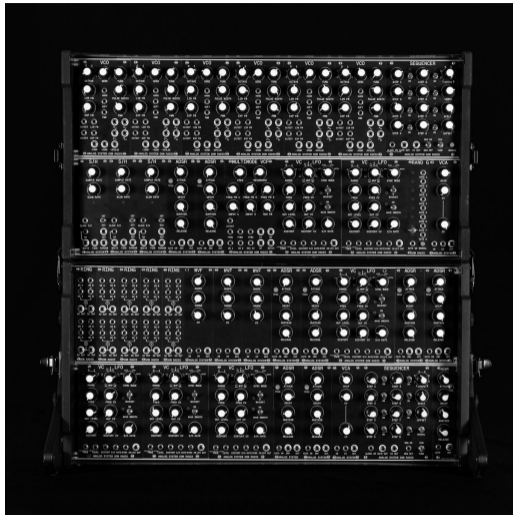


Рис. 2: Модульная система, разработанная Лабораторией экспериментального звука (Дом радио).

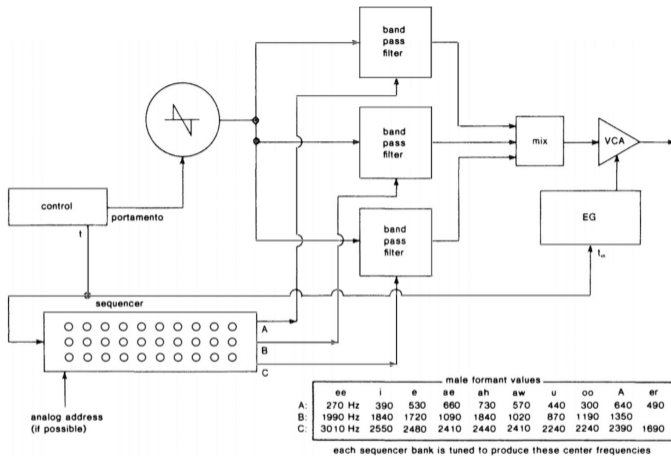


Рис. 3: Алгоритм форматного синтеза для модульного синтезатора [1].

¹Strange A. Electronic music: systems, techniques, and controls (WC Brown Company, 1972)

- В 1950х гг. **Вернер Мейер-Эплер**, **Герберт Эймерт** и **Робертом Бейер** разрабатывают концепцию **электронной музыки (elektronische Musik)**, в рамках которой предлагается создавать музыку только на основе использования электронных средств, отказавшись при этом от имитации традиционных акустических инструментов.
- В 1954 г. **Карлхайнц Штокхаузен** представил композиции **Studie I (1953)** и **Studie II (1954)**, которые были написаны исключительно с применением **синусоидальных волн**, генерируемых тон-генераторами и записанных на пленку.
- В 1954 г. **Янис Ксенакис** использует компьютер для расчета параметров оркестровой композиции **Metastasis**, опираясь на методы **дифференциальной геометрии**.
- В 1957 г. **Лежарен Хиллер** и **Леонард Айзексон** используют компьютер **ILLIAC** для написания композиции для струнного квартета **Illiatic Suite**, опираясь на методы **статистики**.
- в 1957 г. **Макс Мэтьюз** разрабатывает программу **MUSIC I**, которая стала первым широко используемым инструментом для синтеза звука.
- В конце 1960х гг. **Джон Чоунинг** исследует метод **частотной модуляции (FM)**, используя компьютер в качестве источника синтеза.
- В тот же период времени **Жан-Клод Риссе** разрабатывает метод **ресинтеза** акустических звуков, используя для этого **анализ Фурье** и **аддитивный синтез**.
- В 1970х гг. стало возможным создание музыки непосредственно на компьютере, что способствовало разработке цифровых инструментов в **Bell Labs**, **Институте сонологии**, **Институте исследований и координации акустики/музыки (IRCAM)**, **Центре компьютерной музыки Колумбийского университета (CMC)** и других научных центрах.

В итоге, компьютерная музыка развивается как междисциплинарная область на стыке искусства, компьютерных наук и акустики, в рамках которой решается ряд задач:

- анализ, синтез и обработка звуковых сигналов;
- моделирование акустических сред и локализация звука в пространстве;
- разработка интерактивных алгоритмов.

