



# ПРИМЕНЕНИЕ ДЕКОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ПРИ СОЗДАНИИ ГЕНЕРАТИВНОЙ МУЗЫКИ

**В. Е. Малахов\*, Г. Г. Рогозинский**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций  
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,  
Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

\*Адрес для переписки: [vlamalakho95@gmail.com](mailto:vlamalakho95@gmail.com)

**Аннотация**—Рассматривается вопрос описания и выделения групп генеративных систем через изучение методов и операций генерации музыкальных композиций. Предложено описание известных систем генерации музыкальных композиций. Предложен анализ процесса создания генеративных музыкальных композиций.

**Ключевые слова**—генерация музыкальных композиций, нейросети, декомпозиция, EDF0, EDF3, DFD.

## Информация о статье

УДК 05.13.00

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 30.11.2022, принята к печати 27.12.2022.

**Ссылка для цитирования:** Малахов В. Е., Рогозинский Г. Г. Применение декомпозиции для изучения процессов при создании генеративной музыки // Информационные технологии и телекоммуникации. 2022. Том 10. № 4. С. 69–78. DOI 10.31854/2307-1303-2022-10-4-69-78.



# APPLYING DECOMPOSITION TO RESEARCH GENERATIVE MUSIC CREATION PROCESSES

**V. Malakhov\*, G. Rogozinsky**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications,  
St. Petersburg, 193232, Russian Federation

\*Corresponding author: [vlamalakho95@gmail.com](mailto:vlamalakho95@gmail.com)

**Abstract**—The question of description and selection of groups of generative systems through the study of methods and operations of generating musical compositions is considered. A description of known systems for generating musical compositions is proposed. An analysis of the process of creating generative musical compositions is proposed.

**Keywords**—generation of musical compositions, neural networks, decomposition, EDF0, EDF3, DFD.

## Article info

Article in Russian.

Received 30.11.2022, accepted 27.12.2022.

**For citation:** Malakhov V., Rogozinsky G.: Applying Decomposition to Research Generative Music Creation Processes// Telecom IT. 2022. Vol. 10. Iss. 4. pp. 69–78. DOI 10.31854/2307-1303-2022-10-4-69-78.



## Введение

Процесс генерации мелодий нейросетевыми методами, как правило, заключается в том, что нейросеть анализирует значительное количество примеров и учится генерировать похожие результаты. В основе таких алгоритмов обычно лежат автокодировщики и генеративно-сопоставительные нейросети (*Generative Adversarial Network, GAN*).

Автокодировщик — это нейросеть, которая учится представлять сложный и многомерный набор данных в «упрощенном» виде, а затем из упрощенного представления снова воссоздать исходные данные. Затем модель обучается генерировать звук из этого сжатого пространства и повышать качество до исходного звукового пространства [1].

В случае генерации при помощи алгоритмов, существуют различные способы описания модели для набора звуков:

– Математические модели

Данные модели используют в качестве прообраза различные математические уравнения и случайные значения. Автор композиции может лишь выстроить параметры частоты генерации случайных событий, всё остальное делает программа [2].

– Грамматики

Ещё один вариант представления музыки как языка с особым набором грамматики. Сперва выстраивается музыкальная грамматика, после чего она используется для создания музыкального произведения. Грамматики часто включают правила для композиции на макроуровне, например, гармонии и ритма, а не отдельных нот.

– Трансляционные модели

Это способ создания музыки, заключающийся в генерации музыкального произведения на основе немusical исходного образа. Этот процесс может быть, как случайным, так и на основе определённых правил построения мелодии. В качестве исходных данных могут быть использованы, например, графические образы или же текст, распознаваемый и преобразуемый при помощи нейросетевых технологий<sup>1</sup> [3].

– Системы, основанные на знаниях

Задача такой системы — определение эстетического кода музыкального жанра и последующее создание композиции на основе этой информации. Данные системы имеют определённый набор параметров для создания новых произведений с учётом жанра и стиля [4].

– Оптимизация композиций

Системы оптимизации служат для дополнения композиции и её улучшения. При этом нередко применимы нейросетевые технологии, способные при помощи машинного обучения правилам жанра и стиля, дополнить уже написанные ранее мелодии.

