

МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ЭКСПЕРТНОЙ ПРОВЕРКИ ЦИФРОВЫХ ФОНОГРАММ И ИДЕНТИФИКАЦИИ АППАРАТУРЫ ЦИФРОВОЙ ЗВУКОЗАПИСИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММЫ «ФРАКТАЛ»

О.В. Рыбальский, В.И. Соловьев, В.В. Журавель

Национальная академия внутренних дел,
пл. Соломянская, 1, Киев, 03056, Украина; e-mail: rybalsky_ol@mail.ru

Рассмотрена методология построения экспертного инструментария, предназначенного для проверки целостности информации, содержащейся в цифровых фонограммах. Показано, что методология разработки инструментария для экспертной проверки целостности информации, содержащейся в цифровых фонограммах, качественно отличается от применявшейся методологии разработки инструментария, предназначавшегося для проверки целостности информации, содержащейся в аналоговых фонограммах. Показано, что «классический» трассологический подход, использовавшийся при создании инструментария для проверки аналоговых фонограмм, не удовлетворяет требованиям экспертизы; для проверки цифровой информации требуется применение новых технологий, основанных на фрактальном подходе к информации, содержащейся в цифровых фонограммах. Показано, что предложенная методология создания инструментария для проверки целостности информации, содержащейся в цифровых фонограммах, и идентификации аппаратуры цифровой звукозаписи, обеспечила разработку программы «Фрактал» и методики ее применения при проведении экспертиз материалов и средств цифровой звукозаписи.

Ключевые слова: аппаратура цифровой звукозаписи, методика проведения экспертизы, методология, мультифрактальные структуры, цифровые фонограммы, фрактальные технологии, экспертиза

Введение

Развитие цифровой техники записи звука настоятельно потребовало создания нового инструментария, обеспечивающего надежность проверки целостности информации, зафиксированной в цифровых фонограммах (ЦФ) и идентификации аппаратуры цифровой звукозаписи (АЦЗЗ).

Такая проверка проводится специализированными экспертными подразделениями, входящими в системы МВД и СБ Украины и институтами судебной экспертизы Министерства юстиции Украины и называется технической экспертизой материалов и средств видеозвукозаписи. С криминалистической точки зрения проверка целостности информации в ЦФ относится к диагностическим исследованиям фонограмм, а идентификация АЦЗЗ – к идентификационным исследованиям аппаратуры записи.

Построение системы проверки целостности информации в ЦФ и идентификации АЦЗЗ подразумевает создание инструментария, содержащего два взаимосвязанных блока: специализированного программного продукта и методики проведения

экспертизы. Успешность, как и сама возможность, их создания определяется правильностью выбора методологического подхода к решению этой задачи. Для ее решения была разработана программа «Фрактал» и методика ее применения при экспертизе ЦФ и АЦЗЗ [1]. Создание программы и методики потребовали применения новой методологии, ранее нигде не рассматриваемой. Ее основа – глубокая теоретическая проработка тонких процессов, происходящих при записи и обработке звуковой информации в цифровой форме, с условием представления этой информации в свете фрактального подхода.

Цель статьи – раскрытие основных аспектов методологии, использованной при создании программы «Фрактал» и методики проведения экспертизы с ее использованием.

Основная часть

В основе методик проведения технической экспертизы материалов и средств видеозвукозаписи всегда лежал принцип сравнительных исследований образцовых и спорных фонограмм. И это вполне естественно, поскольку фонограмма является тем идентифицирующим объектом, в котором отображаются индивидуальные особенности аппаратуры записи, вне зависимости от ее вида или типа [2]. На этом же общем принципе основана методика проверки целостности информации, содержащейся в ЦФ, и идентификации АЦЗЗ. Однако в методологии построения инструментария для проверки материалов и средств цифровой звукозаписи, имеются существенные отличия от «классической» криминалистической методологии, основанной на трассологии, принятой для материалов и средств аналоговой звукозаписи. Это обусловлено особенностями цифровой записи звука. К таким особенностям следует, например, отнести очень малый уровень сигналов паразитных параметров АЦЗЗ, фиксируемых в ЦФ. Эти особенности потребовали разработки новой теоретической базы, основанной на структурном анализе АЦЗЗ и процессов, происходящих при цифровой записи, воспроизведении и обработке ЦФ [2; 3]. Были установлены идентификационные признаки и определены требования к их выделению из ЦФ и последующей обработке. При этом был установлен фрактальный характер сигналов идентификационных признаков и, как следствие этого, была выбрана концепция использования фрактальности собственных шумов АЦЗЗ, зафиксированных в ЦФ, для построения необходимого инструментария для проведения экспертизы [4]. В результате изменилась методология как построения программы для проверки целостности ЦФ и идентификации АЦЗЗ, так и построения методики проведения исследований с использованием такой программы.

