

**ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ ВЫЯВЛЕНИЯ ТОЧЕК ЦИФРОВОГО МОНТАЖА В ФОНОГРАММАХ И МЕТОДОЛОГИЯ ЕЕ СОЗДАНИЯ****О.В. Рыбальский, В.И. Соловьев, В.В. Журавель**Национальная академия внутренних дел,  
Соломенская площадь, 1, Киев, 02000, Украина; e-mail: gov\_1946@ukr.net

Одним из сложнейших аспектов экспертизы материалов и средств видео и звукозаписи является выявление следов цифрового монтажа в фонограммах. Исследования этой проблемы привели к появлению ряда направлений и подходов к созданию систем выявления следов такого монтажа. Основными среди них являются две. Построение первой системы основано на измерении частоты сигнала сетевой наводки, зафиксированного на носителе. Система широко применяется в странах ЕС. Она позволяет идентифицировать аппаратуру записи, устанавливать оригинальность фонограммы и выявлять следы монтажа, выполненного путем компиляции нового целого из фрагментов фонограмм. Но это относится к фрагментам, на которых зафиксированы сигналы сетевой наводки разной частоты. К ним можно отнести фрагменты, записанные в разное время или в разных местах. Построение второй системы основывается на сравнении характеристик фрактальных структур, выделяемых из шумов пауз образцовых (экспериментальных) и исследуемой (спорной) фонограмм. Система разработана и применяется в Украине. Она позволяет идентифицировать аппаратуру записи, устанавливать оригинальность фонограммы и выявлять следы монтажа, выполненного путем компиляции нового целого из фрагментов фонограмм, записанных на разной аппаратуре. Обе системы базируются на методах идентификации аппаратуры записи, но ни одна из них не позволяет окончательно решить проблему выявления цифрового монтажа.

Показано, что требуется разработка системы, предназначенной для выявления точек монтажа в фонограммах, выполненных способом компиляции нового целого из фонограмм, записанных на одной аппаратуре записи или из одной фонограммы. Определены требования к такой системе и предложена методология ее построения. Предложена основная методология построения программной системы, основанная на использовании свободных библиотек глубокого обучения для нейронных сетей. Для проведения разработки системы предложено создать базу, содержащую не менее 10000 образцов фонограмм, необходимых для достаточной представительности статистических исследований. Для ее создания предложено автоматизировать процесс их изготовления.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, точки монтажа, фонограмма, цифровой монтаж, экспертиза

**Введение**

Одним из сложнейших аспектов экспертизы материалов и средств видео и звукозаписи является выявление следов цифрового монтажа в фонограммах. Этой проблемой занимаются в ряде стран, где результаты такой экспертизы рассматриваются в судебных процессах по уголовным и гражданским делам, в том числе и в Украине.

Исследования этой проблемы привели к появлению ряда направлений и подходов к созданию систем (аппаратно-программных комплексов и методик их применения) выявления следов такого монтажа (далее – система).

Основными среди них являются:

- построение системы, основанное на измерении частоты сигнала сетевой наводки, зафиксированного на носителе. Система широко применяется в странах ЕС.

Она позволяет идентифицировать аппаратуру записи, устанавливать оригинальность фонограммы и выявлять следы монтажа, выполненного путем компиляции нового целого из фрагментов фонограмм (см., например, [1–3]). Но это относится к фрагментам, на которых зафиксированы сигналы сетевой наводки разной частоты. К ним можно отнести фрагменты, записанные в разное время или в разных местах;

- построение системы на сравнении характеристик фрактальных структур, выделяемых из шумов пауз образцовых (экспериментальных) и исследуемой (спорной) фонограмм [4]. Система разработана и применяется в Украине. Она позволяет идентифицировать аппаратуру записи, устанавливать оригинальность фонограммы и выявлять следы монтажа, выполненного путем компиляции нового целого из фрагментов фонограмм, записанных на разной аппаратуре.

Обе системы основаны на методах идентификации аппаратуры записи, но ни одна из них не позволяет окончательно решить проблему выявления цифрового монтажа.

Проблема заключается в том, что ни одна из этих систем не позволяет выявлять монтаж, выполненный способом компиляции нового целого из фрагментов одной фонограммы (способ вырезания и перестановки фрагментов) или фонограмм, записанных на одной аппаратуре.

