

ОБУЧАЕМЫЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ В ЗАДАЧЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ МУЗЫКАЛЬНОЙ КОМПОЗИЦИИ

Аннотация. Продолжение исследования автора, посвященное распределенной автоматической генерации музыки с помощью генетического алгоритма. Рассматривается задача построения генотипно-фенотипного отображения. Предлагается использовать механизм интерактивной генетической эволюции.

Ключевые слова: распределенная автоматическая генерация музыки, генетический алгоритм, механизм интерактивной генетической эволюции.

A.V. Shekochikhin

St. Petersburg State University of Film and Television,
Saint-Petersburg, Russian Federation

EDUCABLE GENETIC ALGORITHM IN THE PROBLEM OF AUTOMATED MUSICAL COMPOSITION

Abstract. Continued study of the author, devoted a distributed automatic music generation using genetic algorithm. The problem of construction genotypic-phenotypic displaying. It is proposed to use the mechanism of interactive genetic evolution.

Keywords: automatic music generation, genetic algorithm, mechanism of interactive genetic evolution.

Данная работа продолжает исследование автора, посвященное распределенной автоматической генерации музыки с помощью генетического алгоритма. На данный момент работы над проектом уже создана модель системы распределенной генерации аудиоконтента при помощи генетического алгоритма. Модель системы была реализована в среде MAX/MSP и представлена в [1]. Подробные рассуждения о структуре построения таких систем и процессов построения баз знаний в них приводятся в [2]. В [3] рассмотрены возможности применения генетических алгоритмов в качестве основы композиционной модели системы, авторами определен критерий корректности работы генетического алгоритма в такой системе. В [4] предложено использование интернета вещей, как среды работы системы. В [5] авторами разработан механизм кластеризации сети, для работы с данными структурного аудио в системе дополненной акустической реальности.

Однако нерешенной остается задача построения генотипно-фенотипного отображения. Предложенное в [2] кодирование музыкальных признаков (рис. 1) основано на субъективных предположениях авторов и не является объективным. Проблема необъективности и неоднозначности построения генотипно-фенотипного отображения является общей для систем эволюционной музыкальной композиции [6].



Рис. 1. Пример кодирования музыкальной информации внутри генетического алгоритма

Для решения данной проблемы предлагается использовать механизм интерактивной генетической эволюции. Интерактивный генетический алгоритм – это генетический алгоритм, в котором человек-оператор может вносить изменения в правила эволюции, изменяя ход процесса, обучая систему. Ранее [6] интерактивный генетический алгоритм использовался для присвоения предлагаемым решениям значений приспособленности. Таким образом, оператор вычисления приспособленности не задавался математически, вместо этого пользователь оценивал предлагаемое решение. Основным недостатком данного подхода явля-

ется невозможность системы работать без оператора. Кроме того, такой подход не позволяет адаптироваться системе с постоянно изменяющимся числом агентов, т. е. изменяющемуся размеру популяции предлагаемых решений.

Чтобы избежать указанных недостатков, предлагается обучать систему на предмет построения генотипно-фенотипного отображения. В фенотипном представлении решение описывается на естественном языке, т. е. мелодия может описываться такими словами, как «грустная», «веселая», «быстрая», «сложная», «примитивная» и т. д. В постоянно обновляемой базе данных обучаемой системы содержится информация, позволяющая сопоставить каждому признаку, описанному на естественном языке, соответствующую аллель гена в хромосоме.

Еще одним новшеством в предлагаемом решении является обучение именно распределенной системы. Компьютерная сеть агентов предоставляет большую выборку респондентов, а следовательно, и представительную, обновляемую базу данных.

Генетический алгоритм с экспертной системой

Таким образом предлагается решать задачу автоматической музыкальной композиции с помощью двух инструментов:

- распределенный генетический алгоритм решает задачу поиска новых решений – музыкальных фрагментов – по заданным пользователем критериям, описанным на естественном языке;
- экспертная система отвечает за перевод критериев, описанных на естественном языке, в математическое (генотипное, формализованное, над которым может работать генетический алгоритм) представление.

Стандартно экспертная система может работать в двух режимах:

- режим ввода знаний – в случае описываемой задачи пользователь прослушивает предлагаемые музыкальные фрагменты и оценивает их на естественном языке;
- режим консультаций – генетический алгоритм обращается к базе знаний экспертной системы для формализации критериев, описанных на естественном языке.