Рассматривая строение программы «Фрактал» с методологической точки зрения, следует отметить, что она является совокупностью фрактальных технологий, учитывающих свойства исследуемых сигналов. Действительно, сегментация информации в ЦФ производится программой на измерении фрактальной меры Хаусдорфа и основана на различии этой меры для сигналов речи и сигналов пауз [5; 6]. Заслуживает особого внимания тот факт, что фрактальная мера сигналов пауз меньше фрактальной меры речевых сигналов, что свидетельствует о значительно большей степени самоупорядоченности сигналов шумов АЦЗЗ, чем сигналов речи.

Сигнал после обработки, например, методом вырезания и перестановки фрагментов изменяет свой фрактальный состав, что также свидетельствует об изменениях в самоупорядоченности сигналов шумов [7; 8].

Выделение самоподобных структур производится с использованием вейвлета Морле, что является наилучшим способом решения для поставленной задачи [9; 10]. При этом следует отметить, что применение фрактальных технологий всегда

подразумевает нахождение наилучшей аппроксимации самоподобных структур под решение конкретной задачи.

Таким образом, использование фрактальных свойств исследуемых сигналов привело к применению комплекса новых технологий при построении программы «Фрактал».

Появились и новые методологические требования к построению программы «Фрактал» при разработке методики ее применения. Вследствие этого была поставлена и решена задача автоматического расчета величины фрактальных масштабов (меры близости фрактальных характеристик) при сравнении двух ЦФ [11; 12]. При отработке методики и программы была установлена, во-первых, зависимость результата исследований от величины фрактального масштаба самоподобных структур, что обусловлено наличием отдельной области этих масштабов в распределении меры близости самоподобных структур двух ЦФ, при которых проявляются индивидуальные особенности АЦЗЗ (см. рис. 1 и рис. 2); во-вторых, выявлена необходимость при проведении проверки ЦФ установления области фрактальных размеров, соответствующей той области их распределения, где проявляются индивидуальные особенности каждой конкретной АЦЗЗ, на которой были записаны исследуемые ЦФ. И, в-третьих, установления такого значения фрактального размера в установленной области, при котором ошибка I рода имеет наименьшее значение.

Понимание необходимости учета этих особенностей появилась в процессе отработки версий программы, поскольку при использовании ее первых версий эксперт был вынужден устанавливать эту область в ручном режиме, что, во-первых, требовало значительной квалификации и, во-вторых, огромных трудозатрат. При этом правильность принятия экспертного решения носила субъективный характер и могла вызывать обоснованные сомнения.

