

УДК 004.89, 004.94

МОДЕЛИРОВАНИЕ МУЗЫКАЛЬНОГО ТВОРЧЕСТВА: ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Аверкин Алексей Николаевич¹, Арутюнов Всеволод Олегович²

¹Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры САУ, научный сотрудник;
ГБОУ ВО «Международный Университет природы, общества и человека «Дубна»,
Институт системного анализа и управления;
141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, 19;
e-mail: averkin2003@inbox.ru.

²Аспирант;
ГБОУ ВО «Международный Университет природы, общества и человека «Дубна»,
Институт системного анализа и управления;
141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, 19;
e-mail: sevaru@inbox.ru.

В данной статье приведен обзор существующих методов моделирования музыкального творчества. При этом для более общей картины рассмотрены не только компьютерные методы, но и их предшественники. Помимо этого, в статье рассмотрены основные направления, вовлеченные в тематику моделирования музыкального творчества и то, какое влияние каждое из них они оказали друг на друга.

Ключевые слова: алгоритмическое создание музыки, моделирование музыкального творчества, музыкальные интеллект, познание музыки.

MODELING OF MUSICAL CREATIVITY: HISTORICAL REVIEW

Averkin Alexey¹, Arutyunov Vsevolod²

¹Candidate of Physical and Mathematical Science, Associate Professor of Systems Analysis and Management, scientist;
Dubna International University of Nature, Society and Man,
Institute of system analysis and management;
141980, Dubna, Moscow reg., Universitetskaya str., 19;

²PhD student;
Dubna International University of Nature, Society and Man,
Institute of system analysis and management;
141980, Dubna, Moscow reg., Universitetskaya str., 19;
e-mail: sevaru@inbox.ru.

This article provides an overview of existing methods for modeling of musical creativity. In addition, for a more general perspective discussed not only computer methods, but also their predecessors. Moreover, the article describes the main areas involved in the subject and how those areas influence on each other.

Keywords: algorithmic composer, modeling of musical creativity, musical intelligence, music cognition.

Введение

Моделирование музыкального творческого процесса является сравнительно новым направлением. Несмотря на это, первые работы, которые можно каким-либо образом отнести сюда, были проведены ещё в XIV веке. Направление в истории развития моделирования во многом зависело от степени развития техники и технологий своего времени [2, с. 101-157].

Эта тема продолжает пользоваться интересом научного сообщества благодаря тесной связи с проблематикой моделирования искусственного интеллекта (ИИ); исторически заданного двумя основными путями развития.

Первый путь связан с приближением систем ИИ к возможностям человеческого интеллекта и данное направление получило формальное название «Усиление интеллекта» ещё в пятидесятых годах прошлого века.

Второй путь занимается проблемами, вытекающими из дискуссий о сильном и слабом ИИ.

Решение проблемы моделирования творческого процесса может считаться одной из подзадач, стоящих перед создателями сильного искусственного интеллекта (СИИ).

С точки зрения обоих направлений, вопрос моделирования творческого процесса является необходимым условием дальнейшего развития. Для первого: благодаря произведённому анализу и классификации существующих методов, содержимое статьи может быть использовано как справочный материал по теме. Для второго: методы моделирования творчества, базирующиеся на инструментах ИИ, могут быть применены на практике в такого рода приложениях, как специализированные СППР и усиления интеллекта для композиторов и музыкантов, о чём пойдёт речь дальше в статье.

1. История развития моделирования творчества

1.1. Автоматизация процесса создания музыки до XX в.

Идеи о моделировании музыкального творческого процесса возникли задолго до появления ЭВМ. Нельзя однозначно сказать, кто был родоначальником этого направления. Приблизительно в 1026 г. Гуидо ДиАрризо (*Guido d'Arrezzo*) разработал технику, с помощью которой можно было создавать аккомпанемент к тексту [21, с. 853-911]. Суть метода ДиАрризо заключалась в сопоставлении высоты ноты с каждой согласной в слове, вследствие чего мелодия как будто «накладывалась» на текст.

