

УДК 004.932

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ АУДИОСИГНАЛА ПОСРЕДСТВОМ ЭКВАЛИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФИШЕРА

Феоктистов Д.Г.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Ролит О.Ч. – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Экспериментально исследована фильтрация аудиосигнала посредством его эквализации на основе распределения Фишера. Анализируется эффективность работы данного метода фильтрации путём экспериментальной проверки работы фильтра на базе аудиосигналов различного характера.

Ключевые слова: фильтрация аудиосигнала, эквализация, распределение Фишера.

Введение. Эквализация используется для изменения звукового спектра аудиозаписи или звукового сигнала с целью улучшения его звучания или подгонки под конкретные условия воспроизведения. Распределение Фишера является математическим методом для сравнения дисперсий двух выборок, что позволяет более точно определить, какие частоты нуждаются в изменении и насколько.

В настоящее время существует множество методов фильтрации аудиосигналов, однако, некоторые из них не обеспечивают достаточной точности, а другие могут приводить к искажению звука. В связи с этим, целью исследования является разработка более эффективного метода фильтрации аудиосигнала, который бы обеспечивал более точные результаты и не искажал звук. Для достижения этой цели был использован метод эквализации на основе распределения Фишера [1]. Результаты исследования могут быть полезными для разработки более эффективных аудиофильтров в будущем.

Основная часть. Эквализация на основе распределения Фишера позволяет получить широкий динамический диапазон при обработке аудиосигналов. Это особенно важно при работе с музыкальными композициями, где звуковые эффекты и инструменты могут иметь разную громкость и частотный спектр. В контексте эквализации аудиосигналов распределение Фишера может использоваться для определения оптимальных коэффициентов усиления или ослабления частотных компонент сигнала, основываясь на статистических характеристиках аудиосигнала.

В первую очередь, исследуемый аудиосигнал был разбит на частотные полосы [2]. Для преобразования временной области звукового сигнала в частотную область было применено быстрое преобразование Фурье (см. формулу 1):

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-i2\pi kn/N}, \quad k = 0, \dots, N-1, \quad (1)$$

где x_n – временной отсчет звукового сигнала, X_k – результат БПФ на частоте k .

Далее были рассчитаны уровни звука для каждой частотной полосы путем вычисления среднеквадратичного значения амплитуды сигнала. Для каждой частотной полосы i вычисляется сумма квадратов амплитуд всех ее частотных компонент k . Эта сумма делится на количество компонент N (см. формулу 2):

$$L_i = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} |X_k^{(i)}|^2}, \quad i = 1, 2, \dots, M, \quad (2)$$

где L_i – уровень звука для i -й частотной полосы, N – общее количество частотных полос, M – количество отдельных частотных полос, $X_k^{(i)}$ – амплитуда k -й частотной компоненты для i -й полосы.

Следующим шагом стало определение желаемого уровня звука для каждой частотной полосы. Формула для определения желаемой характеристики эквалайзера может зависеть от конкретной задачи и требований к звучанию аудиосигнала. Например, для усиления или ослабления определенных частот можно использовать формулу 3:

$$G(f) = 10^{\frac{\pm dB(f)}{20}}, \quad (3)$$

где $G(f)$ – коэффициент усиления или ослабления для частоты f , $dB(f)$ – желаемое значение уровня звука в децибелах для частоты f .

Далее был рассчитан коэффициент усиления для каждой частотной полосы, используя распределение Фишера.

Вычисление коэффициентов усиления выполнялось следующим образом:

1 Были определены числительные степени свободы $df1$ и знаменательные степени свободы $df2$. Значения параметров могут быть выбраны экспериментально или определены на основе характеристик аудиосигнала. В рамках данного исследования значения параметров были приняты как $df1 = 10$ и $df2 = 1000$, поскольку они способны обеспечить широкий динамический диапазон при обработке аудиосигналов и хорошую точность.

2 Для каждой частотной полосы был рассчитан коэффициент F -распределения с использованием формулы распределения Фишера (4). Коэффициенты могут быть рассчитаны на основе отношения уровня звука в полосе к желаемому уровню звука.

$$F = \frac{(df1 * level)^2}{df2 * (desired_level - level)}, \quad (4)$$

где $df1$ – числительные степени свободы распределения Фишера, $df2$ – знаменательные степени свободы распределения Фишера, $level$ – рассчитанный уровень звука для данной частотной полосы, $desired_level$ – желаемый уровень звука для данной частотной полосы.

