

# СИСТЕМИ ТА МЕТОДИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

УДК 621.3

**О.В. Рыбальский,**

д.т.н., проф. (ГНИИ МВД Украины),

**В.И. Соловьев,**

к.т.н., доц. (Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля),

**В.В. Журавель,** к.т.н. ( ГНИЭКЦ МВД Украины)

## МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИИ ТОЧЕК МОНТАЖА В ФОНОГРАММАХ

*Рассмотрены некоторые направления создания систем для выявления и локализации мест монтажа в цифровых и аналоговых фонограммах, предназначенных для проведения экспертизы материалов звукозаписи. Предложен метод построения таких систем, основанный на выделении из фонограмм сигналов пауз и проверки однородности их статистических характеристик. Показано, что метод требует экспериментальной проверки.*

**Ключевые слова:** дисперсионный анализ, звукозапись, математическое ожидание, однородность, спектральная плотность, экспертиза.

*Розглянуті деякі напрями створення систем для виявлення та локалізації місць монтажу в цифрових й аналогових фонограмах, призначених для проведення експертизи матеріалів звукозапису. Запропоновано метод побудови таких систем, заснований на виділенні з фонограм сигналів пауз і перевірки однорідності їх статистичних характеристик. Показано, що метод вимагає експериментальної перевірки.*

**Ключові слова:** дисперсійний аналіз, звукозапис, математичне сподівання, однорідність, спектральна густина, експертиза.

*Some directions of creation of the systems are considered for an exposure and localization of places of editing in the digital and analog phonograms intended for examining materials of the audio recording. The method of construction of such systems, based on a selection from the phonograms of signals of pauses and verification of homogeneity of their statistical descriptions, is offered. It is shown that a method requires experimental verification.*

**Keywords:** analysis of variance, audio recording, expected value, homogeneity, spectral closeness, examination.

### Вступление

Для обеспечения всего объема экспертных исследований материалов и аппаратуры аналоговой и цифровой звукозаписи необходимо разработать комплекс инструментальных средств экспертизы (ИСЭ), необходимых для ее проведения. Решение этой проблемы требует создания ИСЭ, обеспечивающих решение отдельных экспертных задач, а именно:

– задачу идентификация аппаратуры цифровой звукозаписи (АЦЗЗ) и аналоговой аппаратуры магнитной записи (ААМЗ), что, в свою очередь, обеспечивает определение оригинальности цифровых и аналоговых фонограмм (ЦФ и АФ соответственно);

– задачу установления факта отсутствия или наличия следов монтажа в ЦФ и АФ, и, в случае обнаружения таких следов, установления мест монтажа в исследуемых фонограммах;

– задачу идентификации личности по физическим параметрам сигналов ее речи.

Разработанный нами фрактальный подход к созданию системы ИСЭ материалов и аппаратуры звукозаписи обеспечил создание экспертной методики и программного средства “Фрактал”, что обеспечило идентификацию АЦЗЗ и ААМЗ и определение оригинальности АФ и ЦФ соответственно [1].

Теоретическое обоснование такого подхода изложено нами в ряде работ, в частности, в работах, включенных в сборник [2].

Создание на основе этого подхода ИСЭ, предназначенных для решения оставшихся задач, потребовало дальнейшего развития теоретических и экспериментальных исследований.

В этой статье мы рассматриваем аспекты разработки ИСЭ, предназначенных для выявления наличия и установления мест следов монтажа в ЦФ. Известно, что компьютерный монтаж может быть произведен двумя основными способами. Один из них – компиляция требуемого содержания из ЦФ, записанных на разной АЦЗЗ. Второй способ – компиляция требуемого содержания из ЦФ, записанных на одной АЦЗЗ. Выявление монтажа, выполненного вторым способом (например, методом вырезания и перестановки фрагментов) наиболее сложно из-за одинаковости характеристик АЦЗЗ, на которой записывались монтируемые фонограммы [3]. Отметим, что случай синтеза речи для получения требуемой ЦФ в этой статье не рассматривается.