Другими достаточно распространёнными способами процедурного сочинения музыки были методы, основанные на отношениях чисел. Первые эксперименты в этой области принадлежат Джелиму Дюфаи (*Guillaume Dufay*) (1400-1474 гг.). Одной из первых его идей было использование в алгоритмической генерации правил отношения «золотого сечения» (1:1.618). На эту мысль его натолкнули пропорции католического собора Санта-Мария-дель-Фьоре, находящегося во Флоренции, и композитор спроецировал эти структурные идеи в музыку. В дальнейшем он часто экспериментировал с «золотым сечением» в других своих работах. Дюфаи также первым начал систематически применять такие процедуры как инверсия (замена всех положительных интервалов отрицательными и обратно) и ракоход (изменение порядка проигрывания нот в обратную сторону).

Наиболее известным историческим примером алгоритмического написания композиций была «Игра в кости» Вольфганга Амадея Моцарта. С помощью этой игры любой желающий мог легко создать «собственный» менуэт. Игра представляла из себя заранее написанные фрагменты композиции, которые выбирались из таблицы с помощью бросков игральных костей. Идея об использовании случайных чисел является основной почти во всех алгоритмических программах и по сей день [20, с. 36-38].

Позднее именно идея Моцарта легла в основу первого коммерческого продукта. Это произошло в Бостоне в 1822 году, где в местной газете появилась необычная реклама системы «Калейдакустикон». Данная система представляла из себя набор игральных карт и инструкцию о том, как с их помощью можно сгенерировать более чем 214 миллионов вальсов. Эта же идея была использована профессором Клинтонем в Лондонской консерватории музыки в 1865 году. Карточная игра Клинтона позиционировалась как практический помощник композитора. Цитата самого профессора: «Этот набор карт позволяет пианистам, работающим на танцевальных вечеринках, создавать огромное разнообразие композиций, количество которых достигает целых 428 миллионов штук».

В двадцатом веке широкое распространение научных воззрений привело к возникновению математических процедур для сочинения композиций. Данный подход в основном базировался на контекстно зависимых грамматиках и различных стохастических закономерностях. В этот период начали появляться работы таких учёных как Иссаксон, Баддигт, Гилл и др. Единственным известным на то время отечественным специалистом являлся Зарипов.

1.2. Автоматизация процесса создания музыки в докомпьютерный период

Следует проводить чёткую границу между автоматическим воспроизведением музыки и её сочинением. Первая задача является более тривиальной, поэтому машины для автоматизированного воспроизведения музыки (такие как механические колокола) появились задолго до механических «композиторов». Неудивительно, что количественно их было значительно больше. Во многом механизмы для автоматизированного написания музыки отражали развитие технологий своего времени. Так, например, воздушная арфа и музыкальная подвеска являются старинными примерами устройств для случайной генерации композиций жанра «эмбиент» (атмосферное, ненавязчивое, фоновое звучание).

Первыми удачными попытками сконструировать алгоритмически программируемые устройства были работы Афанасия Кирхера (*Athanasius Kirchner*) в 1660 году. Его устройство было похоже на шарманку. Основным отличием от которой было привнесение небольшой случайности в воспроизводимую мелодию. Полтора века спустя, в 1821 году, Дитрих Винкель (*Ditrich Winkel*) построил нечто подобное, но с гораздо более сложным внутренним устройством – «Компониум». Его детище занимало целую комнату, но зато позволяло создавать вариации тем, запрограммированных в него, исходя из чего можно сказать, что данное устройство было способно создавать новые композиции, а не только проигрывать заранее заданные. Примерно через год аналогичное устройство появилось и в Вене, – его автором был Барон Гиулани (*Baron Giuliani*) [7].

Сильным толчком для развития музыкальной автоматизации стало широкое распространение электроники в двадцатом веке. В это время пионеры электронной музыки и изобретатели одних из первых синтезаторов и аналоговых секвенсоров Герберт Белар (*Herbert Belar*) и Гарри Олсон (*Harry Olson*) создали электромеханическую машину, способную к созданию композиций. Её основным преимуществом была встроенная система автоматической генерации случайных чисел. Для этого в машине использовалась пара асинхронных генераторов меандра. Следующим переломным моментом в истории моделирования музыкального творчества стало появление так называемого «электронного мозга» – компьютеров.