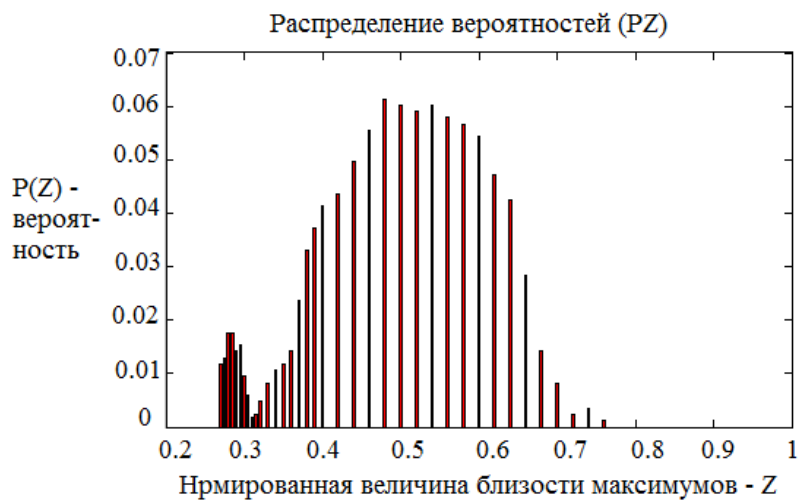


Рис. 1. Плотность вероятности меры близости Z для записи двух ЦФ на одной АЦЗЗ

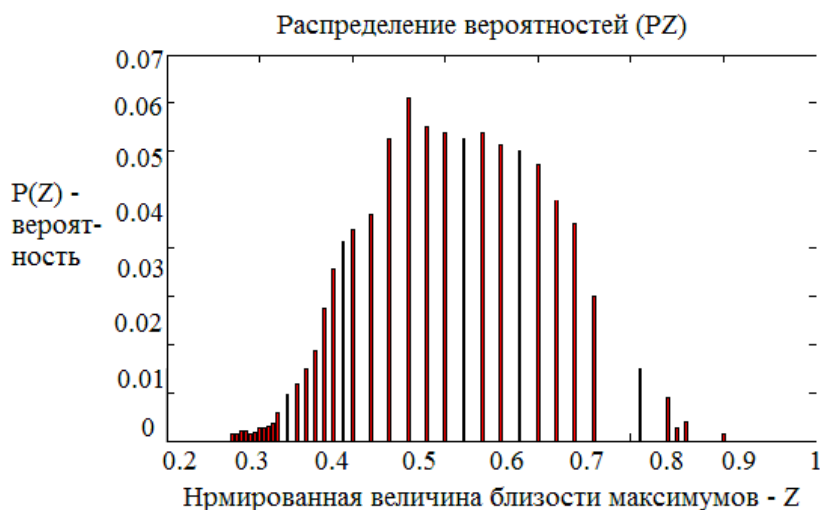


Рис. 2. Плотность вероятности меры близости Z для записи двух ЦФ, на разной АЦЗЗ

На рис. 1 и рис. 2 приведены плотности вероятности меры близости $P(Z)$ для двух ЦФ, записанных на одной и различной АЦЗЗ. Фонограммы в каждой паре ЦФ записывались при различных условиях звуковой среды.

Многочисленные экспериментальные исследования статистических характеристик пауз различных ЦФ при записи в различных условиях звуковой среды показали устойчивую особенность плотности вероятности $P(Z)$ величины меры близости Z [13].

Мера близости Z является множеством минимальных расстояний для каждого из локальных максимумов, выделенных из пауз одной из ЦФ по отношению к ближайшему локальному максимуму, выделенному из пауз второй ЦФ [13]. Выделение этих структур иллюстрируется скейлограммой, приведенной на рис. 3 [10].

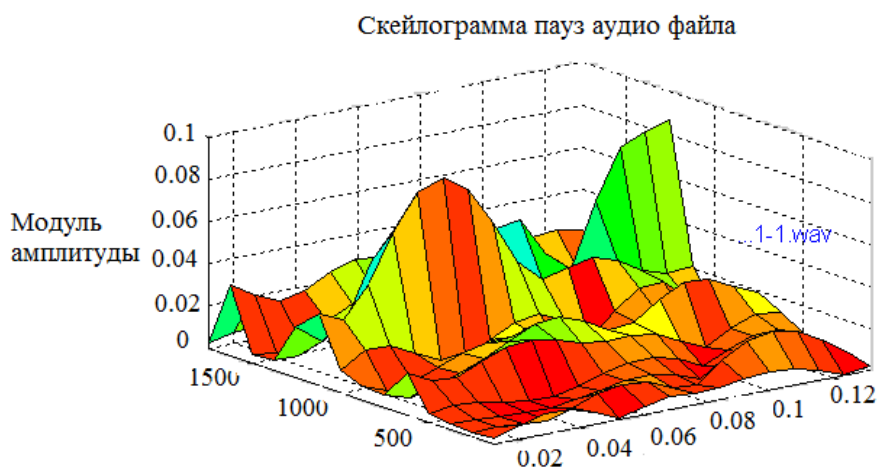


Рис. 3. Скейлограмма пауз ЦФ

Решение задачи автоматического расчета фрактальных масштабов во всей области их применения полностью изменило методологический подход к экспертизе и позволило осмыслить и уточнить построение методики проведения диагностических исследований ЦФ и идентификационных исследований АЦЗЗ. Стало ясно, что при сравнении двух ЦФ всегда будут существовать две области фрактальных масштабов: область близких параметров (совпадения) двух ЦФ и область различия параметров двух ЦФ. Между ними существует четкая граница. Это поясняется тем, что как в случае близости параметров, так и в случае их различия обязательно существует область

фрактальних масштабів, где проявляються індивідуальні параметри апаратури [10; 13]. І саме в цій області лежить правильне рішення. Но як при цьому визначити, в якій області – близькості або різниці параметрів лежить область масштабів, в якій проявляється індивідуальність АЦЗЗ? Розв'язання цієї подвійної ситуації лежить в методикі проведення діагностических досліджень ЦФ.

Методика їх проведення заснована на записі декількох (не менше трьох) зразкових фонограм на апаратурі, представленої на експертизу. Запис зразків проводиться експертом і, оскільки очевидно, що ці записи зроблені на одній АЦЗЗ, то фрактальні масштаби, при яких проявляються індивідуальні характеристики АЦЗЗ, лежать в області близьких параметрів (характеристик). Тому спочатку проводяться порівняльні дослідження зразкових фонограм, при яких вони порівнюються між собою. При цьому визначаються значення крайніх лівих точок межі розділу між областями близьких і різних характеристик при порівнянні кожної пари зразкових ЦФ (точки перетину межі розділу з прямою межею ймовірності помилки I роду, рівної 0,15). Встановлюється ступінь розходження цих точок, отриманих при порівнянні різних пар, і визначаються мінімальне і максимальне значення положення точок перетину (контрольних точок) для меж між різними парами.

