

ПРОБЛЕМИ ДОСУДОВОГО СПІДСТВА

Рыбальский Олег Владимирович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных технологий Национальной академии внутренних дел;

Соловьев Виктор Иванович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры компьютерных систем и сетей Восточноукраинского национального университета имени В. Даля;

Командина Татьяна Викторовна – аспирант кафедры компьютерных систем и сетей Восточноукраинского национального университета имени В. Даля;

Татарникова Татьяна Александровна – адъюнкт кафедры информационных технологий Национальной академии внутренних дел

ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К ЭКСПЕРТИЗЕ ОРИГИНАЛЬНОСТИ МАТЕРИАЛОВ ЦИФРОВОЙ И АНАЛОГОВОЙ ЗВУКОЗАПИСИ

На основе теории криминалистической идентификации рассмотрены пути создания средств идентификации цифровой и аналоговой аппаратуры записи с применением мультимасштабного анализа.

Ключевые слова: криминалистическая идентификация; идентификация аппаратуры записи; цифровая аппаратура записи; аналоговая аппаратура записи.

На базі теорії криміналістичної ідентифікації розглянуто шляхи створення засобів ідентифікації цифрової та аналогової апаратури запису з застосуванням мультимасштабного аналізу.

Ключові слова: криміналістична ідентифікація; ідентифікація апаратури запису; цифрова апаратура запису; аналогова апаратура запису.

On the basis of theory of criminalistics authentication the ways of creation of facilities of authentication of digital and analog apparatus of record are considered with the use of multiscale analysis.

Keywords: criminalistics authentication; authentication of apparatus of record; digital apparatus of record; analog apparatus of record.

Общеизвестно, что любой из предметов материальной природы имеет свои характеристики и некоторые из них строго индивидуальны. Поэтому вопрос криминалистической идентификации любого материального объекта сводится, в первую очередь, к выявлению, измерению и сравнению тех характеристик исследуемого объекта, в которых проявляется его индивидуальность.

В соответствии с теорией криминалистической идентификации, любой объект можно идентифицировать по его характеристикам (идентификационным признакам) только относительно самого себя. При этом различают *идентифицируемый* и *идентифицирующий* объекты и *идентифицируемые* и *идентифицирующие* признаки [1]. Идентифицируемые признаки – это те индивидуальные характеристики идентифицируемого объекта, по которым он может быть идентифицирован. А идентифицирующие признаки представляют собой некие характеристики, по которым могут быть выделены, классифицированы, измерены и подвергнуты сравнению идентифицируемые признаки.

Классическим примером может служить экспертиза оружия по следам, во-первых, нарезки ствола, оставленным на пуле, и, во-вторых, патронника, ударника и эжектора, оставленным на гильзах. Здесь идентифицируется конкретный ствол, патронник, ударник и эжектор, составляющие в совокупности огнестрельное оружие (объект идентификации). Идентифицирующими признаками являются следы механического воздействия нарезки ствола на пулю и следы патронника, ударника и эжектора, воздействовавших на гильзу (на идентифицирующие объекты). Данные следы полностью описывают особенности механической обработки деталей и узлов оружия (поскольку не бывает двух одинаковых механических деталей, ибо любая из них изготавливается в поле допусков) и оружия в целом, поскольку оно состоит из этих деталей и, естественно, описывается идентификационными признаками, определяющими индивидуальность каждой из этих деталей.

Точно так же аппаратура записи сигналов (идентифицируемый объект) может быть идентифицирована по своим паразитным параметрам, в частности, по регулярным спектральным компонентам, содержащимся в собственных шумах записанных на этой аппаратуре сигналограмм (идентифицирующие объекты), поскольку они определяются индивидуальностью входящих в тракт записи-воспроизведения основных деталей и узлов, изготавливаемых, естественно, в своих полях допусков. Но при этом

идентифікуючими признаками являються места расположения данных компонент на оси частот, а сами спектральные компоненты, выделяемые из спектра собственных шумов сигналограммы, являются идентифицируемыми признаками [2].

