

## СПЕКТРАЛЬНО-ФРАКТАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ВЫЯВЛЕНИЮ ТОЧЕК ЦИФРОВОГО МОНТАЖА В ФОНОГРАММАХ

Д. т. н. О. В. Рыбальский<sup>1</sup>, к. т. н. В. И. Соловьёв<sup>2</sup>, к. т. н. В. В. Журавель<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Национальная академия внутренних дел, г. Киев; <sup>2</sup>Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля, г. Северодонецк; <sup>3</sup>Киевский научно-исследовательский экспертно-криминалистический центр МВД Украины  
Украина

rov\_1946@ukr.net; mettilyd@gmail.com; fonoscopia@ukr.net

*Рассмотрены результаты разработки системы выявления точек цифрового монтажа в фонограммах, предназначенной для проведения экспертизы материалов звукозаписи. Показано, что для разработки такой системы потребовался новый методологический подход, объединивший в себе рассмотрение сигналов шумов в паузах с фрактальной и спектральной точек зрения.*

*Ключевые слова: монтаж, фонограмма, цифровая обработка, звукозапись, экспертиза.*

Отсутствие надежных систем выявления цифрового монтажа фонограмм, предоставляемых на экспертизу, в суд или широкой общественности в качестве “неоспоримых доказательств”, представляет особую опасность для правосудия и государства в целом. Поэтому создание таких систем является актуальным.

В ряде предыдущих работ, например [1, 2], нами было теоретически и экспериментально показано, что при проведении цифрового монтажа фонограмм методом вырезания и перестановки фрагментов происходит изменение спектрального и фрактального состава монтируемых сигналов. Вместе с тем в этих работах было показано, что эти изменения составляют десятые доли процента. Поэтому создание системы выявления такого монтажа требует разработки нового методологического подхода, способного обеспечить разрешающую способность, превышающую возможности существующих систем.

В данной работе показаны некоторые дополнительные возможности, возникающие при применении спектрально-фрактального подхода к построению системы выявления точек цифрового монтажа в фонограммах.

В процессе исследований, предшествующих созданию первой версии программной реализации, были выявлены новые закономерности. Во-первых, было установлено, что спектр как обработанного, так и необработанного сигнала имеет фрактальную структуру, и поэтому был принят спектрально-фрактальный подход к построению системы. При этом установлено, что фракталы, возникающие в спектре обработанного сигнала, отличаются от фракталов, содержащихся в спектре необработанного сигнала, а места изменения фрактального состава спектра сигналов в фонограмме являются точками ее монтажа. Во-вторых, было установлено, что после окончания произнесения звука (как и перед его произнесением) в паузах речи образуются особые участки, обусловленные остаточной турбулентностью воздуха (“хвосты”), параметры которых коррелируют с конкретным звуком. При этом фрактальная мера Хаусдорфа, по которой производится автоматическая сегментация фонограммы, для таких участков соответствует паузе.

Поскольку монтаж производится в паузах, то при его исполнении, как правило, происходят нарушения фрактального состава спектра “хвостов”, что значительно повышает вероятность обнаружения точек монтажа и, таким образом, эффективность системы.

В результате проведенных исследований была разработана первая версия нового программного продукта, обеспечившего решение поставленных задач. Для его проверки на разных типах аппаратуры записи были проведены записи фонограмм и в звуковых редакторах сделаны фальсификаты способом вырезания и перестановки фрагментов. Затем были проведены эксперименты с этими фальсификатами. Их результаты иллюстрируются рис. 1, 2.

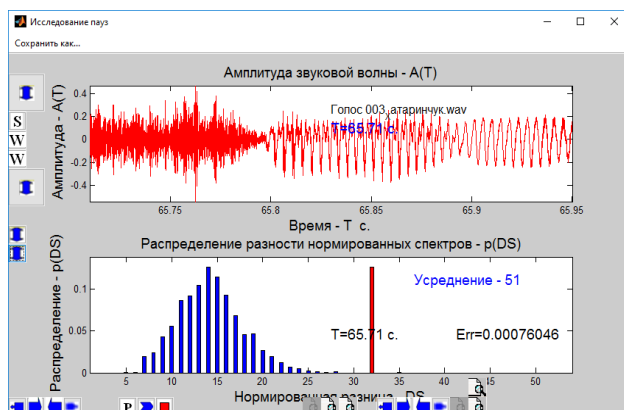


Рис. 1. Сигнал паузы со вставкой фрагмента



Рис. 2. Сигнал паузы без обработки сигналов

Из рисунков видно, что в обработанной паузе значение вероятности ошибки составляет 0,000746, а для паузы без обработки — 0,911. Такое представление результатов выявления пауз с монтажом определяется выбранными методами и критериями статистической обработки. Результаты экспериментальной проверки свидетельствуют, что система способна выявлять обработанные паузы в фонограммах, т. е. точки монтажа. Однако при ее внедрении в экспертную практику потребуются уточнить ее эффективность (ожидаемая вероятность ошибки I и II рода для фонограмм длительностью до 20 с составляет примерно 0,07).

Таким образом, применение спектрально-фрактального подхода к построению системы выявления точек цифрового монтажа в фонограммах позволило найти ряд закономерностей, что обеспечило реализацию первой программной версии такой системы. Система способна в автоматическом режиме выявлять точки монтажа, выполненного способом вырезания и перестановки фрагментов. Результирующее решение о наличии или отсутствии следов монтажа носит вероятностный характер. Ожидаемая при испытаниях вероятность ошибки I и II рода для фонограмм длительностью до 20 с составляет примерно 0,07 и падает с возрастанием длительности фонограммы.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

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

2. 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.

O.V. Rybalsky, V.I. Solovyov, V. V. Zhuravel

#### Spectral-fractal approach to the identification of points of digital editing in phonograms

*The paper presents the results of the development of a system for identifying digital editing points in phonograms designed for examination of sound recordings. It is shown that the development of such a system required a new methodological approach that combined the consideration of noise signals in pauses from the fractal and spectral points of view.*

*Keywords: editing, phonogram, digital treatment, audio recording, examination.*