Наиболее сложной частью решения задачи автоматизированной музыкальной композиции является генерация мелодий. Ритмический и гармонический аспекты музыкальной композиции легче формализуются. В связи с этим и наибольший успех среди системы автоматизированной композиции нашли программы автоаккомпанемента, достраивающие ритмическую и гармоническую составляющие под исполняемую человеком мелодию.

Рассмотрим, как происходит процесс обучения системы для генерации монофонических мелодий. Предложенный ниже механизм можно распространить и на другие составляющие музыкального фрагмента. Кроме того, ограничимся потактовой генерацией, т. е. генерация мелодий происходит итерационно: на каждом такте считываются пользовательские критерии на естественном языке, экспертная система переводит их в генотипное отображение, генетический алгоритм генерирует один такт мелодии. Данный подход не является полным, так как правила генерации могут зависеть от предыдущих сгенерированных фрагментов, однако сильно упрощает построение алгоритма. Рассмотрение динамики развития мелодии является одним из следующих этапов работы авторов.

Кодирование музыкальных фрагментов

Для простоты выделим следующие признаки описания мелодий (т. е. «названия осей координат» в фенотипном представлении): ритмическая сложность, гармония, мелодичность. Выбор начального набора мог бы быть и другим, возможно, более полным. Данный набор выбран для примера.

Каждому признаку необходимо сопоставить набор его состояний, описанный на естественном языке. Именно с этими атрибутами признака и будет оперировать человек, работая с системой в момент музыкальной композиции, задавая необходимое сочетание состояний признаков всех звуковых элементов генерируемых звуковых образов. В представленном варианте выбраны следующие состояния признаков:

Ритмическая сложность: сложная – ритмичная – примитивная.

Гармония: радостная – нейтральная – грустная.

Мелодичность: сложная – мелодичная – примитивная.

Далее необходимо определить генотипное описание признаков, т. е. численное кодирование соответствующих состояний признаков.

Ритмический рисунок

Определим следующий механизм кодирования ритмического рисунка. Фиксируем минимальную длительность музыкального события 16-й нотой (1 у. е.) и размер 4/4 (эти договоренности не лишают описание общности). Тогда можно сформулировать два правила на музыкальные события:

- событие может быть нотой или паузой;
- сумма длительностей музыкальных событий в такте не должна превышать 64 у. е. (именно столько 16 нот в такте 4/4).

Кодирование ритмического рисунка в такте тогда можно реализовать в виде абстрактного словаря из пар чисел, одно из которых опре-

деляет тип события (“1” – нота, “0” – пауза), а второе – длительность события в у. е. Таким образом, запись вида <[1, 16], [1, 8], [1, 8], [0, 32]> соответствует четвертной ноте, двум восьмым нотам и одной половинной паузе.

Гармония

Гармония музыкального фрагмента традиционно ассоциируется с его настроением, так минорному ладу соответствует грустная окраска, а мажорному – радостная. Ограничившись одной октавой, лад можно полностью описать набором из 7 (традиционно для европейской музыки) разрешенных ступеней хроматической гаммы. Таким образом, мажорному ладу будет соответствовать следующий массив: [1, 3, 5, 6, 8, 10, 12].

Мелодичность

Мелодичность является самым сложно формализуемым признаком. Авторами предлагаются следующие рассуждения.

- Переходы на соседние ступени лада характеризуют мелодию как спокойную.

- Переходы на дальние ступени лада характеризуют мелодию как хаотичную.

- Величина межступенчатого перехода может изменяться от 0 до 7.

- Каждому межступенчатому переходу соответствует некоторая вероятность.

Таким образом абстрактный словарь следующей структуры может описывать мелодичность мелодии:

[Лад: [Ступень лада : [Величина межступенчатого перехода: вероятность]]].

Для упрощения авторами будет рассматриваться более простая структура описания мелодичности, в предположении, что вероятность межступенчатого перехода не зависит от лада и ступени лада:

[Величина межступенчатого перехода: вероятность]

Таким образом в соответствие одному такту музыкального фрагмента ставится следующий абстрактный объект:

```
Class Bar {  
    Rhythm: <Int: Int>  
    Mode: <Int>  
    Melody: <Int: Float>  
}
```

Монофоническая мелодия однозначно кодируется представителем такого класса.