1.3. Автоматизация процесса создания музыки в XX-XXI вв. на Западе

Область деятельности компьютеров на заре их существования в основном охватывала сложные математические расчёты. Из-за высоких сложности и стоимости компьютеры в основном применялись военными и передовыми научными институтами. Несмотря на это, в начале пятидесятых годов двадцатого века австралийский учёный Джеф Хилл (*Geoff Hill*) проводил различные эксперименты со звуком и даже программировал простые мелодии на промышленном компьютере «CSIRAC». Технические характеристики этого компьютера были следующие: частота процессора 1 кГц и 768 байт ОЗУ. При такой скромной по сегодняшним меркам спецификации вес компьютера составлял 7 тонн, а энергопотребление – около 30 киловатт [13, с. 1-13].

Первая попытка применить компьютер для моделирования творчества состоялась в 1955 году в Амстердаме. В качестве инструмента использовался не менее известный в то время компьютер «*The Ferranti Mark 1*» лаборатории Шелл. Дэвид Каплин (*David Caplin*) и Дитрих Принц (*Dietrich Prinz*) первыми автоматизировали ту самую «игру в кости», придуманную Моцартом ещё несколько веков назад.

Наряду с методами воспроизведения и алгоритмической генерации данных для музыки было положено и начало развития специфических языков программирования, созданных специально для

описания музыки на компьютере [10]. Первым таким языком стал «*Music 1*». Ньюмен Гатмен (*Newman Guttman*) использовал его для написания своих композиций на машине *IBM 704*, появившейся в 1954 году. Этот компьютер был первым в мире, поставленным на конвейер. Он обладал памятью на магнитных сердечниках и был способен оперировать арифметикой с плавающей точкой. Сама программа «*Music 1*» могла воспроизводить одnogолосные мелодии с одним видом волны (треугольник) и прямоугольной огибающей по амплитуде и контролировать такие параметры, как высота звука, громкость и спад. Выходные данные «*Music 1*» на *IBM 704* не могли быть проиграны самим компьютером, поэтому для их воспроизведения требовался сторонний 12-битный цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). Интересным фактом было то, что *IBM 704* Ньюмена находился в Нью-Йорке, в то время как ЦАП территориально был расположен в лаборатории Белл в Нью-Джерси. Слова Макса Мэтьюса (*Max Mathews*), создателя ЦАП в лаборатории Белл: «*Music 1*» звучал ужасно и был очень ограничен». Спустя год «*Music 1*» эволюционировал в «*Music 2*» и приобрёл способность к воспроизведению одновременно четырёх голосов, а также увеличил количество форм волны до 16. Код «*Music 2*» был перенесён на более современный *IBM 7094*.

Одной из известнейших работ того времени был «струнный квартет», созданный американскими композитором Леджарен Хиллер (*Lejaren Hiller*) и программистом Леонарда Исаксона (*Leonard Issacson*) в 1958 году. Для своей работы авторы использовали компьютер «*ILLIAC*» [14, с. 152-165].

С выходом «*Music 3*» в 1960 году к возможностям компьютерного программирования музыки добавилась очередная фундаментальная концепция. Этой концепцией стало разделение генератора звука на модули. Подобная модель использовалась в то время на аналоговых синтезаторах, где, например, происходило разделение функций синтезатора на такие модули, как различные генераторы, фильтры, огибающие и многое другое. Достоинством подобного подхода была высокая взаимозаменяемость компонентов, придерживающихся схожего интерфейса. Как заявлял Мэтьюс, он не собирался копировать данный подход, а разработал аналогичный одновременно. Наряду с этим в новой программе появилась возможность использовать табличный синтез. Под табличным синтезом понималось использование цифро-кодированных форм волны для сохранения и многократного использования, что весьма повышало эффективность. Этот метод широко используется в сфере цифровых синтезаторов и по сей день ввиду низких вычислительных требований и удобной системы хранения. В итоге в «*Music 3*» для создания композиции требовалось написание двух типов файлов: файла «оркестра», в котором были бы описаны инструменты в виде специфических параметров синтезаторов, и нотного файла, который состоял из коллекции событий и инструкций к параметрам инструментов, описанных в первом файле.

