

Используя регулятор Смита, получаем следующие значения: перерегулирование 5%, время перерегулирования 74.3 с, время переходного процесса 102 секунды (рис. 3).

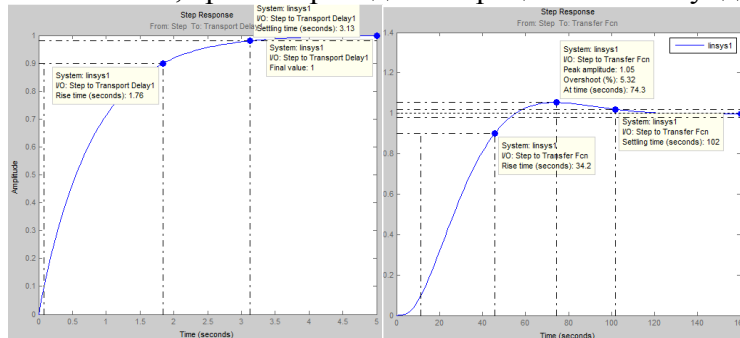


Рис. 3. Переходная характеристика с регулятором Ресвика и Смита

Заключение. В системах управления объектами с запаздыванием различные регуляторы. Предлагаемые системы регулирования достаточно просты по структуре. Рассмотрев наиболее известные системы регулирования, регуляторы Ресвика и Смита, можно утверждать, что их применение позволяет обеспечить устойчивость и качество замкнутой системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю.Ю. Громов, О.Г. Иванова, Н.А. Земской, А.В. Лагутин, В.М. Тютюнник. Системы автоматического управления с запаздыванием.
2. Дралюк Б.Н., Синайский Г.В. Системы автоматического регулирования объектов с транспортным запаздыванием (1969).

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЗВУЧАНИЯ МУЗЫКАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ В СЛОЖНОМ СИГНАЛЕ НА ОСНОВЕ МЕЛ-КЕПСТРАЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ

Ф.В. Станкевич

*Научный руководитель: А.А. Белоусов
(г. Томск, Томский политехнический университет)*

MUSICAL INSTRUMENT IDENTIFICATION IN A COMPLEX SIGNAL BASED ON MEL-FREQUENCY CEPSTRAL COEFFICIENTS

F.V. Stankevich

*Scientific Advisor: A.A. Belousov
(Tomsk, Tomsk polytechnic university)*

This article is devoted to recognition of musical instruments sound in a complex signal based on their spectral properties. The recognition is performed by a neural network using mel-frequencies cepstral coefficients as features.

Введение. Задача распознавания музыкальных инструментов востребована при обработке сложных музыкальных сигналов, а именно аудиозаписей музыкальных произведений различных жанров, таких как классическая музыка, эстрадная музыка и другие. Данная задача относится к классу задач Music Information Retrieval, и может быть

использована для аннотирования медиаконтента, сегментации музыкальных сигналов и идентификации музыкальных объектов.

Алгоритм распознавания. Музыкальный звук имеет характерную структуру и в спектральном диапазоне. В его составе есть основной тон, как правило, с наибольшей амплитудой, и сопутствующие гармоники – обертоны, наиболее значимыми являются первые несколько гармоник. Именно эти обертоны определяют тембр звука, и соответственно музыкальный инструмент.

Однако спектр представляет собой большой набор данных, которые нецелесообразно использовать в исходном виде для решения задачи распознавания. В связи этим необходимо определить значимый набор признаков, в качестве такого было предложено использовать Mel-frequency cepstral coefficients (MFCC), которые представляют собой нелинейный спектр спектра, хорошо аппроксимирует слуховую систему человека, а также успешно используются для задач распознавания речи.

Алгоритм вычисления MFCC состоит из следующих шагов:

1. Нелинейное разбиение спектра на n интервалов
2. Вычисление энергии для каждого интервала
3. Выполнение логорифирования
4. Дискретного косинусного преобразования.

Более подробное описание алгоритма может быть найдено в [1].

На рисунке 1 представлена структурная схема алгоритма, которая состоит из пяти блоков: сегментация, предобработка, преобразование Фурье, вычисление признаков и классификация. Сегментация представляет собой разбиение аудио файла на фрагменты по 20-100 мс, предполагая, что спектр на данных участках является постоянным в статистическом смысле. Далее выполняется предобработка — применение оконной функции Хэмминга и увеличение амплитуды верхних частот спектра. Затем выполняется быстрое преобразование Фурье для вычисления спектра сигнала. На основе спектра сигнала осуществляется извлечение признаков на базе MFCC. Конечный этап алгоритма — классификация полученных признаков.

