



Выбор обоснован тем, что они являются надежными инструментами для создания приложений под ОС Windows и предоставляют широкий набор функций, значительно упрощающую их разработку.

Литература

1. Обязательства участников оптового рынка электроэнергии и мощности [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2011/04/05/electro-dok.html> (дата обращения: 20.03.2018).
2. Оптовый рынок электроэнергии и мощности [Электронный ресурс]. URL: <http://so-ups.ru/index.php?id=markets> (дата обращения: 20.03.2018).

В.А. Пономарев, Н.В. Пономарева

МЕТОД И АЛГОРИТМ ВЫДЕЛЕНИЯ МУЗЫКАЛЬНО-АКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА ИЗ ЕГО СМЕСИ СО СЛУЧАЙНЫМ ДИСКРЕТНЫМ ТЕЛЕГРАФНЫМ СИГНАЛОМ

(Ижевский государственный технический университет им. М. Т. Калашникова)

Компьютерная *спектральная* обработка сигналов является одним из главных направлений компьютерной (цифровой) обработки сигналов - (ЦОС) (*Digital Signal Processing – DSP*) и играет важнейшую роль в информационных (компьютерных) технологиях (ИТ), в том числе в компьютерных музыкальных технологиях (*Music Technology – MT*), научные аспекты которых прорабатываются в музыкальной акустике. Музыкальная акустика в настоящее время активно развивается, научные коллективы в России и за рубежом ведут интенсивные исследования [1, 2], выходит значительное количество статей и книг по вопросам создания, передачи, воспроизведения и восприятия музыкальных звуков, в том числе по вопросам компьютерной обработки оцифрованных музыкально-акустических сигналов – МАС.

На практике при передаче информационных сигналов различной природы по соседним каналам связи значительную негативную роль играют *взаимные (межканальные) помехи*, которые существенно искажают передаваемую информацию, особенно в случае передачи речи и музыкальных произведений. Существуют методы и алгоритмы эффективного выделения информационных сигналов на фоне помехи в спектральной области [3-15]. В данной работе в качестве альтернативы рассматриваются метод и алгоритм выделения музыкально-акустического сигнала из его смеси со случайным дискретным телеграфным сигналом во временной области.

Постановка задачи. Заданы следующие два музыкально-акустических сигнала: МАС № 1 – *Vokal Noise.wav* – 2-х канальная запись вокала плюс помеха и МАС № 2 – *Vocal.wav* – 2-х канальная запись вокала. Параметры файлов: частота квантования сигналов – 44100 Гц; число разрядов АЦП – 16; число временных отсчетов сигнала – 2646001; время звучания – 60 секунд. Необхо-



димо определить характер помехи, с помощью разработанного метода и алгоритма выделить из МАС № 1 вокал и путем сравнения с МАС № 2 определить их эффективность.

На рисунках 1 приведены графики записей МАС № 1 и МАС № 2, а на рисунке 2 графики записей МАС № 1 в паузе вокала. Из анализа рисунков 1 и 2 непосредственно следует вывод о том, что помеха в файле МАС является *случайным телеграфным сигналом*. Напомним, что **случайный телеграфный сигнал** это такой сигнал $\xi(n)$, реализации которого представляет собой «прямоугольную волну», т.е. сигнал принимает только два значения $+h$ и $-h$, а моменты перемены знака случайны. В нашем случае $h \approx 0.05$.

В работе доказана теорема, позволяющая утверждать о возможности однозначного восстановления $s(n)$ из смеси $x(n)$.

Теорема. Если действительная последовательность $x(n)$ представляет собой сумму некоторой действительной последовательности $s(n)$ и случайной величины $\xi(n)$, принимающей значения h и $-h$:

$$x(n) = s(n) + \xi(n),$$

где $n = \overline{0, N}$, N - любое натуральное число;

$s(n) \in R$ – произвольная действительная последовательность;

$\xi(n)$ – случайная величина со значениями h и $-h$, $h \in R_+$.

