

КРАТКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ АЛГОРИТМИЧЕСКОЙ КОМПОЗИЦИИ

Славшик А.А.

научный руководитель д-р техн. наук Бронов С.А.

Сибирский федеральный университет

Алгоритмической музыкой (алгоритмической музыкальной композицией) называют процесс создания музыкальных отрывков, последовательностей и композиций с помощью математических моделей, правил и алгоритмов. Данная тема берет свое начало еще со времен Пифагора, когда впервые были применены математические операции для формализации и упорядочивания музыкальных звуков и интервалов. Один из первых же известных примеров алгоритмической композиции в том виде, в котором она существует сейчас, принадлежит Моцарту и его «игре в музыкальные кости». В этой игре построение алгоритмического вальса основывалось на таблице, где столбцы обозначали восьмые части вальса, а строки – возможные комбинации двух брошенных кубиков. В зависимости от выпадавших чисел, музыкальные фрагменты объединялись в законченное произведение.

Однако настоящий толчок к развитию исследований в области алгоритмической музыки дало появление компьютеров и развитие информационных технологий. Современные композиционные алгоритмы по структуре и способу обработки музыкальных данных можно разделить на шесть пересекающихся групп:

- 1) Математические модели;
- 2) системы, основанные на знаниях;
- 3) обучающиеся системы;
- 4) грамматические методы;
- 5) эволюционные методы;
- 6) гибридные системы.

Математическое моделирование, и, в частности Марковские цепи, реализованные в таких программах как Csound и Max, являются первопроходцем в области изучения алгоритмической композиции. Суть метода заключается в том, что в Марковской цепи первого порядка для каждой ноты строится вектор вероятностей, и матрица вероятностного перехода, а цепи более высоких порядков группируют ноты в паттерны и последовательности с последующей генерацией с учетом фразовой структуры. Впервые данный метод был реализован американским композитором и доктором химических наук Лежареном Хиллером в его композиции «Сюита Иллиака для струнного квартета» (Иллиак – название компьютера, на котором она была разработана) в 1955 году. Данная сюита состояла из четырех частей. Первая часть была основана на серии нот, сгенерированных случайно, и попарно объединенных в соответствии с правилами полифонии XVI века, описанными Джованни Палестриной (итальянский композитор-полифонист). Данные правила содержали три составляющие: мелодическую (ноты, включенные в октаву; ноты, повторение которых запрещено), гармонические (были разрешены только такие интервалы – унисон, октава, минорные или мажорные квинты, сексты, терции; увеличенные кварты считались диссонансными), и правила смешивания (запрет на параллелизацию квинт и октав и т.д.). Вторая часть основывалась практически на тех же принципах, только заданными в соответствии со строгими арифметическими операциями. В третьей части были добавлены правила, описывающие ритм и темп. В четвертой же части компьютеру было доверено выбирать подходящие ноты, руководствуясь вероятностными методами Марковских цепей. Случайный процесс был основан на убеждении, что в

последовательности событий, выбор нового события (в данном случае, ноты), тесно связан с непосредственно предшествующим событием.

«Сюита Иллиака» также может считаться и примером применения систем, основанных на знаниях. Принцип работы таких систем заключается в выделении определенных принципов построения определенных музыкальных жанров для создания похожих композиций. Данные системы основаны на заранее заданных наборах аргументов и правил, которые нужны для составления музыки того же жанра. Современным примером подобной системы может служить Automated Music Composition – экспертная система, в которой в качестве правил заложены классические законы гармонии.

В грамматических системах музыка определяется как язык с заданным грамматическим набором. Таким способом работает интерактивная система Pallete – алгоритм построения композиции в ней строится исходя из сравнения музыки с человеческой речью, где мотив – это слово, из слов складываются фразы, предложения. Как правило, мелодия строится на нескольких основных мотивах, которые по мере развития мелодии развиваются, повторяются, противопоставляются друг другу. Программа оперирует тремя основными видами мотивов, называющихся аналогично соответствующим им по ритмическому строению стихотворным метрам: ямба, хорей, амфибрахий.

В последнее время все чаще для алгоритмических композиций применяются эволюционные методы, и, в частности, генетические алгоритмы.

Генетический алгоритм — это эвристический алгоритм поиска, используемый для решения задач оптимизации и моделирования путём случайного подбора, комбинирования и вариации искомых параметров с использованием механизмов, напоминающих биологическую эволюцию.

«Отцом-основателем» генетических алгоритмов считается Джон Холланд, книга которого «Адаптация в естественных и искусственных системах» (1975) является основополагающим трудом в этой области исследований.

Первопроходцем в применении генетических алгоритмов в алгоритмической музыке считается Джон Бильс – профессор Рочестерского института технологий (Нью-Йорк, США), применивший его для генерации джазовой соло-импровизации в своей программе GenJam.