Після цього проводяться парні порівняльні дослідження між зразковими і спірною (досліджуваною) фонограмами. Якщо значення контрольної точки при порівнянні спірної і зразкових фонограм збігається з точністю до 25 % з значенням мінімального або максимального положення цієї точки при парній перевірці зразкових фонограм (при виході за інтервал) або лежить всередині цього інтервалу, то приймається рішення про близькість характеристик цих фонограм. Таким чином, в силу близькості характеристик самоподібних структур, виділених із зразкової і спірної фонограм, приймається гіпотеза про те, що обидві фонограми записані на одній апаратурі, т.е. про те, що спірна фонограма є оригінальною. В протилежному випадку приймається гіпотеза про різницю характеристик самоподібних структур, виділених із зразкової і спірної фонограм. В цьому випадку можливі три варіанти оцінки цього факта: фонограма є копією, що порівнянно тому, що вона підвергалася цифровій обробці, або записи зразкової і спірної фонограм проводилися на різній апаратурі. Експерт в таких випадках вказує в висновках, що фонограма не є оригіналом, а остаточне прийняття рішення в цьому випадку проводиться слідством і судом, оскільки наявний факт спроби обману експертизу (або надіслали копію, або підробку, або іншою апарат запису, що само по собі є злочином).

Очевидно, що для прийняття двох різних гіпотез необхідно представити експерту обидві області фрактальних масштабів – для близьких і окремих характеристик, оскільки гіпотези є взаємновиключаючими. В залежності від прийнятої гіпотези вибирається відповідна область масштабів (кожна з них в своєму вікні). В обраній області вибирається фрактальний масштаб, при якому величина помилки I роду для обраної гіпотези мінімальна, і при цьому масштабі будуються криві густоти ймовірності самоподібних структур для кожної з двох фонограм.

Представлена методика ілюструється рис. 4 – рис. 9, де показано процес проведення експертизи.

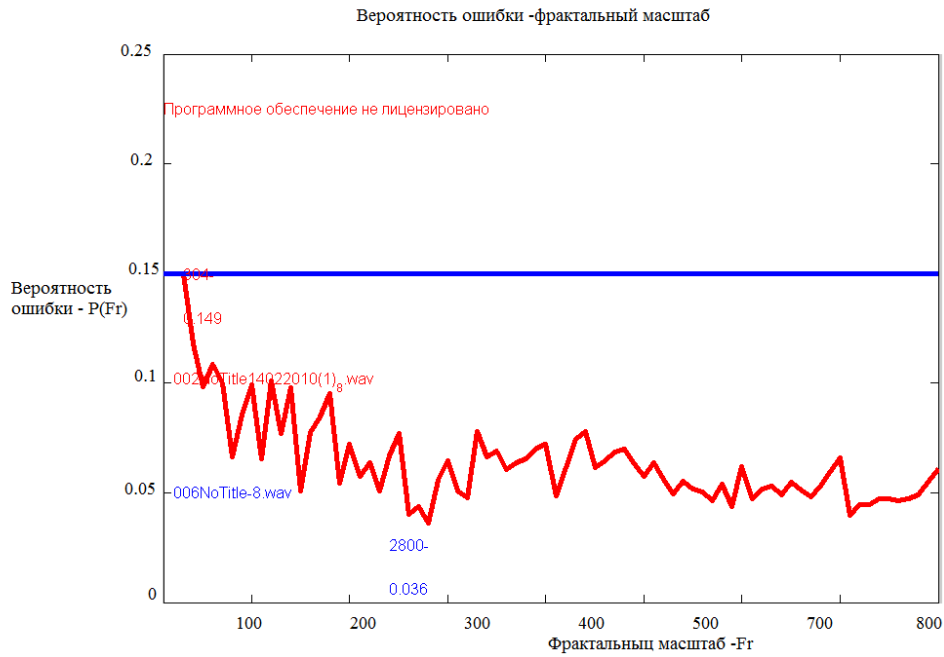


Рис. 4. Результат расчета фрактальных масштабов для области близких характеристик фонограмм № 2 и № 6, записанных на одной АЦЗЗ