Ранее нами теоретически и экспериментально было установлено, что проведение компьютерного монтажа, выполненного методом вырезания и перестановки фрагментов, обязательно приводит к изменению спектрального состава монтируемых участков. При этом сами фрагменты вырезаются и вставляются в паузах между речевыми сигналами [3; 4]. Вместе с тем, устойчивых идентификационных признаков, обеспечивающих создание автоматизированных систем выявления следов и мест такого монтажа в фонограммах, до настоящего времени найдено не было [4]. Это поясняется случайным характером изменений спектрального состава сигналов, возникающих при таком монтаже. Следствием этого является невозможность сопоставления образца с исследуемой фонограммой и, следовательно, применение методов, основанных на сравнении исследуемой и образцовой фонограмм. Поэтому следует рассмотреть другие возможности выявления устойчивых идентификационных признаков следов монтажа, что и является целью этой статьи.

### Основная часть

Предположим, что монтаж производится в звуковом редакторе способом вырезания и перестановки фрагментов. При этом вырезанный фрагмент может быть вставлен в требуемое место фонограммы. Разумеется, что вырезается и

вставляется фрагмент, начинающийся и заканчивающийся паузой в речевом сигнале. Естественно, что исполнитель монтажа воспользуется редактором для устранения нестыковок между “сшиваемыми” фрагментами сигналов при их представлении во временной области. Этим будут устранены скачки в амплитудах стыкуемых сигналов шума в паузах. Точность устранения таких нестыковок определяется периодом дискретизации. Но будут ли устранены скачки в фазовых характеристиках сигналов в месте стыковки фрагментов при вырезке и вставке фрагментов, т.е. в точках монтажа? Если такие скачки будут наблюдаться, то они вполне могут быть приняты в качестве идентификационных признаков следов монтажа с определением мест вырезания и вставки фрагментов. Ответ на этот вопрос мог быть получен экспериментально на модели монтажа на гармонических сигналах. Для этого была разработана программа, формирующая маркерные импульсы при переходе сигнала через нуль. Результат проведенного эксперимента показал наличие маркерных импульсов, совпадающих с переходом сигнала через нуль во временной области (см. рис. 1). Однако в точке состыковки сигнала (разрыва фазы) такой импульс в фазовой плоскости отсутствует.

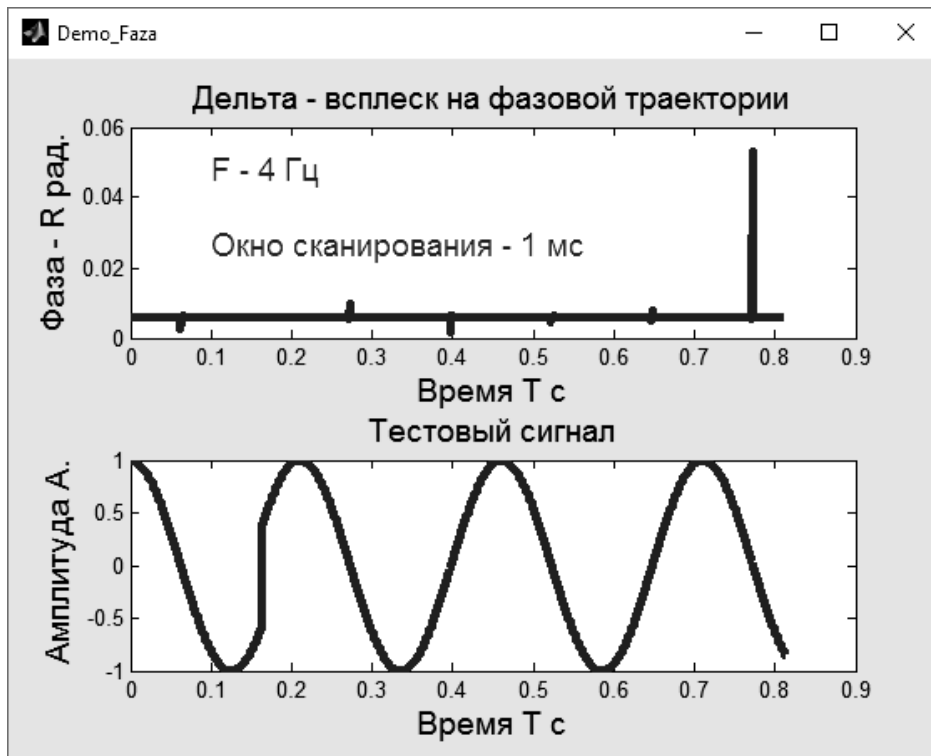


Рис. 1. Маркерные импульсы на фазовой плоскости при переходе гармонического сигнала через нуль