3 Далее был рассчитан коэффициент усиления для каждой частотной полосы исходя из полученного коэффициента F -распределения и заданного уровня усиления (см. формулу 5):

$$G_k = \frac{F_{df1,df2}(x_k)}{F_{df1,df2}(x_k) + gain - 1}, \quad (5)$$

где $F_{df1,df2}(x_k)$ – значение коэффициента F -распределения для частотной полосы k , $gain$ – заданный уровень усиления, x_k – уровень звука в полосе k .

После вычисления коэффициентов усиления, каждая частотная полоса была умножена на соответствующий коэффициент усиления. Затем все частотные полосы путем обратного преобразования Фурье были объединены в один аудиосигнал. Обратное преобразование Фурье применяется к каждой полосе, умноженной на ее соответствующий коэффициент усиления (см. формулу 6). Это приводит к получению временной области сигнала, который представляет собой сумму всех обработанных частотных полос.

$$x_n = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X_k e^{i2\pi kn/N}, n = 0, \dots, N - 1, \quad (6)$$

Полученный аудиосигнал возможно экспортировать в одном из аудиофайлов. В данном исследовании был выбран формат WAV.

В ходе исследования была программно реализована фильтрация аудиосигнала путём вышеописанного метода на языке C#. На рисунке 1 изображены спектры исходного и полученного сигналов.

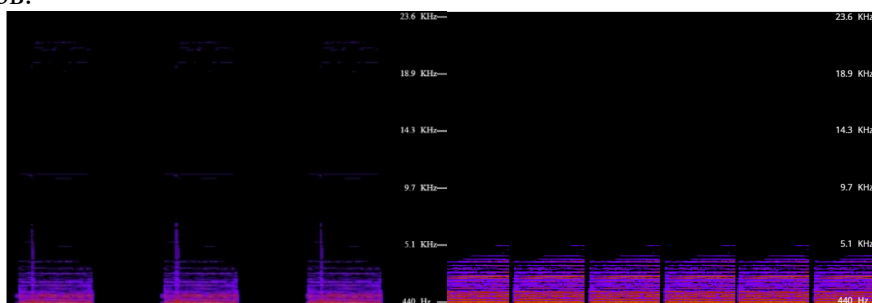


Рисунок 1 – Спектры исходного и отфильтрованного аудиосигналов

Исходя из изображений заметно, что спектр отфильтрованного имеет более плавный спад на частотах, которые были отфильтрованы, в отличие от более резкого спада на этих частотах в исходном сигнале.

Заключение. Исследуемый метод позволяет получить широкий динамический диапазон при обработке аудиосигналов и может быть полезным при работе с музыкальными композициями. В исследовании был использован подход, в котором аудиосигнал был разбит на частотные полосы и были рассчитаны коэффициенты усиления для каждой из них. Затем каждая полоса была умножена на соответствующий коэффициент и объединена в один аудиосигнал, благодаря чему была достигнута фильтрация аудиосигнала.

Список литературы

1. Loginom [Электронный ресурс]. : Распределение Фишера [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wiki.loginom.ru/articles/fishers-distribution.html>. – Дата доступа : 22.03.2023
2. Fundamentals of Digital Signal Processing / Hadi T. Ziboon. – Baghdad : University of Technology – С. 84 – 116. – Режим доступа: https://www.uotechnology.edu.iq/dep-eee/lectures/4th/Electronic/DSP/DSP_Lectures.pdf – Дата доступа : 22.03.2023.

UDC 004.932

INVESTIGATION OF AUDIO SIGNAL FILTERING BY EQUIPALIZATION BASED ON FISCHER DISTRIBUTION

Feoktistov D.G.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Rolich O.Ch. – PhD, associate professor, associate professor of the Department of ICSD

Annotation. Experimentally investigated the filtering of the audio signal through its equalization based on the Fisher distribution. The efficiency of this filtering method is analyzed by experimental verification of the filter operation on the basis of audio signals of various types.

Keywords: audio filtering, equalization, Fisher distribution.