

Представление трехмерных поверхностей дается непросто многим людям, для этого необходимо развитое пространственное мышление. Автоматизированное построение таких поверхностей позволяет нам расширить знания, рассмотреть тот или иной 3D объект с разных сторон, изучить более точно его свойства. В дальнейшем мы планируем расширять возможности программы как с математической, так и с пользовательской стороны.

Список цитированных источников

1. Голованов, Н.Н. Геометрическое моделирование / Н.Н. Голованов. – Минск: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 446 с.

УДК 004.93'1

КОНВЕРТАЦИЯ АУДИОСИГНАЛОВ В ФОРМАТ МУЗЫКАЛЬНОЙ НОТАЦИИ

Ярмолюк Д.С.

*Брестский государственный технический университет, г. Брест
Научный руководитель: Кузьмицкий Н.Н., к. т. н.*

Введение

Электронная музыкальная нотация является основным форматом хранения данных, используемым в деятельности оркестров, хоровых коллективов, студий звукозаписи и т. д. С ее помощью удобно создавать и записывать аудиокomпозиции, реализовывать музыкальное сопровождение в проектах киноиндустрии, визуализировать мелодии и др.

Современные технологии позволяют воспроизводить музыкальные произведения без наличия музыкальных инструментов. Можно выделить два распространенных способа автоматизации процесса создания электронной музыкальной нотации. Первый связан с использованием электронного нотного редактора, позволяющего пользователям последовательно создавать каждую ноту при помощи мыши и клавиатуры. Данный способ весьма затратный по времени, в связи с чем затруднительно его использование при создании сложных музыкальных произведений. Второй способ основан на подключении MIDI-клавиатуры (Musical Instruments Digital Interface), оснащенной клавишами, подобными клавишам фортепиано, и преобразующей нажатия по ним в поток специализированных команд. С помощью нотного редактора из этих команд можно создавать музыкальную нотацию. Общим недостатком данных способов является их существенная стоимость. Поэтому в работе исследуется альтернативный способ синтеза музыкальной нотации путем программной конвертации аудиосигналов в данный формат.

Постановка задачи

Требуется создать средство автоматического преобразования аудиоинформации в формат музыкальной нотации. В качестве входного рассматривается аналоговый сигнал звукового диапазона, полученный из внешнего источника и представленный в виде аудиофайла одного из стандартных форматов. Музыкальная нотация – это система фиксации музыки с помощью письменных знаков (см. рисунок 1а), передающая смысл

музыкальной логики, прежде всего в том, что касается звуковысотности и ритма. Высота звука – это характеристика звука, определяемая человеком "на слух" и зависящая, главным образом, от частоты звука (числа колебаний среды в секунду, воздействующих на барабанную перепонку). Ритм – это организация музыки во временном диапазоне. Ритмическую структуру музыкального сочинения образует последовательность длительностей звуков и пауз [1] (см. рисунок 16). Определяя частоту интервала аудиосигнала и его продолжительность, можно точно выделить соответствующую ноту, а путем дальнейшей группировки нот сформировать музыкальную нотацию.

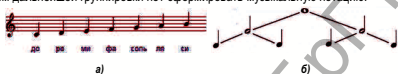


Рисунок 1 – Пример музыкальной нотации (а) и дерева длительности нот (б)

Предлагаемое решение

На первом этапе процесса конвертации аудиосигнал преобразуется из аналогового в цифровой путем его дискретизации по времени и квантования по амплитуде. Далее требуется определить частоты каждого интервала аудиосигнала, для чего чаще всего используется триггер Шмидта либо быстрое преобразование Фурье (БПФ). Первый метод запоминает позиции пересечения амплитуды сигнала с заданной величиной, а частота находится путем вычисления длины периода между точками пересечения. Применяя БПФ к аудиосигналу, можно определить доминирующие частоты на каждом интервале, но ограничением БПФ является применимость только к последовательностям, в которых количество отсчетов кратно степени двойки (256, 512, 1024 и так далее), поэтому необходима предобработка аудиосигнала. При этом разделение аудиосигнала на интервалы должно учитывать компромисс между временным и частотным разрешениями. Например, чтобы обнаружить минимальное изменение сигнала в 1 Гц с частотой дискретизации 44100 Гц, нужно выполнить БПФ из 44100 выборок, что соответствует 1 с, при этом временная локализация изменения останется неопределенной [2].

Следующим этапом является классификация нот путем сравнения полученной и эталонной частот на основании некоторого критерия близости. В качестве такого критерия предлагается использовать минимальное отклонение частоты. За эталон можно взять ноту ля первой октавы, частота которой должна быть равна 440 Гц. В равномерно темперированном строе отношение частот двух соседних нот (например, до и до-диез) фиксировано ($\sqrt[12]{2}$), что и позволяет классифицировать ноты. Заключительным этапом является сериализация нот аудиосигнала в MIDI-файл и их визуализация в виде изображения. Полная предлагаемая схема конвертации аудиосигнала в формат музыкальной нотации представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Схема конвертации аудиосигнала в формат музыкальной нотации

Экспериментальная работа

На языке программирования Java разработан модуль конвертации, реализующий описанную схему, в качестве метода определения частот выбран БПФ. Для анализа качественных и количественных характеристик использовались 50 аудиофайлов формата wave, содержащих разнообразные музыкальные композиции, исполненные на фортепиано. Экспериментальная работа показала, что конвертация в целом выполняется успешно. Ноты распознаны корректно в 90% случаев, однако их частота может быть определена со смещением в одну октаву. Причина такого отклонения заключается в особенностях гармоника сигнала: в звучании музыкального инструмента присутствует не только основной тон, но и гармоники, которые звучат тише и имеют частоту в разы отличающуюся от основной. Для устранения этого недостатка, нужно проводить предобработку аудиосигнала при помощи фильтра низких и высоких частот, а также учитывать показатели амплитуды, что является предметом дальнейших исследований [3]. Также следует точнее определять длительность интервалов БПФ, для получения нормированного результата, удобного для последующей обработки. В противном случае потребуется соразмерно увеличивать или уменьшать длительности каждого элемента нотации. На рисунке 3 представлено сопоставление между выделенными интервалами входного аудиосигнала и элементами сформированной для него музыкальной нотации.



Рисунок 3 – Пример результата работы модуля конвертации

Заключение

В работе представлен способ конвертации аудиосигнала в формат музыкальной нотации. Его полноценная реализация позволит сократить время создания музыкальных произведений с использованием любых инструментов. Более того, такую конвертацию можно применять в учебных заведениях при анализе качества исполняемых на экзаменах произведений простым сравнением образца и эталонной партии. В дальнейшем планируется исследовать методы машинного обучения для решения задачи конвертации, которые представляется весьма эффективной альтернативой традиционным подходам.

Список цитированных источников

1. Рассел, Д. Современная музыкальная нотация / Д. Рассел. – М. : Книга по Требованию, 2012. – 156 с.
2. Нуссбаумер, Г. Быстрое преобразование Фурье / Г. Нуссбаумер. – М. : Радио и Связь, 1985. – 248 с.
3. Detection and Analysis of Power System Harmonics Based [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.guitarpitchshifter.com/algorithm.html>. – Дата доступа : 20.06.2017.