Но можно ли использовать это явление для создания требуемой программы? Из рассмотрения этого явления на реальных звуковых сигналах (см. рис. 2) можно предположить, что ее создание вызовет ряд сложностей, обусловленных случайным характером этого сигнала.

Мы полагаем, что перспективнее строить систему выявления точек монтажа, основанную на изменениях спектра сигналов в паузах, возникающих при монтаже методом вырезания и вставки фрагмента. Такая система может быть построена

на принципе проверки однородности спектра сигналов пауз, выделяемых из исследуемой фонограммы. При этом нарушения однородности могут быть вычислены по различиям статистических характеристик сигналов пауз, например, по различиям статистических характеристик, получаемых из спектральных плотностей сигналов пауз.

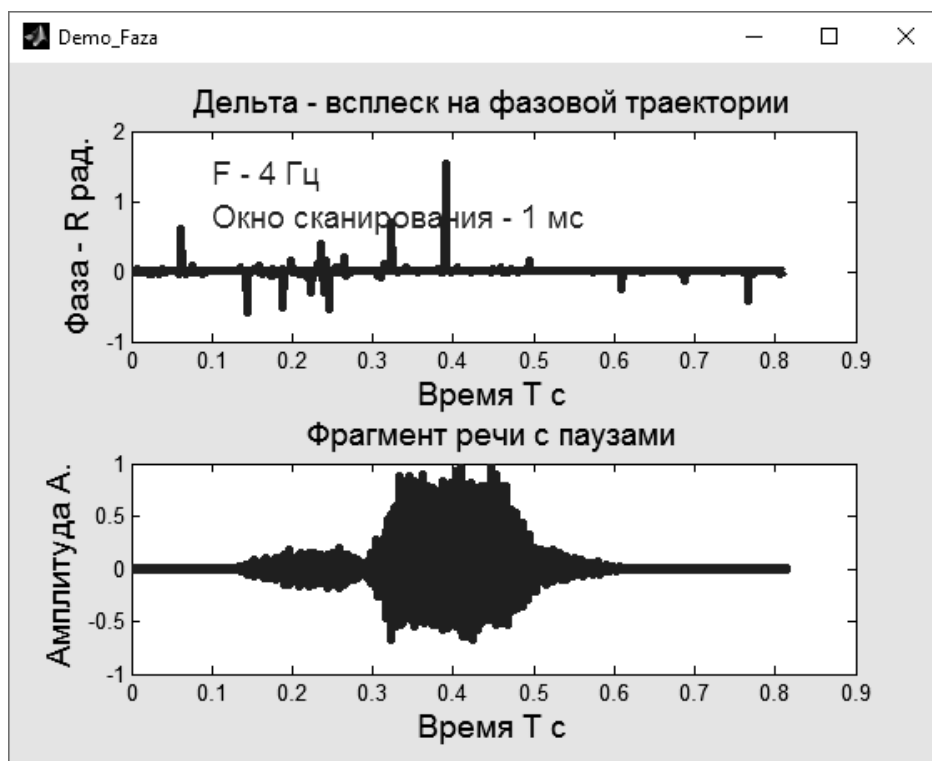


Рис. 2. Речевой сигнал и импульсы нуль-пересечения

При построении системы мы предлагаем использовать следующий алгоритм:

1. По длительности фонограммы производится ее сегментация на участки речевого сигнала и пауз. Для этого может использоваться алгоритм на основе меры Хаусдорфа, предложенный нами в работе [5; 6];