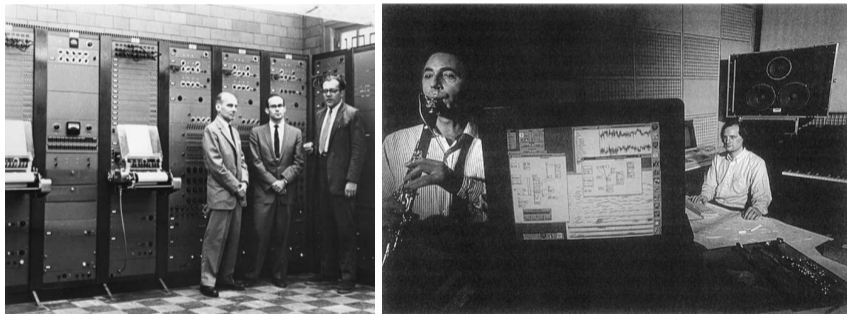


Рис 4: Синтезатор **RCA Mark II** (СМС, Нью-Йорк, 1958) и рабочая станция с программным обеспечением **Max** (IRCAM, Париж, 1991) [2, 3].

² Holmes T. Electronic and experimental music: technology, music, and culture (Routledge, 2012)

³ Manning P. Electronic and computer music (Oxford University Press, 2013)

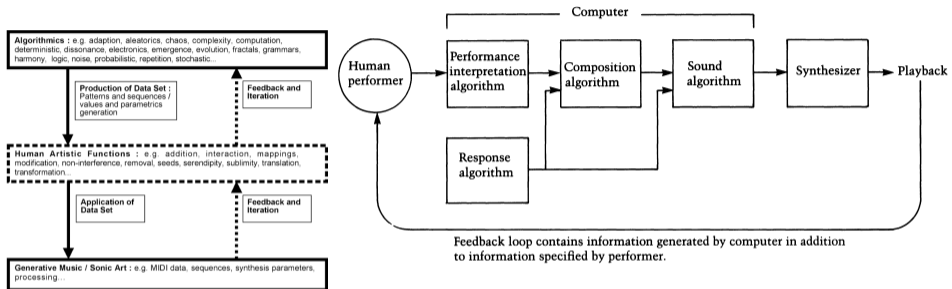


Рис. 5: Основные блоки алгоритмической и интерактивной композиции [4, 5].

⁴ Burraston D. M. Generative music and cellular automata (Doctoral dissertation, 2006)

⁵ Chadabe J. Comput. Music J. 8, 22-27 (1984)

Одно из актуальных направлений в компьютерных науках связано с поиском новых вычислительных архитектур, основанных на физических, химических и биологических процессах:

- **квантовые компьютеры**, использующие суперпозицию и запутанность для выполнения сложных вычислений [6];
- **реакционно-диффузионные системы**, использующие распространение волн химических реакций для решения логических задач [7];
- **нейроморфные чипы**, имитирующие работу мозга для обработки сенсорной информации [8];
- **мемристорные системы**, которые воспроизводят свойства синапсов для хранения и обработки данных [9];
- **сети атомных переключателей**, основанные на программировании структуры материала на атомном уровне [10];
- **программирование клеток** для выполнения определенных задач посредством редактирования ДНК [11].

⁶ Nielsen M.A., Chuang I.L. Quantum computation and quantum information (Cambridge University Press, 2000)

⁷ Adamatzky A., De Lacy Costello B., Asai T. Reaction-diffusion computers (Elsevier, 2005)

⁸ DeMarse T. et al. Autonomous robots 11, 305-310 (2001)

⁹ Pershin Y.V., La Fontaine S., Di Ventra M. Physical Review E 80, 021926 (2009)

¹⁰ Sillin H.O. et al. Nanotechnology 24, 384004 (2013)

¹¹ Friedland A.E. et al. Science 324, 1199 (2009)



Рис. 6: Эдуардо Миранда и Эдвард Браунд тестируют интерактивный музыкальный биокомпьютер в Центре междисциплинарных исследований в области компьютерной музыки (ICCMR), Плимутский университет (Великобритания) [12].