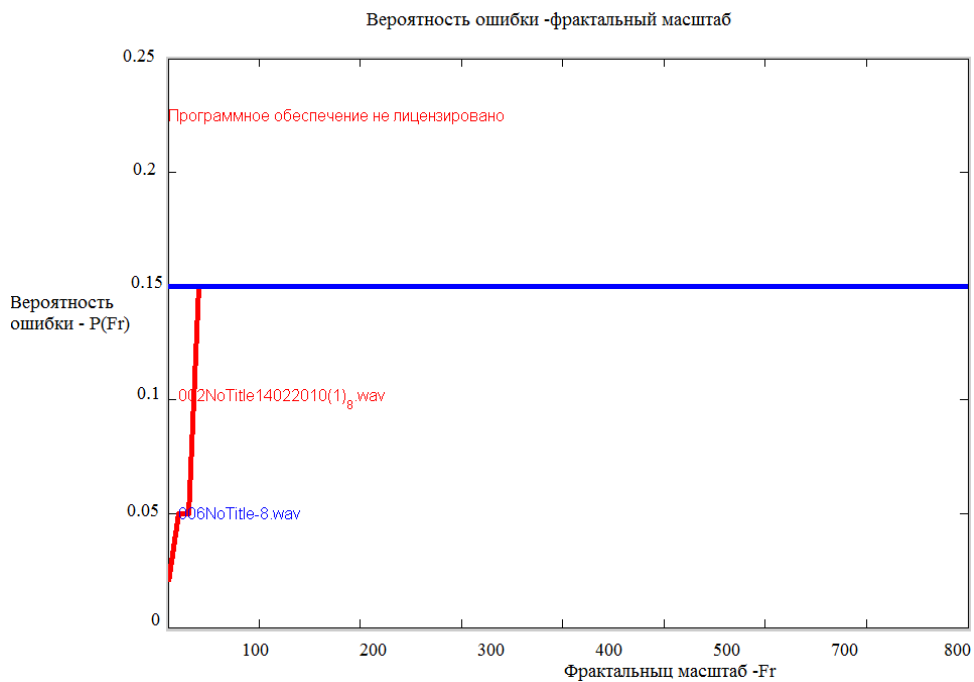


Рис. 5. Результат расчет фрактальных масштабов для области различающихся характеристик фонограмм № 2 и № 6, записанных на той же АЦЗЗ

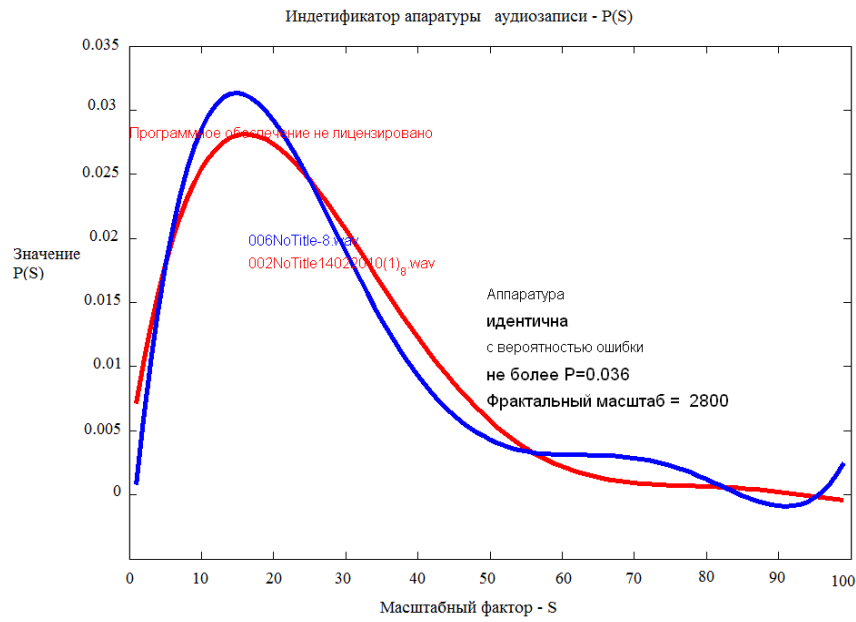


Рис. 6. Плотность вероятностей самоподобных структур для фонограмм № 2 и № 6, записанных на одной АЦЗЗ ул. коблевская 65023 0800506508