Работа генетического алгоритма начинается с применения эквивалента биологического образования новых генов на пространство случайно распределенных решений для нахождения в итоге оптимального набора. Решения представлены хромосомами, а строки аллель – строками чисел, и задача рекомбинации генов сводится к созданию новых аллелей из аллель, взятых от родительских хромосом путем применения генетических операторов, в большинстве случаев, мутации и скрещивания. Перебирание хромосом продолжается до достижения определенного условия прерывания. Генетические алгоритмы в задаче автоматического музицирования разделяются по виду использованной фитнес-функции – степень приспособленности хромосомом может быть оценена исходя из заранее заданных четких условий, либо может быть определена непосредственно человеком при прослушивании и субъективной оценке. Частным случаем эволюционных методов является алгоритм поиска гармонии (harmony search (HS)), вдохновленный импровизацией джазовых музыкантов.

Под обучающимися системами понимают системы, в которых не задано априорных правил, а система сама обучается чертам на примерах. Чаще всего в качестве таких систем используются искусственные нейронные сети – математические модели, а также их программные или аппаратные реализации, построенные по

принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей — сетей нервных клеток живого организма. В большинстве случаев такие сети используются для решения задач распознавания образов в изображениях или восстановления утраченных фрагментов в аудиоданных. В сфере алгоритмической композиции нейронные сети применяются для выделения черт и признаков, характерных определенным жанрам. Например, система, созданная немецким архитектором и программистом Домиником Хернелом и предназначенная для гармонизации хоралов в стиле эпохи Барокко.

Другими распространенными техниками для решения задач алгоритмической музыки являются Л-системы и клеточные автоматы. Л-системы, частный случай теории хаоса, были созданы в 1968 году венгерским ботаником Аристидом Линденмайером для изучения развития простых многоклеточных организмов, которые позже были расширены для моделирования сложных ветвящихся структур — разнообразных деревьев и цветов. Впервые для решения задач автоматической генерации музыки их применил в своей диссертации 1996 года американский программист и композитор Люк Дюбуа. Работа Л-системы начинается с определения трех наборов параметров — алфавита (список символов, которыми будет оперировать система, как на входе, так и на выходе, в нашем случае, например, ноты), набора правил (например, классических законов гармонии) и аксиомы (символ или строка символов для начального ввода).

Клеточные автоматы были изобретены американским математиком Джоном фон Нейманом в 1966 году. Клеточный автомат может мыслиться как стилизованный мир. Пространство представлено равномерной сеткой, каждая ячейка которой, или клетка, содержит несколько битов данных; время идет вперед дискретными шагами, а законы мира выражаются единственным набором правил, например, небольшой справочной таблицей, по которой любая клетка на каждом шаге вычисляет свое новое состояние по состояниям ее близких соседей. Таким образом, законы системы являются локальными и повсюду одинаковыми.

Первым клеточные автоматы в алгоритмической музыке применил бразильский композитор и доктор математических наук Эдуардо Рек Миранда, создав интерактивную систему CAMUS. CAMUS генерировала мелодию на основе двух клеточных автоматов: игра в «жизнь» Джона Неймана, и Demon Cyclic Space Большмана. Игра в «жизнь» использует следующие правила: если клетка имеет двух "живых" соседей, она остаётся в прежнем состоянии. Если клетка имеет трёх "живых" соседей, она переходит в "живое" состояние. В остальных случаях клетка "умирает". Несмотря на свою простоту, система проявляет огромное разнообразие поведения, колеблясь между очевидным хаосом и порядком.

Первый клеточный автомат отвечает за выбор нот. Каждая клетка соответствует триаде: первая нота дана заранее определенной из последовательности из 12 нот, а две другие — определены координатами клетки в музыкальном пространстве. Demon Cyclic Space же отвечает за оркестровку, он определяет, какой из инструментов будет подыгрывать основной мелодии.

Каждый из перечисленных алгоритмов алгоритмического сочинения музыки имеет свои недостатки, начиная от субъективности при выборе правил в экспертных системах и параметров обучения в нейронных сетях до «бутылочного горлышка» фитнес-функции в генетических алгоритмах, характеризующего сокращение популяции и «застревание» алгоритма на одном из локальных экстремумов. Главным отрицательным свойством большинства, если не всех, вычислительных систем является то, что музыка, которую они продуцируют, лишена смысловой нагрузки — компьютеры не имеют чувств и настроений, не вкладывают в музыку свои переживания, свойственные человеку. Поэтому в последнее время все чаще исследования в сфере

алгоритмической музыки совмещаются с разработками в области психоакустики и моделирования эмоциональной нагрузки.

Стоит заметить, что все работы по данной теме выполнены на Западе, где существуют целые кафедры и исследовательские лаборатории алгоритмического моделирования музыки. В России же это является делом отдельных энтузиастов. В основной массе, научные работы, так или иначе связанные со сферой математического обеспечения музыки, посвящены вопросам задач распознавания образов – например, для составления автоматических партитур музыкальных композиций или для восстановления потерянных данных при реставрации аудио. Также отдельные работы посвящены математическому анализу звукоряда и акустическим моделям с целью оценки качества музыкальных сигналов или певческого голоса.