<sup>1</sup> Создание музыки из текста. URL:<http://www.musicfromtext.com/> (дата обращения 01.11.2022).



– Эволюционные методы

Методы эволюции используются для написания композиций с применением правил естественного отбора, при этом мелодия совершенствуется в направлении определённого стиля или жанра, оставляя в себе наиболее подходящие элементы, дополняясь новыми и совершенствуясь с каждой итерацией.

Результаты процесса контролируются критиком, важной частью алгоритма, контролирующего качество созданных композиций [5].

– Гибридные системы

Работа программ с гибридной системой генерации музыкальных композиций является необходимой для получения эстетически приемлемой мелодии. Задачи данных систем – комплексное применение различных методов и алгоритмов генерации музыкальной композиции для получения более высоких по качеству результатов<sup>2</sup>.

### Декомпозиция

Декомпозицией является применяемый при решении проблем приём, заключающийся в разделении проблемы на множество частных проблем и задач, не превосходящих суммарно по сложности исходную проблему, с помощью объединения решений, которых можно сформировать решение исходной проблемы в целом [6].

Для декомпозиции процессов были выбраны нотации EDF0, EDF3 и DFD. Данный метод позволяет отобразить в графическом виде происходящие внутри процессы, их взаимосвязь и преобразование информации из одного вида в другой<sup>3</sup>.

#### EDF0

Нотация IDEF0 отображает функции и взаимосвязь между ними и внешней средой, описывает материальные, интеллектуальные потоки, которые влияют на движение процесса<sup>4</sup>.

#### EDF3

IDEF3 представляет собой подробное описание действий, необходимых для достижения конечной цели, а также определение точной последовательности этих действий. Составляет так называемый сценарий процесса<sup>5</sup>.

<sup>2</sup> Алгоритмическая композиция // Википедия. URL:[https://en.wikipedia.org/wiki/Algorithmic\\_composition](https://en.wikipedia.org/wiki/Algorithmic_composition) (дата обращения 28.10.2022).

<sup>3</sup> Блог о бизнес-процессах и BPMN: URL:<https://bpmn.pro/process/idef0?ysclid=lawbkbjуху690340233> (дата обращения 23.10.2022).

<sup>4</sup> Блог о бизнес-процессах и BPMN: IDEF0 нотация: методология, виды и правила построения диаграмм. URL:<https://bpmn.pro/process/idef0?ysclid=lawbkbjуху690340233> (дата обращения 23.10.2022).

<sup>5</sup> 11.Блог о бизнес-процессах и BPMN: IDEF3 нотация в бизнес моделировании: создание диаграмм в методологии. URL:<https://bpmn.pro/process/idef3?ysclid=lawbnqсрcm839186929> (дата обращения 23.10.2022).



## DFD

DFD применима в случаях, когда необходимо описать систему как хранилище данных. В результате формируется понимание того, какие элементы должны быть включены в систему, как можно автоматизировать ее процессы. При этом DFD нельзя рассматривать как непосредственно описание процесса.

DFD показывает источник информации, определяет, какие сведения необходимы, порядок обработки и место отправления результатов. Т. е. данная нотация сфокусирована не столько на процессе, сколько на движении информационного потока<sup>6</sup>.

### Описание процессов генерации музыкальной композиции

Учитывая разнообразие и вариативность методов и оборудования для генерации музыкальных композиций, можно рассмотреть более подробно процессы их создания для выделения общих тенденций в направлении работы и последующей классификации по новым выявленным признакам. Для детального рассмотрения всех процессов, происходящих при генерации музыкальных композиций необходимо воспользоваться методом декомпозиции при помощи нотаций EDF0, EDF3 и DFD.