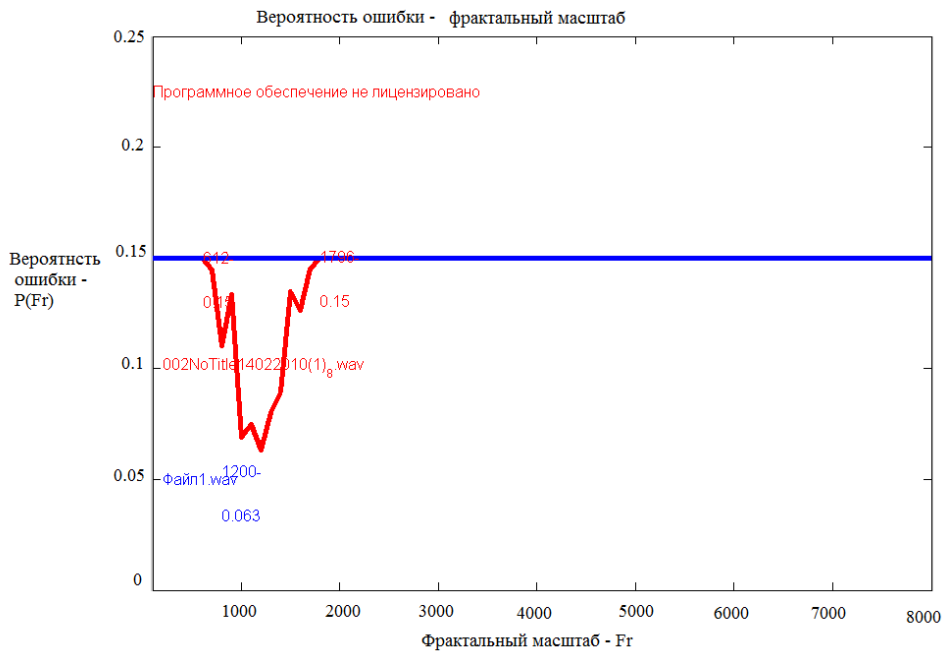


Рис. 7. Результат расчета фрактальных масштабов для области близких характеристик фонограмм № 2 и № 1, записанных на разной АЦЗЗ

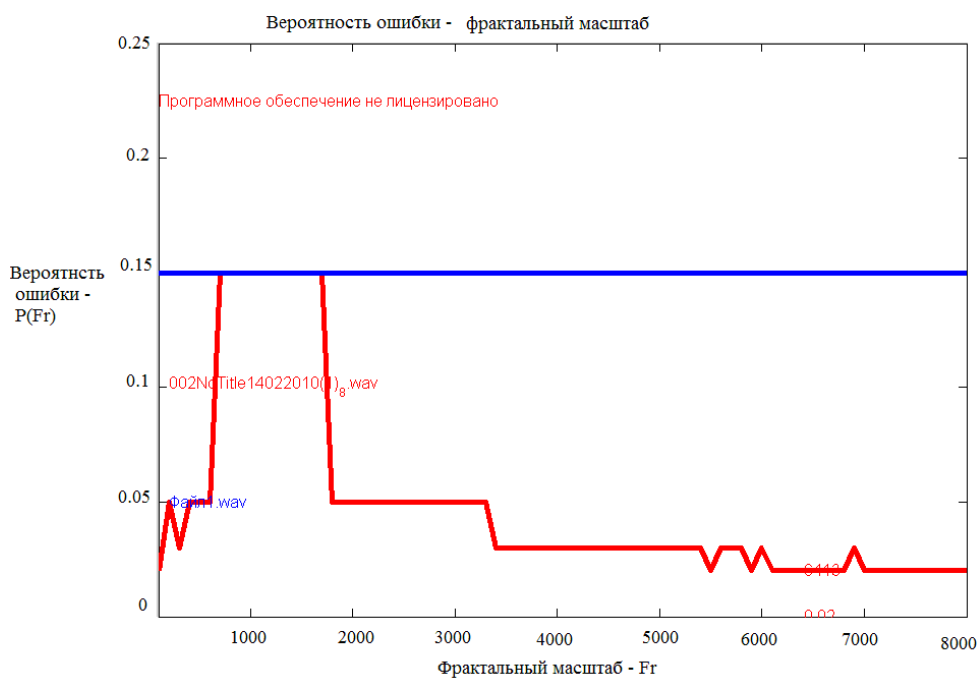


Рис. 8. Результат расчет фрактальных масштабов для области различающихся характеристик фонограмм № 3 и № 1, записанных на разной АЦЗЗ

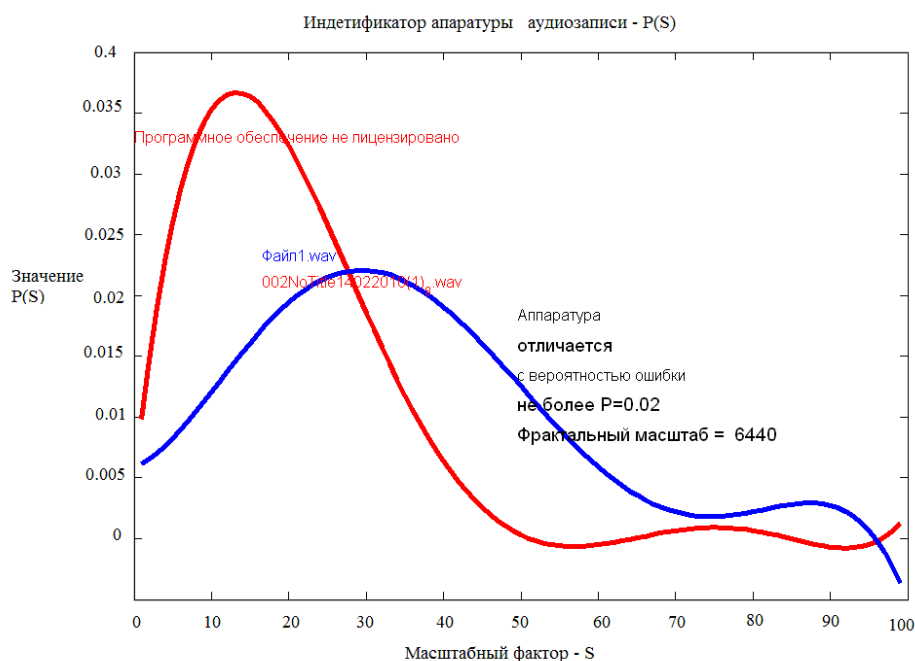


Рис. 9. Плотность вероятностей самоподобных структур для фонограмм № 2 и № 1, записанных на разной АЦЗЗ