Такой монтаж выполняется в звуковых редакторах в ручном режиме. Модель изменений в сигналах, возникающих в фонограммах при таком монтаже, показывают, что в обработанных фонограммах возникают изменения спектрального и фрактального состава записанных и обработанных сигналов [5]. Появление этих изменений подтверждаются экспериментально, но их уровень крайне мал [6]. Вероятно, эти изменения могут быть пригодны для использования в качестве идентификационных признаков при построении системы.

## **Цель работы**

*Цель* статьи состоит в определении требований к системе, позволяющей выявлять монтаж, выполненный способом вырезания и перестановки фрагментов одной фонограммы, а также к методологии ее создания.

## **Основная часть**

При определении требований к системе мы исходим из того, что монтаж производится в паузах между словами [7]. Поэтому система должна определять паузы, на которые приходится начало и окончание вставляемого фрагмента. Кроме того, система должна определять паузы, в которых происходит стыковка двух частей фонограммы при вырезании фрагмента. Очевидно, что система должна быть способна определять такие паузы (далее – точки) независимо от того в начале, середине или конце паузы произошла стыковка фрагментов фонограммы.

Разумеется, что система должна выявлять точки монтажа в фонограммах, записанных на аппаратуре звукозаписи любого типа и конструкции.

Также в системе должна обеспечиваться высокая достоверность получаемых результатов.

Последнее требование к системе сразу же выдвигает требования к методологии ее создания.

Система должна строиться на вероятностных принципах с установлением величины ошибки первого и второго рода. Это подразумевает использование технологии проверки ее работоспособности на большом количестве статистического материала, что крайне необходимо для отработки программы, выявляющей точки монтажа, и методики ее применения в экспертизе. Следовательно,

необходимо создать базу для проведения исследований, содержащую не менее 10000 фонограмм, записанных на разной аппаратуре. При этом база должна содержать необработанные (первичные) и обработанные фонограммы. Обработка фонограмм должна производиться в формате wav. После обработки фонограмма должна быть преобразована в формат, используемый в аппаратуре, на которой была записана первичная фонограмма. При этом необходимо сохранить обработанную фонограмму в обоих форматах. Совершенно очевидно, что создать такую базу, пользуясь способом ручного монтажа в звуковом редакторе, за короткое время практически невозможно. Поэтому следует использовать средства автоматизации для изготовления образцов фальсификатов, необходимых для проведения исследований направлений и путей создания системы. Такое средство должно опираться на следующие принципы:

- должна использоваться автоматическая сегментация пауз;
- при состыковке фрагментов фонограммы должно производиться автоматическое сглаживание скачков сигнала;
- монтаж должен не зависеть от содержания монтируемых речевых фрагментов;
- длительность смонтированной фонограммы должна составлять не менее 1 мин.;
- при создании образцов фальсификатов должно автоматически фиксироваться положение точек монтажа.

Мы полагаем, что и требования к системе, и принципы автоматизации создания образцов для ее отработки могут быть реализованы при использовании современных технологий глубокого обучения на нейронных сетях. Это требование обусловлено большими массивами обрабатываемых данных и необходимостью испытаний разнообразных гипотез.

Методологически возможны два направления создания системы, ориентированные на разные методики проведения экспертизы. Первое из них – направление, ориентированное на сравнительные исследования спорной фонограммы с образцами, записанными экспертом на аппаратуре записи, представленной на экспертизу.

Второе – направление, ориентированное на сравнение характеристик пауз внутри исследуемой фонограммы на основе определенных критериев, характеризующих наличие монтажа в конкретных точках.

По нашему мнению, второе направление является более предпочтительным с точки зрения общности решаемой задачи и удобства проведения экспертизы. Однако разработка системы, основанной на этом направлении, представляется достаточно сложной. Мы предполагаем, что в процессе ее создания необходимо будет найти решения ряда частных задач, связанных с поиском функции (или функционала) оптимизации и функций входных данных, критериев выявления точек монтажа и критериев ошибки и т.п. Разумеется, этот перечень задач будет уточняться в процессе разработки.