### Общий вид на генератор музыкальных композиций

Представленный на рис. 1 в виде нотации EDF0 общий вид генератора музыкальных композиций описывает:

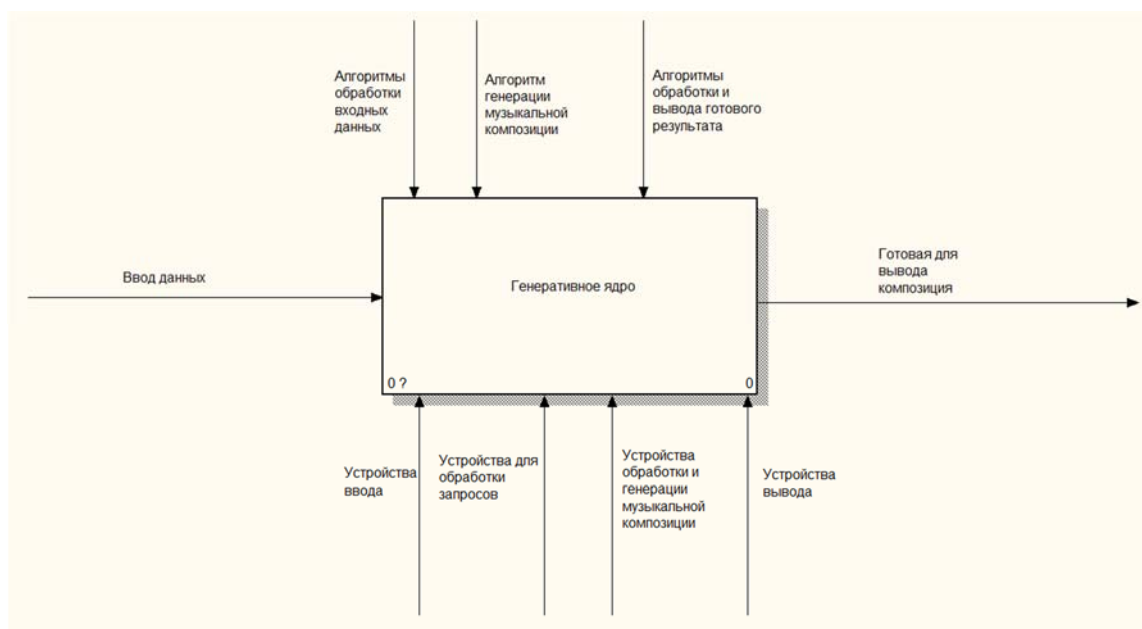


Рис. 1. EDF0 Генератор музыкальных композиций, общий вид

<sup>6</sup> Блог о бизнес-процессах и BPMN: DFD: примеры и правила построения диаграмм потоков данных. URL: <https://bpmn.pro/process/dfd> (дата обращения 23.10.2022).



- вводимые данные, которые могут быть получены как в виде символьных значений, так и в виде звуков;
- вывод информации может быть представлен звуковой композицией или в виде символьных знаков (например, ноты);
- в качестве управляющих элементов используются алгоритмы для обработки вводимых данных, генерации музыкальной композиции и для её вывода пользователю;
- механизмами для данного процесса будут являться устройства ввода и вывода информации, устройства обработки запроса и аппаратура, позволяющая сгенерировать музыкальную композицию, ей могут являться как специальные отдельные гаджеты, так и обычные персональные компьютеры (ПК) с установленным программным обеспечением (ПО).
- генеративное ядро является основным инструментом и основной частью при создании музыкальной композиции, далее рассмотрим его работу более подробно.

### Декомпозиция генеративного ядра при помощи нотации EDF0

Декомпозиция генеративного ядра при помощи нотации EDF0, представленная на рис. 2 позволяет более детально рассмотреть процесс генерации музыкальной композиции и установить очерёдность внутренних операций:

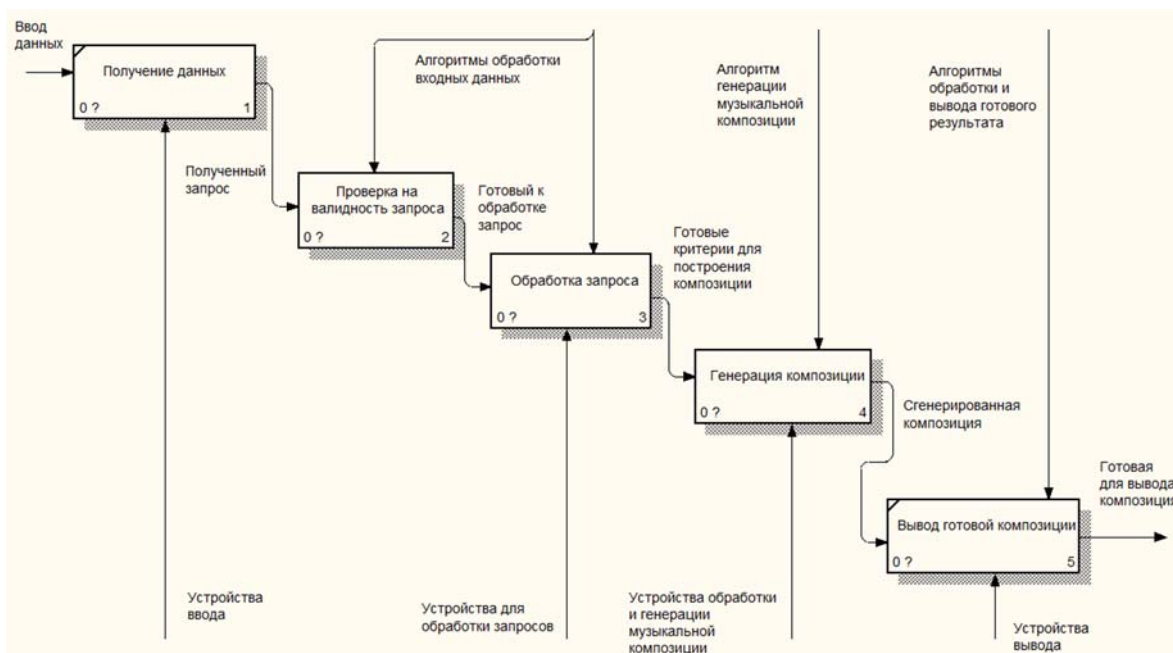


Рис. 2. Декомпозиция генератор музыкальных композиций при помощи нотации EDF0

- процедура получения данных позволяет обработать входные данные от пользователя для дальнейшего определения вводимых команд;
- проверка на валидность запроса используется для выявления команд, обработку и преобразование запроса в воспринимаемую для ПО формулировку и дальнейшую передачу этих команд обработчику запросов;



- обработка запроса включает в себя процесс подборки всевозможных результатов для предстоящей генерации композиции, удовлетворяющих запросу;
- сам процесс генерации композиции представляет из себя сборку подходящих решений в единую композицию.

### Декомпозиция процесса проверки на валидность запроса при помощи нотации EDF3

Схема, представленная на рис. 3 отображает необходимую для дальнейших действий процедуру проверки запроса. Само наличие данного этапа обусловлено разнообразием возможных систем принятия информации. Например, самыми распространёнными является ввод с клавиатуры и голосовой ввод команд. Соответственно, для ПО важно, чтобы полученные команды могли быть правильно интерпретированы для поисковых запросов и на их основе были сгенерированы такие результаты, которые удовлетворят пользователя.