Из сравнения положения контрольных точек по шкале фрактальных масштабов на рис. 4 и рис. 7 видно, что их значения расходятся более чем на 100 %. Поэтому выбрана область несовпадения статистических характеристик шумов, зафиксированных на сравниваемых фонограммах.

При этом из рассмотрения рис. 4, рис. 5, рис. 7 и рис. 8 видно, что пороговая вероятность ошибки первого рода принята на уровне 0,15. Это поясняется, во-первых, плотностью вероятности меры близости Z для ЦФ, записанных на одной АЦЗЗ [13],

(см. рис. 1), и, во-вторых, определением этой величины эмпирическим путем на различных видах и типах АЦЗЗ в качестве оптимальной.

Следует отметить, что программа «Фрактал» и методика ее применения прошли апробацию в экспертных учреждениях Украины, внедрены в экспертную практику и используется при проведении экспертиз материалов и средств цифровой звукозаписи

Выводы

Показано, что методология разработки инструментария для экспертной проверки целостности информации, содержащейся в цифровых фонограммах, качественно отличается от применявшейся методологии разработки инструментария, предназначенного для проверки целостности информации, содержащейся в аналоговых фонограммах.

Показано, что трассологический подход, использовавшийся при создании инструментария для проверки аналоговых фонограмм, не удовлетворяет требованиям экспертизы.

Показано, что для проверки цифровой информации требуется применение новых технологий, основанных на фрактальном подходе к информации, содержащейся в цифровых фонограммах.

Показано, что предложенная методология создания инструментария для проверки целостности информации, содержащейся в ЦФ и идентификации АЦЗЗ, обеспечила разработку программы «Фрактал» и методики ее применения при проведении экспертиз материалов и средств цифровой звукозаписи.

Список литературы

1. Рибальський, О.В. Методика ідентифікаційних і діагностичних досліджень матеріалів та апаратури цифрового й аналогового звукозапису зі застосуванням програмного забезпечення «Фрактал» при проведенні експертиз матеріалів та засобів відео та звукозапису: наук.-метод. посіб. / О.В. Рибальський, В. І. Соловйов, В. В. Журавель, Т. О. Татарнікова. – К. : ДУІКТ, 2013. – 75 с.
2. Рыбальский, О.В. Современные методы проверки аутентичности магнитных фонограмм в судебно-акустической экспертизе / О.В. Рыбальский, Ю.Ф. Жариков. – К.: Нац. акад. внутр. справ України, 2003. – 300 с.
3. Рибальський, О.В. Застосування вейвлет-аналізу для виявлення слідів цифрової обробки аналогових і цифрових фонограм у судово-акустичній експертизі / О.В. Рибальський. – К.: Нац. акад. внутр. справ України, 2004. – 167 с.
4. Рибальський, О.В. Новий напрям рішення комплексу проблем фоноскопії / О.В. Рибальський, В.І. Соловйов, О.М. Шапля, В.В. Журавель // Захист інформації і безпека інформаційних систем : зб наук. пр. 2-ої міжнар. наук.-техн. конф., 30 травня – 01 червня 2013 р. – Львів: УАД. – С. 122 – 123.
5. Соловьев, В.И. Сегментация речи в задачах выявления монтажа аудиофайлов / В. И. Соловьев, О. В. Рыбальский, В. В. Журавель, Т. В. Командина // Інформаційна безпека. – 2012. – № 1 (7). – С. 35 – 42.
6. Соловьев, В.И. Сегментация звукового сигнала в задачах выявления монтажа в аудиофайлах / В.И. Соловьев // Збірник наукових праць військового інституту Київського національного університету ім. Т Шевченко. – 2013. – № 39. – С. 210 – 216.
7. Рыбальский, О.В. Следы монтажа в цифровых фонограммах, выполненного способом вырезания и перестановки фрагментов / О.В. Рыбальский, В.И. Соловьев, В. В. Журавель // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2016. – Т.18. – №1. – С. 32 – 41.
8. Рыбальский, О.В. Экспериментальное подтверждение результатов моделирования механизма возникновения идентификационных признаков монтажа в цифровых фонограммах / О.В. Рыбальский, В.В. Журавель // Сучасні інформаційні та електронні технології : зб. наук. пр. 17 Міжнародної науково-практичної конференції, 23 – 27 травня 2016 р. – Одеса. – С. 124 – 125.