В связи с тем, что каждая новая ЭВМ обладала своим специфическим набором команд, зависящих от технической составляющей, для каждой такой машины приходилось писать новую версию программы «*Music-N*». Нехватка подобной мобильности представляла сложности для распространения программы. В 1962 году Мэтьюс вместе с Джоан Миллер (*Joan Miller*) закончили работу над «*Music 4*» на машине *IBM 7094* и задались целью распространения программы по университетам, снабжённым компьютерами. Всё больше людей привлекалось в эту предметную область, и это привело к появлению таких программ, как «*Music 4b*» (Губерт Оу (*Hubert Howe*) и Годфри Винхам (*Godfrey Winham*)), «*Music 4bf*», написанная на Фортране, «*Music 360*», разработанная для *IBM 360* Барри Верко (*Barry Vercoe*).

При написании «*Music 5*» Мэтьюс перенёс большую часть кода на высокоуровневый Фортран, оставив лишь внутренние циклы работы генераторов на машинном языке. Исходный код программы распространялся в виде коробки, содержащей 3500 перфокарт. Работа программы состояла из двух главных циклов. Первый цикл проходил на *IBM 7094*, где создавались цифровые аудиозаписи, которые далее переводились на магнитную кассету. Вторым циклом, на *IBM 1620*, представлял из себя конвертацию сигнала в аналоговую форму. Стоит заметить, что этот процесс был крайне ресурсоёмким, поэтому на подобные циклы уходило порядка двух недель.

Примерно в это же время компьютерная музыка появилась и в массовой культуре. В 1962 году на «Декко рекордс» была выпущена пластинка «Музыка от математиков», в которой были собраны записи Мэтьюса и его коллег, исполняемые компьютером *IBM 7090*.

Заключительным витком в развитии программ «*Music-N*» и переходом на новый уровень была «*Music 11*». Из-за накопившихся сложностей в поддержании множества платформ, в очередной раз актуализировалась идея о переносе программы на машинно-независимый язык. Этим языком стал C, который обеспечил высокую мобильность. В 1975 году Верко закончил перенос кода «*Music 11*» на C, и программа получила название «*CSound*». Впоследствии она была перенесена на все существующие платформы. «*CSound*» используется многими специалистами и по сей день [16, с. 197-217].

1.4. Автоматизация процесса создания музыки в XX-XXI вв. в России

Пионером компьютерной музыки в России является Рудольф Зарипов. Идеи о создании автоматического композитора пришли Зарипову в юном возрасте, когда он учился в казанском музыкальном училище. В 1947 году, во время подготовки к экзамену по гармонии, Зарипов заметил, что школьная гармонизация вполне может поддаваться математическому расчёту. Молодой математик достаточно быстро смог алгоритмизировать расчёт аккордов, и его дальнейшей идеей стал вывод закономерностей построения главной составляющей музыки – мелодии. В то время Зарипову не удалось вывести каких-либо определённых законов, а литературы, где подобные исследования производились бы, просто не существовало.

Позднее, не бросая увлечения музыкой, Рудольф поступил в университет, где к его интересам добавились ещё несколько направлений. Рудольф увлёкся рисованием, а также стал радиолюбителем. Мечта Зарипова об автоматизированном композиторе не покидала его. После окончания университета и успешной защиты кандидатской диссертации в Ростовском университете Зарипова отправили в Москву для изучения кибернетической ЭВМ «Урал». Путь учёного отличался от пути его коллег за рубежом, о которых он не имел никакой информации. Зарипов поставил перед собой высокосложную и комплексную задачу конструирования мелодий. Днём Рудольф кропотливо работал над поставленными перед ним математическими задачами, а вечерами оставался в университете и работал над своими собственными идеями. Учёному приходилось практически с белого листа выстраивать законы построения мелодий. В 1959 году Зарипов получил первые результаты своих трудов. В отличие от своих зарубежных коллег, учёный собственноручно переписывал результаты, полученные от машины, в нотную запись для дальнейшей работы с ними. В то время как зарубежные специалисты создавали целую инфраструктуру вокруг компьютерной музыки, Зарипов занимался более близкими к искусственному интеллекту проблемами моделирования творческой деятельности человека. Его работы можно считать одними из первых работ по моделированию творчества, которые успешно проходили тест Тьюринга. Он смог первым алгоритмически описать процесс сочинения музыки [4].