Также необходимо определить размещение атрибутов класса, отвечающего за один такт, внутри хромосомы одного решения. Договоримся о следующем представлении в виде одной строки:

[Тип объекта (нота или пауза), длина объекта, номер лада, величина межступенчатого перехода, вероятность межступенчатого перехода].

Представление решения в виде строки-хромосомы упрощает дальнейшее применение генетического алгоритма и позволяет действовать над хромосомами операторами кроссовера и мутаций в стандартном виде.

Структура базы данных ЭС

База данных экспертной системы необходима для хранения информации об отображении решений из генотипного представления в фенотипное.

Данная база данных должна иметь следующую структуру:

[Генотипное представление решения] – [Описание на естественном языке: вероятность присвоения данного описания на естественном языке, данном решению]

На рис. 2 представлен пользовательский интерфейс работы программы в режиме обучения:

При нажатии на клавишу «Generate Random Melody» программа генерирует случайную мелодию длиной в 4 такта (данная длина выбрана из соображения удобства воспринять лад и ритм мелодии не за один такт, а за более долгий период). Пользователю необходимо услышать сгенерированный фрагмент по трем оговоренным ранее критериям: охарактеризовать ритмику от примитивной до сложной; лад, от грустного к веселому; мелодию, от мелодичной до хаотичной. При нажатии на клавишу «Learn» оценки пользователя записываются в базу данных в виде вероятностей соответствия описаний атрибутов мелодии на естественном языке определенному набору хромосом (тому, что был сгенерирован случайно вначале).

В режиме консультаций пользователь задает на экране желаемые атрибуты генерируемой мелодии. Пользуясь базой данных экспертной системы, генетический алгоритм отбирает два решения-родителя, наиболее приспособленных к пользовательским требованиям. Результат скрещивания решений родителей и мутации передается на пользовательское устройство и интерпретируется в виде звукового фрагмента.

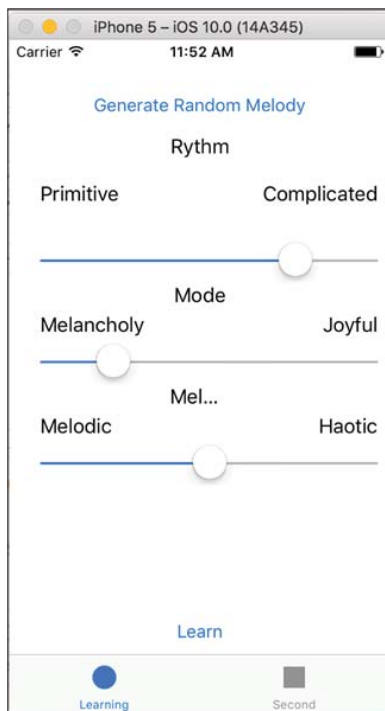


Рис. 2. Интерфейс разрабатываемой программы автоматической генерации мелодий с использованием обучаемого генетического алгоритма

На данном этапе исследования происходит обучение экспертной системы по описанному алгоритму для автоматической генерации мелодий. Данный метод обучения внутри генетического алгоритма возможно в дальнейшем распространить на всю задачу музыкальной композиции.

Список литературы

1. *Рогозинский Г. Г., Щекочихин А. В.* Модель распределенной системы генерации аудиоконтента на основе эволюционных алгоритмов // Информационные технологии и телекоммуникации / СПбГУТ. 2014. № 2. С. 20–26.
2. *Cherny E., Rogozinsky G.* The Internet of Machines -Technological Synergy and Computer Music – 16th Conference of Open Innovations Association Proc. 2014.
3. *Рогозинский Г. Г., Щекочихин А. В.* Особенности использования и корректность работы генетического алгоритма для распределенной генерации компьютерной музыки // Системы управления и информационные технологии. 2015. № 1(59). С. 80–84.

4. *Рогозинский Г. Г., Черный Е. В., Уоли Р., Щекочихин А. В.* Распределенная генерация компьютерной музыки в Интернете вещей // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2015. Т. 15. № 4. С. 654–660.

5. *Рогозинский Г. Г., Чесноков М. А., Щекочихин А. В., Черный Е. В., Смирнов И. Н.* Особенности представления и обработки данных в сети дополненной акустической реальности// Системы управления и информационные технологии, 2015. № 3(61), С. 89–93.

6. *Evolutionary Computer Music/ E.R. Miranda, J.A. Biles* – Springer. London, 2007.