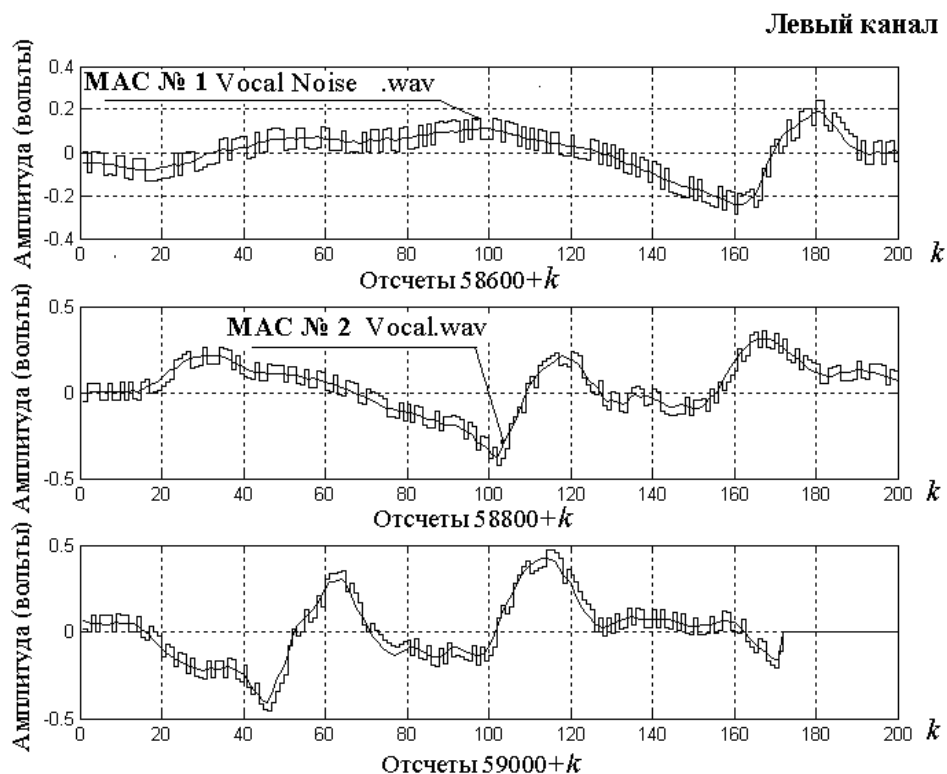


Рисунок 1– График звукового сигналов МАС № 1 и МАС № 2, левые каналы, отсчеты с 58600 по 59200

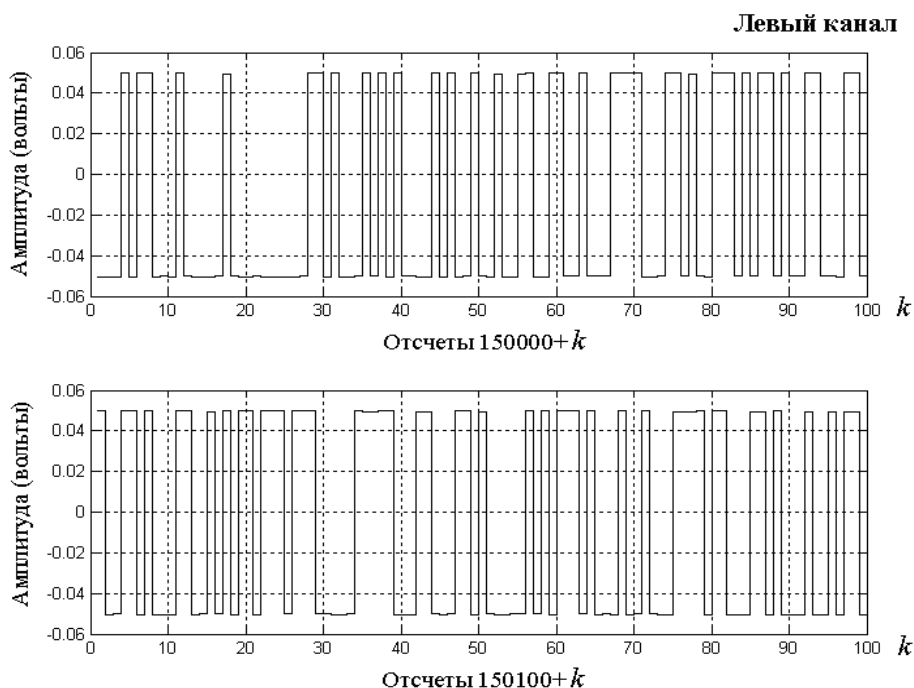


Рисунок 2 – График звукового сигнала МАС № 1 в паузе вокала, левый канал, отсчеты с 150000 по 150199

Тогда, если выполняются следующие условия: известно \overline{h} , величина $\zeta(n)$ хотя бы один раз меняет знак, $|s(n+1) - s(n)| < h \quad \forall n = \overline{0, N-1}$, то последовательность $s(n)$ может быть однозначно восстановлена по значениям последовательности $x(n)$. Таким образом, в математическом смысле возможность восстановления последовательности $x(n)$ оказывается полностью доказанной. Отметим, что предположение о *хотя бы одной смене знака* $\zeta(n)$ мы вводим по условию теоремы, т.к. в математическом смысле случайная величина может ни разу не сменить знак, какое бы количество членов ни было. И в этом случае нельзя будет сказать, отличается исходная последовательность от известной на величину h или $-h$. Но в контексте решаемой практической задачи отсутствие хотя бы одной перемены знака означает отсутствие шума в сигнале и, значит, задача его вычищения просто не возникает.

