

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»**

Факультет компьютерных наук

Образовательная программа «Программная инженерия»

Киселев Иван Александрович

**ВАЖНОСТЬ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ТВОРЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
ДЛЯ МАШИННОГО ТВОРЧЕСТВА  
НА ПРИМЕРЕ АЛГОРИТМИЧЕСКОЙ МУЗЫКИ**

Реферат студента 1 курса бакалавриата группы БПИ216  
по НИС “Нейроинформатика”

Научный консультант

А. А. Харламов

Москва 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

## ОГЛАВЛЕНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ.....	1
ВВЕДЕНИЕ.....	2
ЦЕЛИ РАБОТЫ.....	4
ТВОРЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС .....	5
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТВОРЧЕСКОГО ПРОЦЕССА, НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ЗАРИПОВА .....	8
ТЕКУЩИЕ ДОСТИЖЕНИЯ В АЛГОРИТМИЧЕСКОЙ МУЗЫКЕ .....	12
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	14

## ВВЕДЕНИЕ

Творчество с годами становится все более популярным явлением в обществе. Со времен индустриализации все больше людей работали в областях, требующих деятельность по простому повторяющемуся алгоритму (заводы, сфера услуг и т. д.). Отсюда, я предполагаю, у них появлялось стремление к более сложной деятельности, которая реализует их потенциал, заложенный биологией, социумом и личным развитием. Те задачи, которые с помощью простых алгоритмов решить крайне затруднительно, чаще всего подразумевают решение эвристическим алгоритмом<sup>1</sup>, которым человек часто пользуется в большей части общепринятой “творческой” деятельности (некоторые выдвинутые модели такого процесса описаны в главе первой), также с помощью которого интересуется результатами (анализирует продукты решения таких задач). В качестве примера можно взять множество популярных занятий: изобразительное искусство, литература, шахматы, сочинение и анализ музыки. Можно также заметить, что человек зачастую пользуется уже придуманными приемами, когда занимается творческим процессом, при этом иногда человек делает это неосознанно, интуитивно: например, на картине рисует объекты в “эстетичном” для него расположении. Таким же образом человек и анализирует произведения и процессы – узнает прием и понимает, что хотел сделать автор, зачастую это происходит интуитивно: человек услышав используемую минорную гамму посчитает произведение скорее грустным, чем веселым. Подобная интуиция и чувство эстетики, явно связана с ассоциациями человека, к уже увиденным им произведениями.

---

1) Эвристический алгоритм — алгоритм решения задачи, включающий практический метод, не являющийся гарантированно точным или оптимальным, но достаточный для решения поставленной задачи. Позволяет ускорить решение задачи в тех случаях, когда точное решение не может быть найдено. (Википедия)

Это приводит нас к выводу, что творческий процесс – это эвристическая деятельность, по большей части определяемая системой сложившихся правил, а также подражанием к существующим приемам, используемыми людьми (некому сложившемуся из-за них ассоциативному полю). Подобное определение творчества довольно распространено, например в Ассоциативной теории творчества С. Медника<sup>[1]</sup> творческий процесс рассматривается как переформулированные ассоциативных элементов в новые комбинации, отвечающие поставленной задаче. Даже К. Юнг в первой половине 20 века писал, что творческий синтез “с одной стороны, он представляет собой нечто человечески личное, с другой – это внеличный человеческий процесс”<sup>[2]</sup> – то есть разделял творчество на личные решения и решения взятые из указанного ассоциативного поля. Таким образом мы понимаем, что, выделив и записав в программу какие-то правила (теоретические – выведенные и используемые людьми) и систему ассоциаций (примеры произведений, которых программа сможет обрабатывать в качестве примеров, в заданном ключе), можно повторить творческий процесс подобный человеческому. А поскольку творчество эвристический процесс, то у такой программы есть шансы показывать результаты похожие на человеческие. Отсюда возникает популярный вопрос насколько подробным может быть машинное творчество человеческому и как этого добиться хорошего результата.

## ЦЕЛИ РАБОТЫ

- Сформировать обоснованное определение творческого процесса
- Показать важность моделирования процесса для его машинного анализа и реализации
- Показать примеры моделирование, сравнив их
- Рассказать о сложностях моделирования
- Привести пример удачной реализации машинного творчества, доказав верность гипотезы о возможности имитирования процесса творчества

Данные вопросы мы рассмотрим в основном на примере музыкального творчества. Так как в данной творческой сфере легко выделить структуры и оценить качество модели, а также оценить результат. Более того, уже давно разрабатывалась алгоритмическая композиция, поэтому результаты можно оценить и прослушать.

## ТВОРЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

После того как мы дали определение творческому процессу, возникает вопрос как же протекает этот процесс. Можно предположить, что творческий процесс происходит так последовательный выбор доступных творческих альтернатив, это приводит нас к модели, которую составил Э. Торндайк<sup>[3]</sup>, наблюдая за процессами обучения крыс при прохождении путей лабиринта до приманки. Он вынес общую гипотезу о том, что в решение любой творческой задачи, по сути своей поиск пути в некотором лабиринте возможностей. Так зародилась лабиринтная модель мышления, в которая заключается в рациональном отборе вариантов в заданном лабиринте возможностей. Но такая модель неполноценна для наших целей, ведь здесь не ясны сами пути к достижению цели (а также существует ли такой путь), то есть мы не можем оценить множество различных вариаций творческого процесса. К тому же опыты из них выведенные гипотезы получили критику других ученых, например В. Кёлер<sup>[4]</sup> писал, что предлагаемые Торндайком задачи в опытах не соответствовали возможностям животного, тем самым они не были доступны его «пониманию». Тем не менее такое наблюдение и теорию мы учтем, но дополнив.

Рассмотрим другую модель творческого мышления, предложенную В. Н. Пушкиным. Это модель заключается в соотнесении структурированных описаний двух ситуаций: начальной и целевой. Такую модель использовал в своих трудах Р. Зарипов<sup>[5]</sup>, рассуждая что данная модель интерпретирует творческий процесс как “построение пути не в готовом, заранее заданном лабиринте, а в формировании той его части, в которой такой путь существует, причем важную роль играет то, на каком языке описаны структуры начальной и конечной ситуации”. Такая модель творческого мышления оказалась практичной, для построения модели творческого процесса, это достижение Зарипова будет рассмотрена в следующей главе.

Теперь же рассмотрим модель творческого процесса Я. А. Пономарева<sup>[5]</sup>, она схожа с моделью творческого мышления В. Н. Пушкина:

1. Логический анализ.
2. Интуитивное решение.
3. Вербализация интуитивного решения.
4. Формализация вербализованного решения.

Но Пономарев, открыв феномен неоднородности результата действия, также большое внимание уделял существованию побочного (неосознаваемого) продукта деятельности, выявлению психологического механизма интуиции. Стоит заметить, что такая концепция не противоречит введенной нами во введении, наоборот, она ее дополняет, ведь как писал А. Матюшкин<sup>[7]</sup>:

“Я. А. Пономарев проводит различие между логическим и интуитивным опытом. На основе проведенных экспериментов учёный сделал следующие выводы:

- есть определённый пласт человеческого опыта, который недоступен для произвольного запроса со стороны субъекта, однако он реально существует, в чём можно убедиться, если найти к нему адекватный ключ;
- ключ к интуитивному опыту находится на уровне действия, то есть человек может проявить свою интуицию, попытавшись проделать какое-либо действие. Тогда интуитивный опыт может проявиться, ведя за собой субъекта, направляя его руку;
- формирование логического и интуитивного опыта происходит в действии. То, что относится к цели действия, образует сознательный, логический опыт. Интуитивный же опыт формируется помимо сознательной цели действия”<sup>[7]</sup>

### **Важность построения моделей творческого процесса для машинного творчества**

Тем самым мы имеем, что если цель нашего творчества можно записать неким языком, тем же, что и начальные позиции, от которых мы приходим к результату, то творческий процесс будет заключаться в поиске и выборе человеком возможного пути из начальной позиции в конченную, используя при этом уже полученные знания (как сознательно, так и интуитивно). Но как же человек переносит эти образы (из ассоциативного поля) на свое творчество?



## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТВОРЧЕСКОГО ПРОЦЕССА, НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ЗАРИПОВА**

Человеку запомнилась мелодия, он может сыграть ее на другом инструменте. Но почему же все узнают оригинал? Также можно узнать, что человек вдохновился какой-то мелодией или ее орнаментировал, а из разных частей произведения можно вывести общий мотив-мелодию. Значит, что существует выделяемая человеком структура, которая несет информацию о схожести мелодий, аналогично с картинами, если заменить известную картину простыми формами она все равно узнается. Частью такой структуры в мелодии это соотношение высот нот, а в картине это соотношение площади и форм элементов изображения разного цвета. В творчестве мы постоянно пользуемся какими-то правилами и понятиями, придуманными используя модели творческих сфер, чтобы создать произведение или воспринять его (в том числе выделить какие-то структуры). В качестве примера можно взять множество популярных занятий. Например, создание качественной картины (подходящей под выбранный жанр, выражающую заданную автором идею) потребует от человека понимания композиции, цветового баланса, ритма свойств мазков или линий. Аналогично, чтобы воспринять картину и понять ее стиль и идею, нужно найти и проанализировать ритм, композицию, цветовой баланс объектов, при этом важно заметить, что человек будет анализировать эти свойства объектов на картине в отношении друг к другу (нарисованный персонаж смотрящий сверху вниз на других, будет выражать его превосходство, однако персонаж смотрящий вниз об этом уже никак не говорит).

Для решения вопроса переноса (имитации восприятия), сравнения, а также генерации (при помощи программы, имитирующей творческий процесс) произведений (продуктов) или их частей придется прибегнуть к построению каких-то моделей, ведь "в лоб" такую задачу решить не получится (например, в сравнении, не используя модель, компьютер не сможет увидеть оригинал в

его вариации). Если модель, достаточно проработана, то можно будет заметить, что, основываясь на подобной ей человек и воспринимает творчество.

Именно этот вопрос тщательно разобрал советский математик Рудольф Зарипов, занимавшийся моделированием процесса сочинения музыки еще с 1959 года<sup>[8]</sup>, описав его вместе с итогами собственных исследований в своей книге 1983 года "Машинный поиск вариантов при моделировании творческого процесса"<sup>[5]</sup>.

При этом важно заметить, что, будучи математиком Зарипов описывал моделирование творческого процесса небезосновательно -- "Он всерьез занимался психологией творчества и в течение ряда лет работал в лаборатории эвристики в Институте общей и педагогической психологии, считая, что контакт с психологами необходим для его исследований"<sup>[9]</sup>.

В процессе своих исследований Зарипов ввел множество полезных понятий, которые использовал непосредственно в моделировании. Опишем некоторые из них основываясь на его последней книге (1983 г. "Машинный поиск вариантов при моделировании творческого процесса"<sup>[5]</sup>)

Варьирование заданной или первоначальной ситуации – процесс, когда некоторые ее элементы изменяются, а другие остаются неизменными. Результатом является вариация.

Инвариант – неизменный элемент ситуации при ее варьировании, который при сравнении первоначальной и варьированной ситуации создает впечатление общности.

Изменённые же элементы это – трансформанты, они маскируют наличие инварианта в ситуации.

Инвариантная структура — совокупность инвариантов, являющаяся носителем первоначального образа. Так как неправильно считать, что инвариант несёт образ — если мы запишем мелодии имеющие одинаковую

звуковысотную линию, но при этом разный ритм, то у таких мелодий не будет прослеживаться общий образ.

Константа — постоянный специфический для вариации элемент, многократно встречающийся в ней. В шахматах это фигуры (они могут иметь разную форму цвет и т. д. но они всегда имеют свои роли).

Теперь рассмотрим почему так важно построить качественную модель для реализации машинного творчества. Эту важность отлично проиллюстрировал Зарипов, разобрав некачественную реализацию машинного сочинения мелодий зарубежных исследователей при помощи цепей Маркова. В этом примере составлялась матрица переходных вероятностей из вариантов сочетаний из  $n+1$  нот и следующей за ними нотой в исходном тексте (музыкальном). И на полученных вероятностях к  $n+1$  ноте приписывалась сведушая, таким образом генерировалась музыка. Но как заметил Зарипов, и этого получалась последовательность нот, не зависящая от ритма. И как ранее было написано, выделяя важные понятия моделирования Зарипова, вариация мелодии, не учитывающая инварианты ритма, будет некачественной (ритмическая общность не будет отражена). Поэтому сразу за этим Зарипов продемонстрировал более качественную реализацию, изменив модель на которой основывалось машинное сочинение. Зарипов также рассматривал интервально-силовые инварианты (вес для разных долей такта), поэтому элементом Марковской цепи стала не просто звуковысотная линия, а организованная структура: интервал между высотами нот и разница в указанном весе между нотами. Оценив результаты Зарипов в своей книге, показал, что продукт качественной модели имеет большую общность с начальными данными.