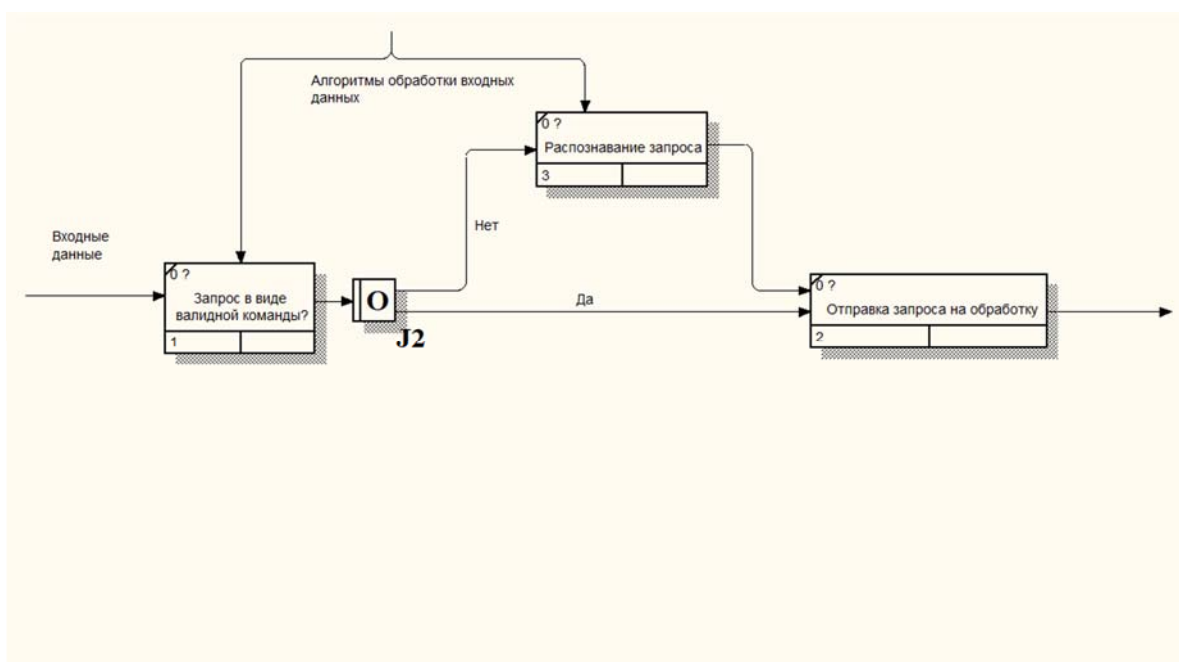


Рис. 3. Декомпозиция процесса проверки на валидность запроса при помощи нотации EDF3

### Декомпозиция процесса обработки запроса при помощи нотации DFD

Диаграмма, представленная на рис. 4 отображает процессы передачи информации при подборе результатов, удовлетворяющих поисковому запросу.

Сразу стоит выделить участвующие в данном процессе сущности:

- программное обеспечение, осуществляющее под руководством алгоритмов обработки входных данных получение запроса и подборку известных, удовлетворяющих запросу решений;
- база данных(БД) известных решений, выполняющая роль хранилища информации с готовыми вариантами композиций. В зависимости от типа системы, это могут быть как полностью готовые мелодии, так и части композиций, которые



в дальнейшем будут использованы для комбинации друг с другом и генерации финальной музыкальной композиции.