2. Для каждой паузы рассчитывается оценочное значение нормированной спектральной плотности для случайного процесса шума паузы;

3. Для каждого из полученных значений нормированной спектральной плотности рассчитываются характеристики, определяющие ее параметры, например, математическое ожидание и дисперсия. Такой подход корректен, поскольку нормированная спектральная плотность в частотной области является аналогом плотности вероятности случайного процесса во временной области [7]. Рассчитанные характеристики сигналов пауз являются совокупностью случайных величин, поскольку они получены из оценочных значений спектральной плотности для каждой паузы;

4. Проверяется однородность полученных характеристик по всей длительности фонограммы, например, методом дисперсионного анализа. Определяются паузы с характеристиками, отклоняющимися от общего ряда параметров, соответствующих принадлежности к одной совокупности случайных величин. Эти отклонения рассматриваются как точки монтажа.

Применение расчета нормированных спектральных плотностей для сигналов, выделяемых из каждой паузы, обусловлено тем, что, как было установлено экспериментально, в случае монтажа происходит расширение полосы спектра этих сигналов [4]. А это, в свою очередь, приводит к изменению характеристик случайных процессов, составляющих шум пауз.

Следует отметить, что предложенный метод не требует проведения сравнительных исследований с образцовыми фонограммами, записанными на аппаратуре, представленной на экспертизу. Это открывает широкие возможности экспертного выявления цифровых подделок фонограмм.

Разумеется, что для проверки предложенного метода необходимо создать специализированное программное обеспечение, позволяющее произвести его экспериментальную проверку и определить достоверность полученных результатов.

Такая проверка позволит установить пригодность для проведения экспертизы как ЦФ, так и АФ, и технические характеристики системы, например, величину ошибок I и II рода, поскольку полученные решения будут носить вероятностный характер. Кроме того, такое программное обеспечение позволит отработать методику проведения экспертизы.

#### **Выводы**

1. Предложен метод построения системы выявления и локализации мест цифрового монтажа в фонограммах.

2. Для экспериментальной проверки метода необходимо создать специализированное программное обеспечение, позволяющее определить его пригодность для проведения экспертизы материалов аналоговой и цифровой звукозаписи и отработать методику проведения такой экспертизы.

#### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Рыбальский О.В., Соловьев В.И., Журавель В.В. Методология построения системы экспертной проверки цифровых фонограмм и идентификации аппаратуры цифровой звукозаписи с применением программы "Фрактал". Информатика та математичні методи в моделюванні. 2016. Т. 6. № 2. 105–115.

2. Рыбальский О.В., Соловьев В.И., Журавель В.В. Новые инструментальные средства экспертизы аутентичности фонограмм. Сборник статей. LAP Lambert, Academic Publishing. Saarbrücken, Deutschland. 2017. 68 s.

3. Рыбальский О.В., В.И. Соловьев, В.В. Журавель. Следы монтажа в цифровых фонограммах, выполненного способом вырезания и перестановки фрагментов. Реєстрація, зберігання і обробка даних. 2016. Т. 18. № 1. С. 32–41.

4. Рыбальский О.В., Соловьев В.И., Журавель В.В. Экспериментальная проверка эффекта изменения фрактального состава сигналов при монтаже фонограммы способом вырезания и перестановки фрагментов. Сучасна спеціальна техніка. 2016. № 3. С. 75–85.

5. Соловьев В.И. Идентификация аппаратуры аудиозаписи по статистическим характеристикам аудиофайлов. Реєстрація, зберігання і обробка даних. Т. 14, 2013. № 1. С. 59–70.

6. Рыбальский О.В., Журавель В.В., Соловьев В.И., Тимошенко Л.Н. Статистическая обработка самоподобных структур, выделенных из шумов фонограмм, при определении идентичности аппаратуры цифровой звукозаписи. Электротехнические и компьютерные системы. 2016. № 22 (98). С. 413–417.

7. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. М.: Радио и связь, 1982. 624 с.

Отримано 18.09.2017

Рецензент Хорошко В.О., д.т.н., проф.