В тоже время известно, что описание физического построения практически всех объектов материальной природы носит фрактальный характер. И при этом фракталы, лежащие в основе описания графического построения любого объекта, индивидуальны. Это свойство фракталов позволяет применить их в различных областях науки, например, в медицинских исследованиях [3]. А аппарат исследования фрактальной структуры базируется на мультимасштабном анализе.

Можно предположить, что применение фрактального метода математического и графического описания исследуемых объектов и мультимасштабного анализа в криминалистической экспертизе обладает большим потенциалом и перспективой. В частности, нами было показано, что и цифровой сигнал, записанный в сигналограмме, также может быть выражен индивидуальной фрактальной структурой, несущей в себе индивидуальные признаки аппаратуры, на которой она записывалась и воспроизводилась [4]. Там же показана изменимость этой структуры при перезаписи сигналограммы с одного аппарата на другой.

В развитие данной идеи разработано специализированное программное обеспечение "Фрактал", предназначенное для идентификации аппаратуры цифровой и аналоговой записи (идентификация последней реализуется при введении аналоговых сигналограмм в ЭВМ для анализа) [5]. Кроме того, программа позволяет производить определение оригинальности цифровых и аналоговых сигналограмм. Следует отметить, что до появления этого программного продукта не существовало надежных методик и средств идентификации цифровой аппаратуры записи и проверки оригинальности цифровых сигналограмм.

Программа построена на применении вейвлетных базисов в мультимасштабном анализе. В основу ее построения заложены принципы выявления и анализа самоподобных структур, выделяемых из сигналограммы на основе использования вейвлет-преобразования, и последующего их анализа. При этом в звуковом файле сначала выделяются паузы. Для этого используется многопроходный сложный алгоритм с автоматической коррекцией порога выделения. На выделенных участках вычисляется вейвлет-спектр содержащихся в них сигналов. Для этого применяется операция свертки этих сигналов с вейвлетом Морле, используемого в качестве базиса, т.е.

$$S(f) = s(t) \otimes \psi(t) = s(t) \otimes \sqrt{\pi f_a} e^{j2\pi f_0 t} e^{-\frac{t^2}{2}}, \quad (1)$$

где $S(f)$ – вейвлет-спектр исследуемых сигналов;
 $s(t)$ – исследуемый сигнал;

$\psi(t)$ – вейвлет Морле;
 f_{β} – верхня частота преобразования;
 f_{α} – центральна частота вейвлета.

Выделение спектра производится с накоплением. Анализируется вейвлет-спектр выделенных участков. По результатам анализа строится вейвлет-спектрограмма (скейлограмма), как зависимость квадрата коэффициентов вейвлет-преобразования от масштабного фактора (эквивалент частоты сигнала для вейвлет-спектрограммы).

Из скейлограммы выделяются коэффициенты вейвлет-преобразования, соответствующие высокочастотной области сигнала. При этой операции нижняя частота сигналов в области выделения определяется значением частоты дискретизации исходного звукового сигнала и максимальной частотой речевого сигнала. Выделенная часть спектра представляется в виде функции плотности распределения вероятностей (путем специальной нормировки). Полученная функция в системе именуется "Идентификатором аппаратуры записи". Две такие функции, полученные, например, из файлов образцовой (экспериментальной) и исследуемой записей, сравниваются между собой по критерию χ^2 . Результаты сравнения выводятся в виде решения о принятии или отвержении гипотезы об идентичности плотностей распределения вероятности. Примеры результатов сравнения экспериментальных и исследуемых записей приведены на рис. 1, 2.