¹² Miranda E.R. Guide to unconventional computing for music (Springer, 2017)

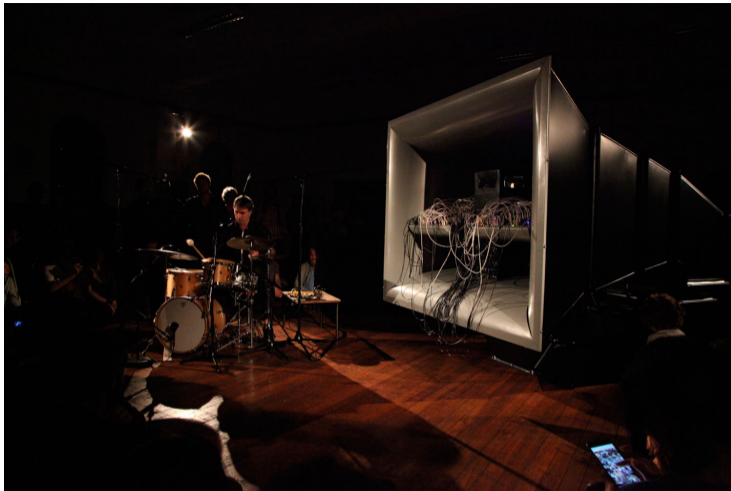


Рис. 7: **Даррен Мур** играет концерт с **интерактивным музыкальным биокомпьютером**, разработанным исследовательской группой **Гай Бен-Арая** в Центре биоарта SymbioticA, Университет Западной Австралии (Австралия) [13].

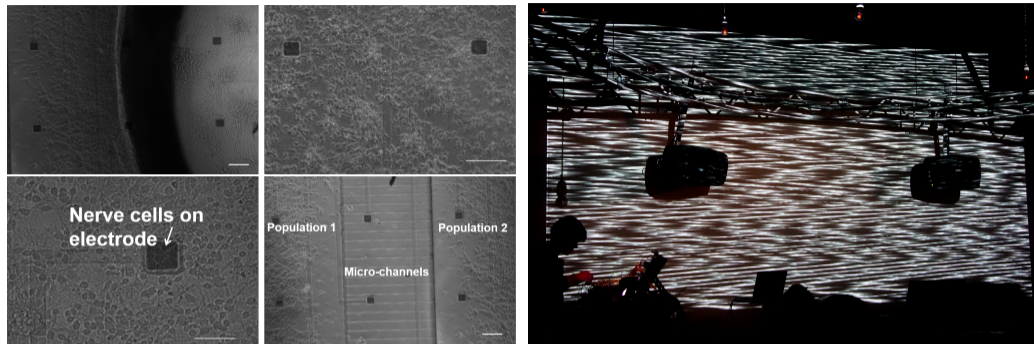


Рис. 9: Проект **Neural Module**, основанный на исследованиях проф. **Пола Роуча** и его научной группы из **Университета Лафборо** (Великобритания) по изучению сигнальной активности нейронных клеток [14–16].

¹⁴ микрография предоставлена П. Роучем

¹⁵ Kamudzandu et al. Biomed. Phys. Eng. Express 5, 045016 (2019)

¹⁶ <http://cyland.bandcamp.com/album/caa-41>

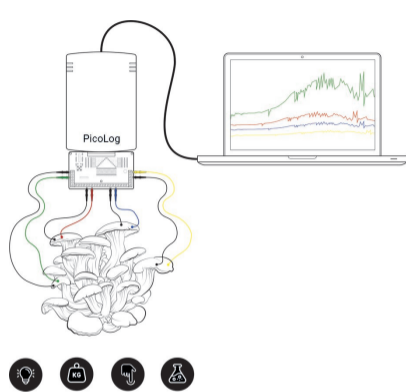


Рис. 8: Проект **Cyberfungi**, основанный на исследованиях проф. **Эндрю Адамацки** и его научной группы из Университета Западной Англии (Бристоль, Великобритания) по изучению фотосенсорной и сигнальной активности грибов [17, 18].

¹⁷ Adamatzki A. et al. Biosystems 212, 104588 (2022)

¹⁸ <https://sergeykostyrko.bandcamp.com/track/cyberfungi>



Рис. 9: Проект **Pine Drone**, подготовленный совместно с **Марией Купцовой** и **Константином Дьячковым** по результатам магистерской диссертации К. Дьячкова [19, 20].

¹⁹ <https://youtu.be/lyv48g1RZp0>

²⁰ Дьячков К. Разработка алгоритмической аудиовизуальной композиции с использованием искусственных и биологических агентов (Магистерская диссертация, ДВФУ, 2021)