В модель, которую Зарипов использовал для своих программ машинного сочинения, он сделал более проработанной. Зарипов учитывал расстояние ноты от начала мелодии, номера октавы, номер основной ступени звукоряда,

знаки альтерации, также рассматривал различные сочетания длительности. Все это также было рассмотрено для разных тактовых размеров.

Таким образом Зарипов сделал очень качественную программу машинного сочинения мелодий и сами мелодии (которые он назвал "Уральскими напевами"):

"В 1973, 1976 и 1980 году Зарипов провел тесты на Всесоюзном радио. Он предложил слушателям несколько мелодий и попросил определить, кто является их автором — человек или машина. И опять машинные мелодии прошли тест. Так, после эксперимента 1976 года в редакцию радио поступило 130 писем, и авторы 125 из них были твердо убеждены, что машинные мелодии написаны человеком"<sup>[10]</sup>.

## ТЕКУЩИЕ ДОСТИЖЕНИЯ В АЛГОРИТМИЧЕСКОЙ МУЗЫКЕ

Несмотря на то, что Зарипов был практически единственным отечественным ученым, кто так серьезно занимался алгоритмической композицией, за рубежом эта сфера развивалась быстрее. Первая компьютерная пьеса "Иллиак-сюита" вышла еще в 1953 году за авторством Л. Хиллер и Л. Айзексона, которая получила одобрения и популярность.

А на данный момент алгоритмические композиции не могут отличить от обычных даже опытные музыканты. Уже в 2020 году Две недописанные части знаменитейшей Неоконченной симфонии Шуберта (Симфонию №8 в Си Миноре) дописывает искусственный интеллект на телефоне (генерируя мелодии) под оркестрацией композитора Лукаса Кантора и поддержке компании Huawei <sup>[11]</sup>. И тем временем количество методов сочинения только радует:

Помимо стохастичных методов (основанных на теории вероятности, такие как цепи Маркова) используются также алгоритмы основанные на

- Машинном обучении и искусственном интеллекте – знаменитый композитор Дэвид Коуп
- Метод грамматик (определенных автором правил, зафиксированных параметров будущего произведения, которые необходимо выполнять) – более актуально для гармонизации композиций.
- Генетические алгоритмы
- Клеточные автоматы

Развитие в данной сфере поможет композиторам анализировать свои произведения, ученикам позволит обучаться, наблюдая выявленные машиной алгоритмы в музыке, начинающим и опытным композиторам помогать в их

**Важность построения моделей творческого процесса для машинного творчества**

работе, также создавать музыку, подходящую под определенные темы (цвета или настроения), например, для фильмов, анимации, театра и видеоигр.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mednich S.A. The associative basis of the creative process // Psychol. Review . 1969. № 2.
  2. Юнг К. Г. Архетип и символ. — Москва, 1991
  3. Торндайк Э. Процесс учения у человека. М., 1935.
  4. В. Кёлер Исследование интеллекта человекоподобных обезьян. М., 1930
  5. Зарипов Р. Х. Машинный поиск вариантов при моделировании творческого процесса, 1983
  6. Пономарев Я. А. Психология творчества и педагогика. М., Педагогика, 1976.
  7. Матюшкин А. М. Мышление, обучение, творчество. — М.: Изд-во МПСИ, 2013.
  8. Глеб Анфилов Замысел Рудольфа Зарипова  
[https://theremin.ru/archive/anfilov\\_zaripov.htm](https://theremin.ru/archive/anfilov_zaripov.htm)
  9. Петр Чачин История отечественных ИКТ: Рудольф Зарипов  
<https://www.it-world.ru/it-news/market/149349.html>
  10. Янина Пруденко Забытое кибернетическое искусство СССР  
<https://arzamas.academy/materials/2254>
  11. Интернет источник  
<https://consumer.huawei.com/au/campaign/unfinishedsymphony/>  
<https://www.lucascantormusic.com/unfinished-symphony>
- (Прилагается аудиозапись)