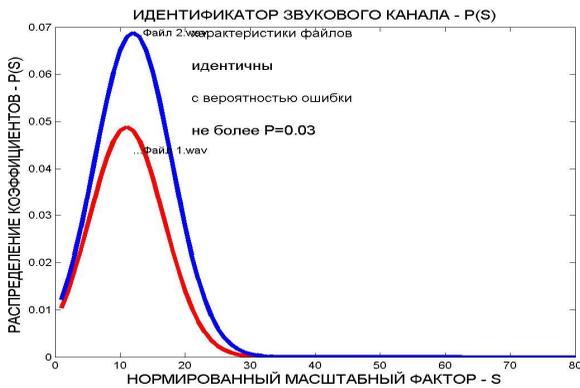


Рис. 1. Сравнение записей образцовой и исследуемой сигналограмм, записанных на встроенном диктофоне мобильного телефона LG KM330 при частоте дискретизации 8 кГц

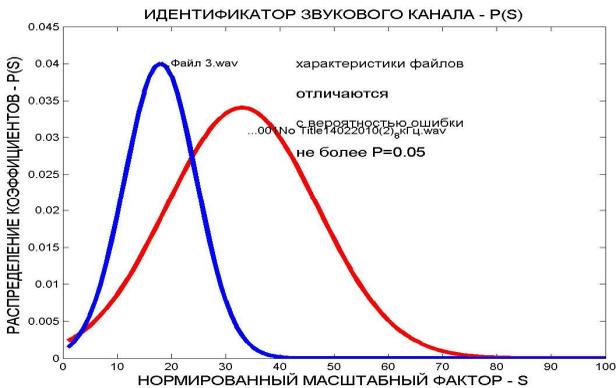


Рис. 2. Сравнение сигналграмм, записанных на встроенном диктофоне мобильного телефона LG KM330 и цифровом диктофоне Panasonic RR-US360 SER. NO FF5JBO2240R при частоте дискретизации 8 кГц

В развитие программы предложено ее дополнение средствами выявления точек предполагаемого монтажа. В настоящее время большинством экспертов применяется метод визуального и звукового контроля в звуковом редакторе (например Cool Pro) сигналов во временной области, воспроизведенных с сигналграммы. Но при этом эксперт вынужден визуально и на слух выявлять несоответствия в визуальной и звуковой "картинке" исследуемой сигналграммы, не представляя заранее, где могут находиться места предполагаемого монтажа. Такого рода исследования, во-первых, требуют от эксперта высокого уровня практической подготовки и, во-вторых, огромных нервных и физических трудовых затрат.

При этом, учитывая сложность поставленной задачи, предложено два метода реализации данной функции. Целью этих методов проверки являлось создание средства, позволяющего выявлять потенциальные точки монтажа, облегчающее труд эксперта и уменьшающее трудозатраты на проведение экспертизы. Первый из них основан на применении тех же алгоритмов сравнения параметров сигналов, выделенных из различных участков сигналграммы, после ее предварительного разбиения на отдельные участки, подлежащие сравнению. Результаты анализа выводятся на дисплей в виде кривых плотности вероятности для различных участков и сообщений об их совпадении (или отличии) для различных участков.

При такой реализации программы мы столкнулись с недостаточностью статистического материала, получаемого из сравниваемых участков и необходимого для принятия достоверного решения. Особенно ярко недостаток такого подхода проявился при

исследованиях сигналограмм с частотами дискретизации 8 и 11,025 кГц. Соответственно, усовершенствование метода мы ищем в использовании критериев, пригодных для проверки принадлежности к одному распределению при недостаточном объеме статистического материала.

При выявлении точек монтажа нельзя подогнать все виды анализа распределения разных сигналов под один критерий. Это вытекает из анализа аппроксимированных кривых плотности вероятности для сигналов с большой и малой частотой дискретизации. Так, для частот дискретизации ниже 16 кГц в большинстве случаев нормальность распределений не наблюдается (рис. 4). В тоже время, начиная с частоты дискретизации 16 кГц и выше, исследуемые распределения близки либо подчиняются нормальному закону (рис. 5).