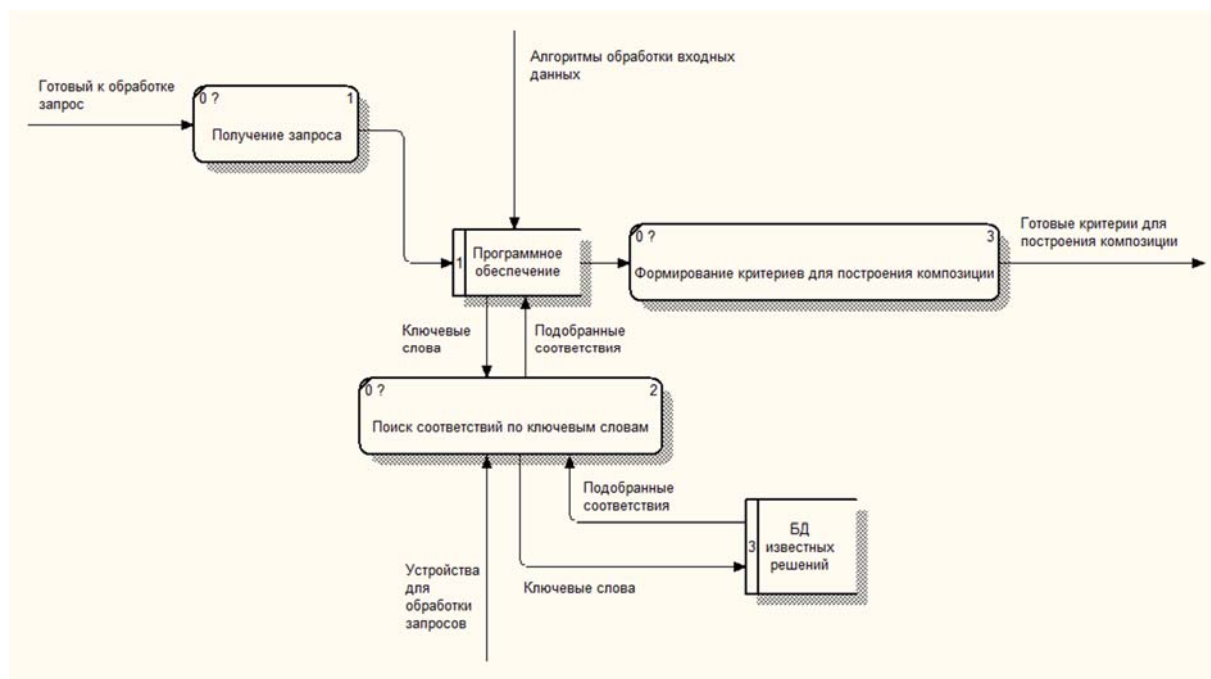


Рис. 4. Декомпозиция процесса обработки запроса при помощи нотации DFD

После завершения подбора решений происходит формирование критериев для построения композиции, на данном этапе происходит определение частоты использования найденных решений и возможные варианты их сочетаний.

### Декомпозиция процесса генерации композиции при помощи нотации DFD

Представленная на рис. 5 схема отображает заключительный этап в процессе создания музыкальной композиции – её генерацию. Для этого сперва происходит анализ полученных критериев, затем система подбирает известные решения в виде звуков или частей композиции на основе имеющихся в БД вариантов и дальнейшее формирование финального результата происходит от простого к сложному.

Если речь идёт о генерации мелодии нейросетевыми методами, то общий принцип заключается в том, что нейросеть анализирует огромное количество примеров и учится генерировать что-то похожее. В основе таких алгоритмов обычно лежат автокодировщики и генеративно-сопоставительные нейросети (*Generative Adversarial Network, GAN*).



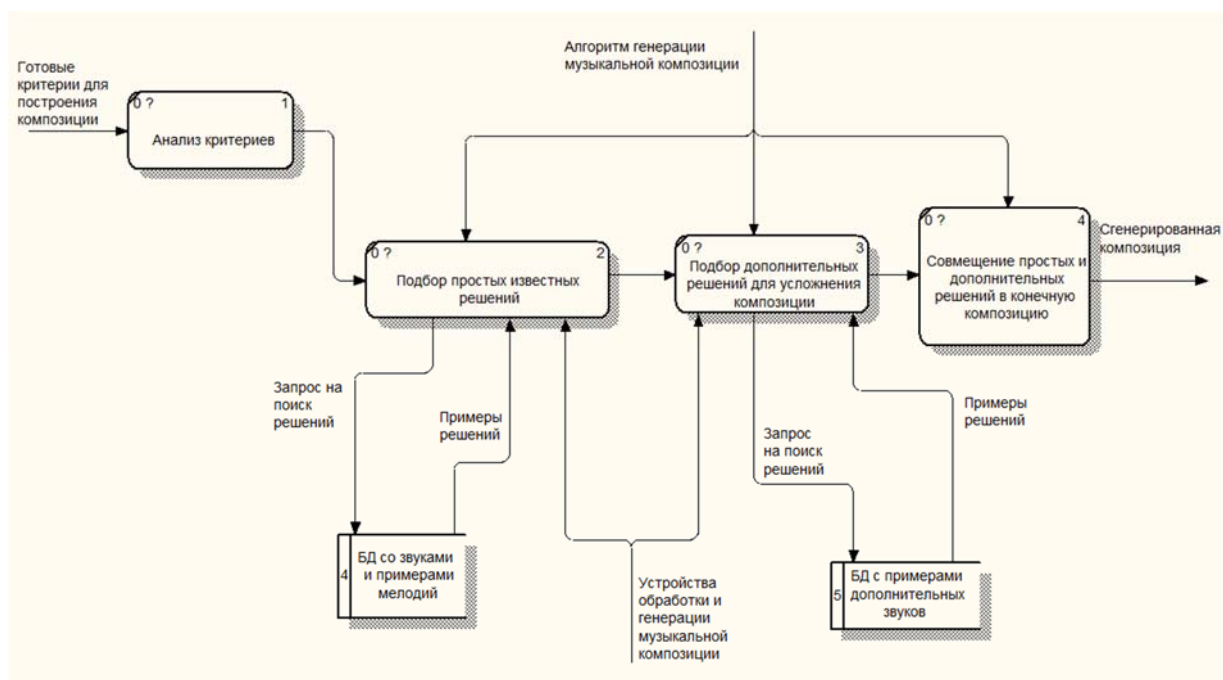


Рис. 5. Декомпозиция процесса генерации композиции при помощи нотации DFD

## Заключение

Рассмотрев декомпозицию происходящих процессов при генерации музыкальных композиций, становится возможным увидеть общие черты в работе перечисленных систем, на основе этих данных становится возможным выделение новых основных классов, описывающих эти системы, а также определение подклассов систем.