2. Применение методов ИИ в музыке

Первой успешной из пионерских работ в области применения методов ИИ в музыке принято считать труд Хиллера и Иссаксона 1958 года. Результатом исследований стал упомянутый выше «струнный квартет». Их программа генерировала ноты псевдослучайным образом с помощью цепей Маркова, а затем проверяла результат на заранее прописанных правилах классической гармонии и контрапункта. Их целью было исключение любой трудно формализуемой составляющей (например, «эмоциональной выразительности»), якобы присущей реальным композиторам. В итоге было решено, что методы, сильно привязанные к Марковским процессам, не совсем подходят для создания действительно качественной музыки.

Иным подходом был метод, базирующийся на эмуляции процессов, присущих реальному композитору во время его работы. Так, в своих работах Мурер (*Moorer*) и, независимо от него, Зарипов создавали строгие алгоритмы генерации мелодий. В их алгоритмах были последовательно описаны все шаги и различные ограничения, например, запрет последовательного использования более пяти нот подряд в мелодии, или запрет на переходы более, чем на квинту, и тому подобные. Данный подход базировался, в основном, на теории музыки. Зарипов также выделил основную структурную единицу в музыке — инвариант. Путём последовательного анализа строения музыкального произведения и выделения в нём таких инвариантов возможно определение элементов стиля, присущего

автору. В дальнейшем, основываясь на этих инвариантах, можно синтезировать композиции, похожие на работы автора [5].

Известнейшим ранним использованием ИИ в музыке были работы Рэйдера (*Rader*) 1974 года. Рэйдер первым начал использовать базы знаний для описания правил гармонии и прочих правил построения мелодий и аккордов. Наиболее интересной ИИ компонентой его работ была система правил применимости. В этой системе каждое правило, относящееся к генерации мелодии и аккордов, имело свой вес, исходя из которого на каждом шаге можно было определить степень “применимости” того или иного построения [18].

Марвин Мински (*Marvin Minsky*) в своей работе «Музыка, разум и значение» в 1981 году поднял вопрос о том, каким образом музыка оставляет в наших умах впечатление о себе. Он разворачивает концепцию многоагентных систем в контексте данного вопроса. По его мнению, восприятие музыки строится как сообщество агентов, взаимодействующих между собой. Например, один агент способен лишь распознать какой-либо ритм, другой может выделить небольшой музыкальный паттерн [17].

Наряду с работами по созданию систем автоматизированного написания музыки существовали попытки решения проблем гармонизации различными методами ИИ. Одной из самых известных работ в гармонизации является экспертная система «*CHORAL*», созданная Кемал Эбсиоглу (*Kemal Ebcioğlu*) в 1993 г. С помощью этой системы можно было сгенерировать музыку в стиле известных композиторов. Значительным достижением было использование формального логического программного языка и выделение логических примитивов в музыке. Такими примитивами, например, являлись «*chord view*», «*time-slice view*» или «*melodic view*». Подобное выделение абстракций и упрощение позволило решить некоторые проблемы, связанные с высокой сложностью принципов построения музыкальных произведений.

Первой программой, использующей методы нейронных сетей, была «*MUSACT*» написанная в 1993 году Джамшетом Баруча (*Jamshed Bharucha*). Программа была сделана таким образом, что могла из обучающего материала получать некоторые гармонические качества произведений. Например, качество доминантного аккорда вызывать у слушателя предположение того, что вот-вот появится тонический аккорд. Варьируя продолжительность этого ожидания, можно вызывать различные чувства у слушателя. Чем больше ожидание между доминантным аккордом и тоническим, тем больше «удовлетворённость» в появлении последнего. Реальные композиторы зачастую используют подобные манипуляции для создания соответствующей атмосферы. Программа, созданная Джамшетом, способна перенять такие качества у композитора и создавать подобные ситуации, подобно автору обучающего материала. Методы нейронных сетей в совокупности с методом “ограничения удовлетворённости” использовались во многих последующих разработках и других авторов [6].