Второй метод основан на визуальном контроле экспертом специальных сигналов, выделяемых на основе мультимасштабного анализа по всей длине сигналограммы. Анализ сводится к выявлению характерных визуальных “картинок”, свойственных местам вставки сигналов из сигналограммы. Для этого, как и при идентификации аппаратуры, из исследуемой сигналограммы по всей ее длине выделяют паузы и рассчитывают спектр содержащихся в них сигналов. Но при этом исследуемые сигналы предварительно разбиваются на базовые интервалы T по 512 отсчетов частоты дискретизации. Затем интервалы T разбиваются на подынтервалы по 64 отсчета.

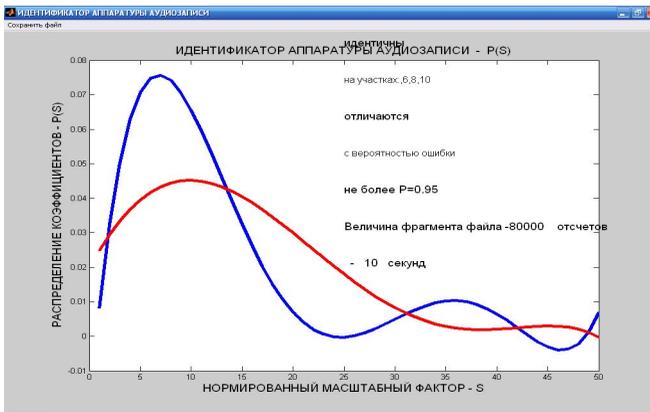


Рис. 4. Проверка смонтированной из записей, сделанных на разной аппаратуре, скомпилированной сигналограммы. Частота дискретизации исходных и скомпилированной сигналограмм – 8 кГц. Распределения коэффициентов отличаются от нормального

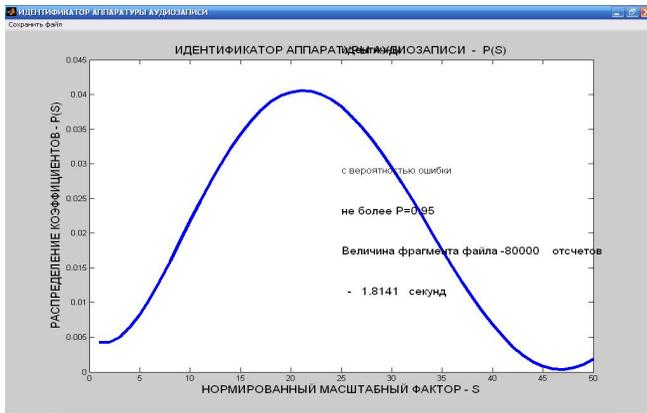


Рис. 5. Исследование сигнала, не содержащей монтажа при частоте дискретизации 22,05 кГц. Распределение коэффициентов близкое к нормальному

На каждом из подынтервалов вычисляется вейвлет-спектр исследуемых сигналов на базе вейвлета Морле и строится скейлограмма как вейвлет-спектр мощностей сигналов. При этом применяется 16 уровней вейвлет-преобразования. Для каждого подынтервала определяется центр тяжести C полученной скейлограммы по формуле

$$C = \frac{\sum A(s) \cdot s}{\sum A(s)}, \quad (2)$$

где $A(s)$ – величина спектральных составляющих на подынтервале; s – уровни разложения вейвлет-преобразования.

Функция C используется как идентификатор монтажа и в графической форме выводится на монитор, поскольку ее всплеск может свидетельствовать о наличии монтажа, что поясняется появлением большего числа высокочастотных составляющих в спектре сигнала при операции монтажа вставкой – возникает эффект “дробления спектра” [6].

Для облегчения ориентирования при просмотре полученных графиков рассчитывается математическое ожидание и дисперсия значений функции C на всем интервале, и их значения также выводятся на график. Примеры проявления точек монтажа на исследуемых графиках показаны на рис. 7–9.