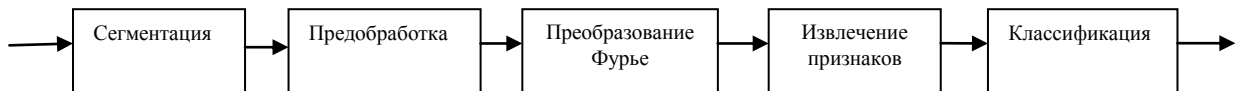


Рис. 1. Схема алгоритма распознавания

В качестве классификатора была выбрана искусственная нейронная сеть (ИНС) прямого распространения. Для обучения сети использовался метод обратного распространения ошибки, а также в качестве критерия остановки процесса обучения, применялась валидационная выборка. Более подробное описание ИНС и процесса обучения может быть найдено в [2]. Обучающая выборка состояла из чистых нот в рабочем диапазоне выбранных инструментов, а именно это малая, первая и вторая октавы. В качестве тестовой выборки использовались бемольные и диэзные ноты, которые в свою очередь, не участвовали в процессе обучения сети. Для проверки работы алгоритма было выбрано пять инструментов: труба, скрипка, фортепиано, флейта, кларнет. Обучение производилось на данных взятых с сайта университета Айовы [3].

Экспериментальным путем были подобраны следующие параметры алгоритма: размер фрагмента – 100 мс, оконная функция Хэмминга, диапазон рассматриваемых частот от 0 до 22050 Гц, число треугольных фильтров MFCC – 30, число MFCC – 7, число скрытых слоев в ИНС – 1, число нейронов в скрытом слое – 24.

Полученные результаты. В результате работы алгоритма была получена средняя точность распознавания 96,83%. Также разработанный алгоритм показал хорошие результаты при анализе сложных сигналов. Был произведен анализ музыкального произведения, в котором звучат два инструмента: скрипка и фортепиано. На этом слайде видно, что удалось успешно идентифицировать сольные партии музыкальных инструментов.

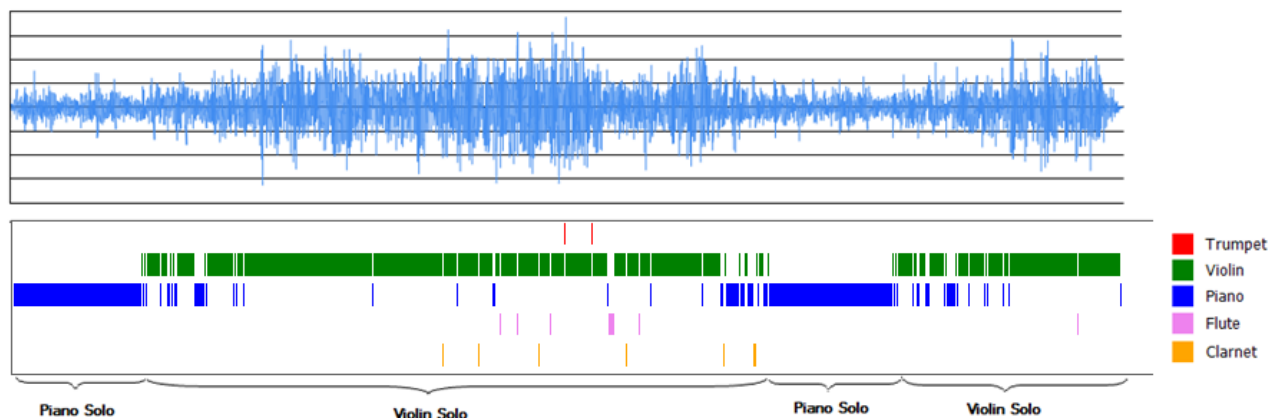


Рис. 2. Результат анализа сложного сигнала

Заключение. В результате проделанной работы был выполнен анализ признаков музыкального сигнала, разработан и реализован алгоритм распознавания, подобраны оптимальные параметры алгоритма. Данный алгоритм обладает высокой точностью распознавания и сравнительно низкой вычислительной сложностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mel Frequency Cepstral Coefficient (MFCC) tutorial. Practical Cryptography. URL: <http://practicalcryptography.com/miscellaneous/machine-learning/guide-mel-frequency-cepstral-coefficients-mfccs> Access Date: 01.04.2014
2. В.Г. Спицын, Ю.Р. Цой Интеллектуальные системы. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 176 с.
3. University of Iowa. Electronic Music Studios. URL: <http://theremin.music.uiowa.edu/> Access Date: 09.04.2014.

МОБИЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АНАЛИЗА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ

Д.А. Татарников

(г. Томск, Томский политехнический университет)

MOBILE SYSTEM FOR ANALYSIS OF RADIATION

D.A. Tatarnikov

(Tomsk, Tomsk Polytechnic University)

The idea of our project was to make our own radiation detection system with some several unique features, and make the system more independent for their components, highly-scalable and flexible platform. We develop programs for collecting and displaying the gamma data on the plot