Ещё одним нововведением конца девяностых было появление гибридных систем для гармонизации. Под гибридными понимались системы, в основе которых, помимо строгих правил гармонии, использовались данные о существующих примерах гармонизации [9]. Авторы подхода – Лопез де Мантарас (*Lopez de Mantaras*) и его коллеги – считали, что гармонизация, основанная на строгих правилах, не приводит к хорошим результатам. Их программы при поиске вариантов для гармонизации вначале смотрели базу уже существующих примеров, и, если не находили подходящее решение там, обращались к правилам гармонизации и выводили подходящий вариант из них. Одним из преимуществ такого подхода было то, что новый найденный вариант, при оценке его как подходящего, мог быть также записан в базу.

Наиболее известной работой в области моделирования творчества методами ИИ является работа Дэвида Коупа (*David Cope*) «Эксперименты с музыкальным интеллектом» 1987 года. Его работа фокусировалась на имитации стилей различных композиторов. Программа «*EMI*», созданная им, была способна сочинять музыку в стиле таких известных композиторов, как Моцарт, Палестина, Албинони, Брамс, Дебюсси, Бах, Рахманинов, Шопен, а также многих других. Принципом, по которому работала его программа, был поиск повторяющихся паттернов как минимум в двух известных произведениях того или иного автора. Найденные паттерны назывались сигнатурами автора. Для их поиска использовался анализатор, который подсчитывал количество музыкальных событий, таких как направление ведущей партии, использование повторяющихся нот и многие другие. На выходе

анализатора получалась статистическая модель. Основной работой программы был синтез новых частей композиции и их соединение. Результаты работы программы хотя и не были идеальными, тем не менее, могли создать впечатление, что произведение было написано имитируемым автором [11, с. 1-67]. Дискография Дэвида Коупа насчитывает более десятка компиляций произведений, написанных его программами. В ней можно встретить такие названия, как «Виртуальный Бах», «Виртуальный Моцарт» и многие другие. Последние на сегодняшний день работы Дэвида выпущены в 2012 году [8].

Дальнейшее развитие систем моделирования творчества с ИИ совпало с развитием отрасли ИИ в целом, а именно: вместо задания правил и ограничений, эти системы наделили возможностью к самостоятельному обучению требуемым правилам [12, с. 269-345].

3. Когнитивный подход к изучению музыкального творчества

Восприятие творчества в принципе и музыки в частности является важной проблемой, встающей и перед создателями систем моделирования творческого процесса. В отношении музыки эту задачу решает сравнительно молодое направление — музыкальная когнитивность (*Musical cognition*), или — познание музыки. Познание музыки является междисциплинарным направлением, занимающимся изучением психических процессов, отвечающих за восприятие музыки, включая как непосредственно восприятие, так и понимание, внимание, память и производительность. Корни этого направления вытекают из психоакустики и когнитивных теорий о том, как люди понимают музыку. В последнее время в сферу интересов направления также вошли нейробиология, музыкотерапия, компьютерные науки, психология, философия и лингвистика. В отдельную дисциплину это направление выделилось в начале восьмидесятых годов прошлого века. В это время появляются такие институты, как «*Society for Music Perception and Cognition*», «*European Society for the Cognitive Sciences of Music*», а также журнал «Восприятие музыки».

Познание музыки фокусируется на изучении того, как разум человека реагирует на процесс прослушивания музыки. Также в данном направлении рассматриваются процессы, возникающие в голове у человека, создающего или исполняющего музыкальные произведения [1, с. 186-204]. Музыка, как и язык, является уникальной способностью человека и играет одну из центральных ролей в истоках человеческого познания [19, с. 28-85]. Далее приведены лишь некоторые темы, рассматриваемые в рамках познания музыки:

- восприятие слушателем сгруппированных музыкальных структур (мотивы, мелодии, фразы);
- ритм и метрика;
- мелодическое ожидание (предвкушение, предугадывание слушателем дальнейшего развития мелодии);
- выявление музыкального сходства;
- эмоциональная реакция;
- выразительность исполнения;
- выявление качеств выразительности исполнения музыки;
- выявление концептуальных процессов.