Заключение. В работе доказана принципиальная возможность восстановления музыкально-акустических сигналов из их смеси со случайным дискретным телеграфным сигналом. Разработан алгоритм выделения музыкальных сигналов из их смеси со случайным дискретным телеграфным сигналом. Экспериментальная проверка предложенного алгоритма подтвердила его эффективность.

Литература

1. Алдошина И.А. Музыкальная акустика: учебник / И.А.Алдошина, Р.Притс.– СПб: Композитор – Санкт-Петербург, 2006. – 720 с.
2. Алдошина И.А. Основы психоакустики. Подборка статей с сайта <http://www.625-net.ru>. Ч.1-17. 154 с.– Режим доступа: <http://www.twirpx.com/file/141630/>.



3. Пономарева О.В., Пономарев А.В. Восстановление значений непрерывных частотных спектров дискретных сигналов методом параметрического дискретного преобразования Фурье// Вестник Ижевского Государственного Технического Университета. 2015.- №3.(67). -С. 88-91.
4. Пономарев В.А., Пономарева О.В. Пономарев А.В. Метод эффективного измерения скользящего параметрического спектра Фурье// Автометрия. 2014. Т.50.-№2.-С.31-38.
5. Пономарев В.А., Пономарева О.В., Пономарев А.В., Пономарева Н.В. Обобщение алгоритмов Герцеля и скользящего параметрического дискретного преобразования Фурье // Цифровая обработка сигналов. 2014. -№ 1. -С. 3-11.
6. Пономарева О.В., Алексеев В.А., Пономарев А.В. Цифровой периодограммный анализ и проблемы его практического применения // Вестник Ижевского Государственного Технического Университета. 2013.- №2.(58). -С. 130-133.
7. Пономарева О.В. Быстрое параметрическое дискретное преобразование Фурье действительных последовательностей// Цифровая обработка сигналов. 2012.-№ 2.- С.2-5.
8. Пономарева О.В., Алексеев В.А., Пономарев А.В. Быстрый алгоритм измерения спектра действительных сигналов методом апериодического дискретного преобразования Фурье // Вестник Ижевского Государственного Технического Университета имени М.Т.Калашникова. 2014.- №2.(62). -С. 106-109.
9. Пономарева О.В. Измерение спектров комплексных сигналов на конечных интервалах методом апериодического дискретного преобразования Фурье// Интеллектуальные системы в производстве. 2014.- №1 (23).- С. 100-107.
10. Пономарева О.В., Пономарев А.В., Пономарева Н.В. Метод быстрого вычисления дискретного преобразования Фурье действительных последовательностей// Цифровая обработка сигналов. 2013. -№ 2. -С. 10-15.
11. Пономарева О.В., Пономарева Н.В. Модификация фильтра на основе частотной выборки для решения задач цифровой обработки случайных процессов со скрытыми периодичностями //Интеллектуальные системы в производстве. 2012.- №2 (20). -С. 122-129.
12. Пономарева О.В. Вероятностные свойства спектральных оценок, полученных методом параметрического дискретного преобразования Фурье //Интеллектуальные системы в производстве. 2010. -№2 (16).- С.36-41.
13. Алексеев В.А., Пономарев В.А., Пономарева О.В. Методология определения погрешностей измерения вероятностных характеристик случайных процессов, реализуемых процессорными измерительными средствами //Интеллектуальные системы в производстве. 2010.- №2 (16). -С. 91-99.
14. Пономарев В.А., Пономарева О.В. Модификация дискретного преобразования Фурье для решения задач интерполяции и свертки функций // Радиотехника и электроника. 1984.- Т.29.- №8.-С. 1561-1570.
15. Пономарев В.А., Пономарева О.В. Временные окна при оценке энергетических спектров методом параметрического дискретного преобразования Фурье // Автометрия. 1983.-№4.-С.39-45.