Дальнейшая классификация даёт возможность для определения наиболее популярных и часто используемых методик генерации музыкальных композиций. В дальнейшем это будет применимо для определения наиболее перспективных направлений с целью их усовершенствования и развития.

Данный метод декомпозиции процессов позволяет выявить следующие способы классификации:

- По способам ввода информации.
- По способам вывода информации.
- По способам генерации композиций.
- По внутренней архитектуре ПО.

## Литература

1. Ольга Перепелкина. Нейронная соната: как искусственный интеллект генерирует музыку: РБК. URL:<https://trends.rbc.ru/trends/industry/5f84b49e9a794729fefb4c88> (дата обращения 25.10.2022).
2. Маурисио Торо, Карлос Агон, Камило Руэда, Жерар Ассияг. GELISP: структура для представления проблем удовлетворения музыкальных ограничений и стратегий поиска // Журнал теоретических и прикладных информационных технологий. 2016. № 86 (2). С. 327–331.
3. Дэвис, Ханна. Создание музыки из литературы // Материалы семинара EAACL по компьютерной лингвистике для литературы: 1–10. arXiv: 1403.2124. Bibcode:2014arXiv1403.2124D. doi:10.3115/v1/W14-0901. S2CID 9028922.



4. Аббуру С. Генерация семантических аннотаций музыки на основе знаний // Международный журнал компьютерных приложений (0975-888). Т. 47, №8, июнь 2012. С. 8–12
5. Чарльз Фокс. Генетические иерархические музыкальные структуры (Американская ассоциация искусственного интеллекта). 2006.
6. Хорошев А. Н. Введение в управление проектированием механических систем: учебное пособие. Белгород, 1999. 372 с. ISBN 5-217-00016-3.

### References

1. Olga Perepelkina Neural Sonata: how artificial intelligence generates music: RBC (in Russian). URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/5f84b49e9a794729fefb4c88> (date of the application 25.10.2022).
2. Mauricio Toro, Carlos Agon, Camilo Rueda, Gerard Assayag. "GELISP: A Framework for Representing Problems of Satisfying Musical Constraints and Search Strategies". Journal of Theoretical and Applied Information Technology 86(2). 2016. 327–331.
3. Davis, Hannah (2014). "Creating Music from Literature". Proceedings of the EACL Workshop on Computational Linguistics for Literature: 1-10. arXiv: 1403.2124. Bibcode:2014arXiv1403.2124D. doi:10.3115/v1/W14-0901. S2CID 9028922.
4. Abburu, S. Knowledge based Semantic Annotation Generation of Music S. Abburu // International Journal of Computer Applications (0975–888). Volume 47, No.8, June 2012. pp. 8–12.
5. Charles Fox 2006 Genetic Hierarchical Musical Structures (American Association for Artificial Intelligence).
6. Khoroshev A. N. Introduction to the management of the design of mechanical systems: Textbook. Belgorod, 1999. 372 p. ISBN 5-217-00016-3 (in Russian).

**Малахов В. Е.**

аспирант Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,  
[vlamalakhov95@gmail.com](mailto:vlamalakhov95@gmail.com)

**Malakhov V.**

Postgraduate, The Bonch-Bruевич Saint-Petersburg State University of Telecommunications,  
[vlamalakhov95@gmail.com](mailto:vlamalakhov95@gmail.com)

**Рогозинский Глеб Гендрихович**

доктор технических наук, начальник НОЦ «Медиа-центр», профессор кафедры Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,  
[gleb.rogozinsky@gmail.com](mailto:gleb.rogozinsky@gmail.com)

**Rogozinsky Gleb G.**

Doctor of Engineering Sciences, Head of REC "Media Center", Professor at the Department, The Bonch-Bruевич Saint-Petersburg State University of Telecommunications,  
[gleb.rogozinsky@gmail.com](mailto:gleb.rogozinsky@gmail.com)