В отличие от психоакустики, изучающей психологические и физиологические особенности восприятия звука человеком, познание музыки изучает то, как слушатель интерпретирует звук в качестве музыкальных событий. Закономерности, отвечающие за то, как различные звуки способны порождать то или иное эмоциональное восприятие в мозге человека были выведены учёными, занимающимися психоакустикой, задолго до появления самого направления познания музыки. Подход к данному вопросу с точки зрения познания музыки строится на психоакустике, но описывает проблему с обобщённой точки зрения, оперируя более абстрактными понятиями. Данная связь между музыкой и когнитивными науками в будущем сможет помочь учёным понять то влияние, которое музыка оказывает на человека [22].

Позднее из познания музыки выделились отдельные направления: когнитивная музыкология и когнитивная нейробиология музыки. Знание основ данных наук способствует пониманию процесса написания музыки в голове композитора. На базе выявления таких закономерностей становится возможным построение моделей. Именно поэтому эти направления являются неотъемлемой частью истории развития моделирования музыкального творчества.

Исследователи, работающие в области когнитивной музыкологии, занимаются вычислительным моделированием музыкальных знаний с целью объяснения музыки в контексте познания [15, с. 73-135]. Когнитивная музыкология отличается от познания музыки и когнитивной нейробиологии музыки своим подходом и методологической базой. Когнитивная музыкология, в основном, использует инструментарий компьютерного моделирования музыкально-ориентированного представления знаний и имеет свои корни в ИИ и когнитивной науке. Междисциплинарная область этого направления исследует такие темы, как параллели между языком и музыкой. В своей работе учёные зачастую используют искусственные нейронные сети и различные эволюционные алгоритмы, имеющие корни в биологии. Они стремятся воспроизвести то, как музыкальные знания получаются, хранятся, обрабатываются и генерируются в мозге человека.

Наиболее существенным отличием когнитивной нейробиологии музыки является подход, в котором учёные исследуют непосредственно мозг человека. Для этого используются такие технические аппараты, как Магнитно-резонансная томография (МРТ), транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС), позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), электроэнцефалография (ЭЭГ) и магнитоэнцефалография (МЭГ). Основные темы данного направления:

- изучение влияния высоты звука;
- обработка мелодий во вторичной слуховой коре;
- роль правого полушария в определении “правильной” высоты звука;
- исследование влияния ритмов;
- исследование влияния тональностей.
- не менее важными разделами также являются:
- изучение связей между языком и музыкой;
- изучение восприятия музыки музыкантами и слушателями;
- половые различия в восприятии;
- эмоциональная сторона восприятия;
- музыкальная память.

Подобные исследования помогают учёным выявить то, как процессы восприятия музыки устроены на самом низком уровне, в структуре строения человеческого мозга. Результаты исследований в этой области могут быть использованы учёными, занимающимися моделированием музыкального творчества. Ввиду того, что анализ проходит на самом низком уровне, уровне работы мозга человека, это даёт возможность строить фундаментальные и самые реалистичные компьютерные модели на данный момент.

Заключение

Моделирование музыкального творчества существует не один десяток лет, и любое из достижений смежных с ним наук раскрывает новые грани для его развития. Так, например, вначале получили развитие подходы, основанные на формальных правилах, которых придерживаются композиторы. В дальнейшем эти подходы не принесли желанного результата. Ввиду этого, движение пошло к изучению более глубоких, скрытых компонентов данного процесса: психических, а иногда и более фундаментальных, нейробиологических. От изучения строгих правил музыкальной теории учёные перешли к сканированию головного мозга людей, слушающих, создающих и играющих музыку. Огромным толчком было появление такого инструмента, как компьютер, который позволил выполнять вычисления, занявшие бы у человека годы, за сравнительно небольшие промежутки времени.

На данный момент нельзя однозначно сказать, сможет ли компьютер в ближайшем будущем заменить композитора, или нет, но можно с уверенностью говорить о том, что в данный момент компьютер является отличным помощником для выполнения многих рутинных дел музыкантов. Интеграция компьютеров в музыкальную деятельность только увеличивается [3, с. 37-63].