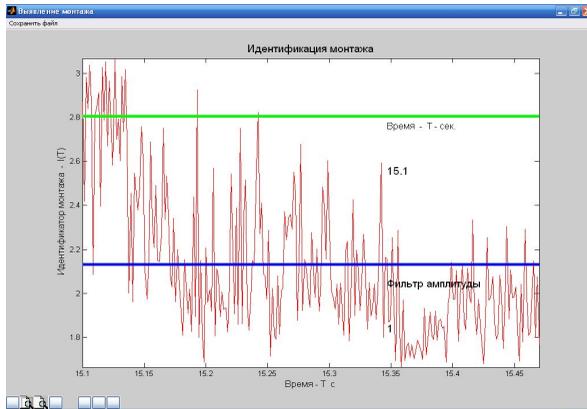


Рис. 7. Монтаж вставкой в сигналограмму, скомпилированную из записей, сделанных на одном диктофоне. Участок начальной точки монтажа

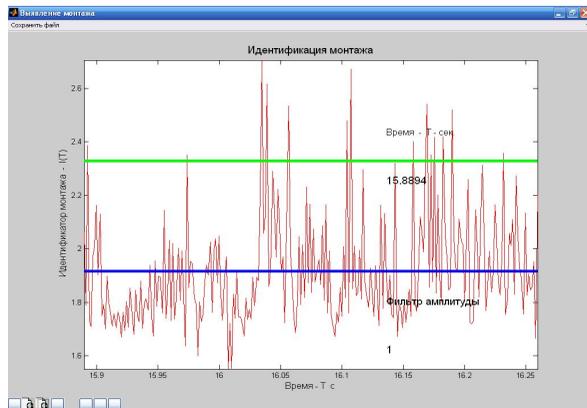


Рис. 8. График идентификатора монтажа в середине участка вставки

В настоящее время программа “Фрактал” и методика ее применения успешно прошли апробацию и внедряются в экспертных учреждениях Украины.

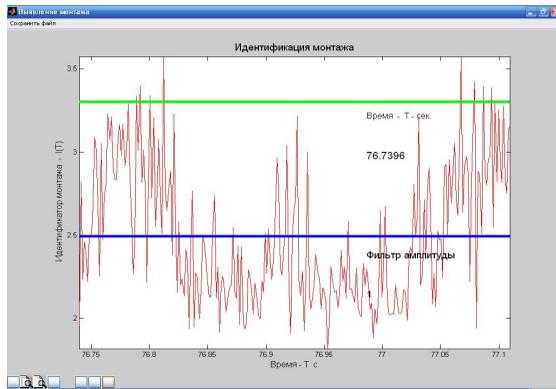


Рис. 9. График на месте вырезки сигнала из сигналаграммы

Из всего вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. На основе мультимасштабного анализа возможно построение программ идентификации цифровой и аналоговой аппаратуры записи.
2. Предложенная программа "Фрактал" позволяет проводить идентификацию аппаратуры записи и проверять оригинальность цифровых и аналоговых сигналаграмм.
3. Предложенные в программе методы выявления точек монтажа позволяют значительно облегчить труд эксперта при проведении экспертизы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Белкин Р. С. Курс криминалистики / Белкин Р. С. – М., 1997. – 387 с.
2. Рыбальский О. В. Аутентичность сигналаграмм / О. В. Рыбальский // Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій. – 2006. – № 4. – Т. 4. – С. 259–262.
3. Хайри Ш. Вейвлет обработка кардиографических сигналов / Ш. Хайри // Электроника и связь. – 2001. – № 10. – С. 122–124.
4. Рыбальский О. В. К вопросу о фрактальности аналоговых сигналов, подвергнутых цифровой обработке / О. В. Рыбальский // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. – 2006. – № 9. – Ч. 1. – С. 21–25.
5. Рыбальский О. В. Система идентификации аппаратуры аудиозаписи на основе мультифрактального подхода / О. В. Рыбальский, В. И. Соловьев // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. – 2010. – № 9 (151). – С. 58–63.
6. Рыбальский О. В. Основные положения теории выявления следов цифровой обработки фонограмм и особенности ее программной и методической реализации в экспертизе материалов и средств звукозаписи (Часть 2) / О. В. Рыбальский // Захист інформації. – 2006. – № 2. – С. 75–78.