9. Рыбальский, О. В. Обобщенная модель выделения фрактальных структур из цифровых сигналов методом максимумов вейвлет преобразования / О. В. Рыбальский, В. В. Журавель, В. И. Соловьев, В. К. Железняк // Вестник Полоцкого государственного университета. – Серия С. – 2015. – № 4. – С. 13 – 16.
10. Рыбальский, О. Выделение самоподобных структур из шумов цифровых фонограмм / О. Рыбальский, В. Журавель, В. Соловьев, Л. Тимошенко, А. Шаблия // Захист інформації і безпека інформаційних систем: зб. наук. пр. V Міжнар. наук.-техн. конф., 02 – 03 червня 2016 р. – Львів. – С. 130 – 131.
11. Рыбальский, О.В. Автоматизация подбора коэффициента фрактального масштаба в программе “Фрактал” / О.В. Рыбальский, В.И. Соловьев, В.В. Журавель, А. Н. Шаблия, Т. А. Татарникова // Сучасна спеціальна техніка. – 2013. – № 3 (34), 2013. – С. 5 – 8.
12. Рыбальский, О.В. Автоматизированный расчет коэффициентов фрактального масштаба в программе “Фрактал” / О.В. Рыбальский, В.И. Соловьев, В.В. Журавель, А.Н. Шаблия, Т.А. Татарникова // Сучасна спеціальна техніка. – 2014. – № 4 (39). – С. 5 – 11.
13. Соловьев, В.И. Идентификация аппаратуры аудиозаписи по статистическим характеристикам аудиофайлов / В.И. Соловьев // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2013. – Т.14. – № 1. – С. 59 – 70.

МЕТОДОЛОГІЯ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ЕКСПЕРТНОЇ ПЕРЕВІРКИ ЦИФРОВИХ ФОНОГРАМ І ІДЕНТИФІКАЦІЇ АПАРАТУРИ ЦИФРОВОГО ЗВУКОЗАПИСУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПРОГРАМИ «ФРАКТАЛ»

О.В. Рыбальский, В.И. Соловьев, В.В. Журавель

Національна академія внутрішніх справ,
пл. Солом'янська, 1, Київ, 03056, Україна; e-mail: rybalsky_ol@mail.ru

Розглянута методологія побудови експертного інструментарію, призначеного для перевірки цілісності інформації, що міститься в цифрових фонограмах.

Показано, що методологія розробки інструментарію для експертної перевірки цілісності інформації, що міститься в цифрових фонограмах, якісно відрізняється від методології розробки інструментарію, що призначався для перевірки цілісності інформації, що міститься в аналогових фонограмах, що застосовувалася.

Показано, що «класичний» трасологічний підхід, що використовувався при створенні інструментарію для перевірки аналогових фонограм, не задовольняє вимогам експертизи.

Показано, що для перевірки цифрової інформації потрібно застосування нових технологій, заснованих на фрактальному підході до інформації, що міститься в цифрових фонограмах.

Показано, що запропонована методологія створення інструментарію для перевірки цілісності інформації, що міститься в цифрових фонограмах, і ідентифікації апаратури цифрового звукозапису, забезпечила розробку програми «Фрактал» і методики її застосування при проведенні експертиз матеріалів і засобів цифрового звукозапису.

Ключові слова: апаратура цифрового звукозапису, методика проведення експертизи, методологія, мультифрактальні структури, цифрові фонограми, фрактальні технології, експертиза.

METHODOLOGY OF CONSTRUCTION OF SYSTEM OF EXPERT VERIFICATION OF DIGITAL PHONOGRAMS AND AUTHENTICATION OF APPARATUS OF DIGITAL AUDIO RECORDING WITH THE USE OF PROGRAM «FRACTAL»

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

National Academy of Internal Affairs,
1, Solomenskaya Sq., Kiev, 03056, Ukraine; e-mail: rybalsky_ol@mail.ru

Methodology of construction of the expert tool, intended for verification of integrity of the information contained in digital phonograms, is considered.

It is shown that methodology of development of tool for expert verification of integrity of the information contained in digital phonograms, high-quality differs from being used methodology of development of tool, targeting at verification of integrity of the information contained in analog phonograms.

It is shown that the «classic» approach used for creation of tool for verification of analog phonograms dissatisfies to the requirements of examination.

It is shown that for verification of digital information application of the new technologies, based on the fractal going near the information contained in digital phonograms, is required.

It is shown that the offered methodology of creation of tool for verification of integrity of the information contained in digital phonograms and authentication of apparatus of the digital audio recording, provided development of the program «Fractal» and methodology of her application during realization of examinations of materials and facilities of the digital audio recording.

Keywords: apparatus of the digital audio recording, methodology of examining, methodology, multifractal structures, digital phonograms, fractal technologies, examination.