Основным из вопросов, оставленных за рамками данной статьи, является моделирование другой части музыкального творчества – звукорежиссуры. В противовес распространённому мнению о том, что подобные инженеры выполняют весьма нетворческую деятельность, можно противопоставить то, что сама область ещё не была автоматизирована. Также с уверенностью можно сказать, что музыка, над которой работает тот или иной специалист данной области, будет звучать совершенно по-разному, в зависимости от мастерства, стиля и многих других личностных характеристик субъекта. Тем не менее, данный вопрос остаётся открытым для дальнейших исследований, и, возможно, в будущем выделится в отдельное направление.

Список литературы

1. Амрахова А. А. Когнитивные аспекты интерпретации современной музыки: (на примере творчества азербайджанских композиторов): автореф. дис. ... д-ра. иск.: 17.00.02. Москва. гос. консерватория им П. И. Чайковского. – Москва, 2005. – С. 325.
2. Гайденко И. А. Роль музыкальных компьютерных технологий в современной композиторской практике: дис. ... канд. иск.: 17.00.03 / Игорь Анатольевич Гайденко; Харьков. гос. ун-т. им. И.П. Котляревского. – Харьков, 2005. – С. 278.
3. Заливадный М. С. Теоретические проблемы компьютеризации музыкальной деятельности: (опыт комплексной характеристики): автореф. дис. ... канд. иск.: 17.00.02. С-Петербург. гос. консерватория им Н. А. Римского-Корсака. – СПб., 2000. – С. 148.
4. Зарипов Р. Х. Моделирование транспозиции инвариантных отношений и музыкальных вариаций на вычислительной машине / Р.Х. Зарипов // Кибернетика. Том 9. – 1973. – Вып. 5. – С. 400-421.
5. Зарипов Р. Х. Машинный поиск вариантов при моделировании творческого процесса / Р. Х. Зарипов; под ред. М. Г. Гаазе-Рапопорта. – Москва: Изд-во Наука, 1983. – С. 231.
6. Bharucha J. Implicit knowledge versus psychoacoustic similarity in priming of chords // Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance. – 1998. – Vol. 25, № 1. – Pp. 252-260.
7. Chapuis A. The history of the music box and of mechanical music. – Springfield: Musical Box Society International, 1980. – Pp. 7-27.
8. Cope D. An expert system for computer-assisted music composition // Computer Music Journal. – 1987. – Vol. 11. – № 4. – Pp. 30-46.
9. Cope D. Computer modeling of musical intelligence in EMI // Computer Music Journal. – 1992. – Vol. 16. – № 2. – P. 69-83.
10. Cope D. A musical learning algorithm // Computer Music Journal. – 2004. – Vol. 40. – № 3. – P. 12-27.
11. Cope D. The Algorithmic Composer. – Wisconsin: A-R Editions, 2000. – P. 302.
12. Cope D. Computer models of musical creativity. – Cambridge: The MIT press, 2005. – P. 462.
13. Doornbusch P. The music of CSIRAC: Australia's first computer music. – Champaign: Common ground publishing, 2005. – P. 118.
14. Hiller L. Experimental music: Composition with an electronic computer. – Westport: Greenwood press, 1979. – P. 197.
15. Laske O. Navigation new musical horizons. – Westport: Greenwood Press, 1999. – P. 232.
16. Manning P. Electronic and computer music. – New York: Oxford University Press, 2013. – P. 496.

17. Minsky M. Music, Mind and Meaning // Computer Music Journal. – 1981. – Vol. 5. – № 3. – Pp. 28-44.
18. Minsky M. Understanding music with AI. – Cambridge: The MIT press, 1992. – P. 509.
19. Mithen S. The singing neanderthals: The origins of music, language, mind and body. – Cambridge MA: Harvard University Press, 2007. – P. 384.
20. Nierhaus G. Algorithmic composition: Paradigms of automated music Generation. – Wien: Springer Verlag, 2009. – P. 287.
21. Roads C. The computer music tutorial. – Cambridge: The MIT Press, 1996. – P. 1234.
22. Sylvain M. Can music influence language and cognition? // Contemporary Music Review. – 2009. – Vol. 28. – № 3. – Pp. 329-345.