При разработке системы предполагается воспользоваться свободными библиотеками программных модулей, предназначенных для конструирования нейронных сетей [8, 9]. Такой путь решения поясняется необходимостью обработки больших массивов статистической информации, содержащейся в исследуемых фонограммах. Наиболее сложной частью разработки представляется выбор функций входных данных, подлежащих обработке, поскольку этими функциями определяется выбор физических характеристик исследуемых сигналов что, в свою очередь, определит многие другие параметры системы. Таких характеристик может быть несколько и выбрать их можно только в процессе проведения массовых экспериментов. Этот выбор определит дальнейший путь разработки системы. Именно

поэтому необходимо автоматизировать изготовление образцов фальсификатов фонограмм.

Разработка и исследования подобного рода систем без автоматизации процесса вычислений современными методами едва ли целесообразны по причине невозможности оценки их эффективности на достаточно представительном массиве обработанных фонограмм.

## Выводы

На основе анализа разработанных и используемых в настоящее время систем, предназначенных для экспертизы фонограмм:

- показано, что ни одна из них не обеспечивает выявление точек цифрового монтажа, выполненного способом компиляции нового целого из фонограмм, записанных на одной аппаратуре записи или из одной фонограммы;
- показано, что требуется разработка новой системы, предназначенной для выявления точек монтажа в фонограммах, выполненных таким способом;
- определены требования к такой системе и предложена методология ее построения.

Основная методология построения системы должна опираться на использование свободных библиотек программ, предназначенных для построения нейронных сетей, что поясняется большими массивами информации, подлежащей статистической обработке.

Для выбора направления и пути разработки системы предложено создать базу, содержащую не менее 10000 образцов сфальсифицированных фонограмм, выполненных указанным способом. Для ее создания предложено автоматизировать процесс их изготовления.

## Список литературы

1. Aggarwal, R. Cellphone identification using noise estimates from recorded audio, in: Communications and Signal Processing (ICCSP), 2014 International Conference on, IEEE / R. Aggarwal, S. Singh, A.K. Roul, N. Khanna, 2014. - Pp. 1218–1222.
2. Garcia-Romero, D. Automatic acquisition device identification from speech recordings, in: Acoustics Speech and Signal Processing (ICASSP), 2010 IEEE International Conference on, IEEE / D. Garcia-Romero, C.Y. Espy-Wilson, 2010. - Pp. 1806–1809.
3. Panagakis, Y Automatic telephone handset identification by sparse representation of random spectral features, in: Proceedings of the on Multimedia and security / Y. Panagakis, C. Kotropoulos, 2012. – Pp. 91–96.
4. Рыбальський, О.В. Методика визначення оптимальних значень фрактальних масштабів залежно від використання форматів записів під час проведення технічних досліджень звуко-та відеозаписів на основі застосування програмного комплексу «Фрактал» / О.В. Рыбальський, В.І. Соловйов, В.В. Журавель, Т.О. Татарнікова. – К.: ЛОНМР ДНДЕКЦ МВС України. – 2017. – 80 с.
5. Рыбальський, О.В. Следы монтажа в цифровых фонограммах, выполненного способом вырезания и перестановки фрагментов / О.В. Рыбальський, В.И. Соловьев, В.В. Журавель // Реєстрація, зберігання і обробка даних, 2016. – т. 18, №1. – С. 32–41.
6. Рыбальський, О.В. Экспериментальная проверка эффекта изменения фрактального состава сигналов при монтаже фонограммы способом вырезания и перестановки фрагментов / О.В. Рыбальський, В.И. Соловьев, В.В. Журавель // Сучасна спеціальна техніка. – 2016. – № 3. – С. 75–85.
7. Рыбальський, О. В. Современные методы проверки аутентичности магнитных фонограмм в судебно-акустической экспертизе / О.В. Рыбальський, Ю.Ф. Жариков. – К. : Нац. акад. внутр. справ України, 2003. – 300 с.
8. Николенко, С. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей / С. Николенко, А. Кадурич, Е. Архангельская. – С.-Пб.: Издательский дом Питер, 2016. – 476 с.

9. Bengio Y. Deep Learning (Adaptive Computation and Machine Learning) / Y. Bengio, A. Courville, 2016. – 781 p.

## ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ ТОЧОК ЦИФРОВОГО МОНТАЖУ У ФОНОГРАМАХ І МЕТОДОЛОГІЯ ЇЇ СТВОРЕННЯ

О.В. Рыбальський, В.И. Соловйов, В.В. Журавель

Національна академія внутрішніх справ,  
Солом'янська площа, 1, Київ, 02000, Україна; e-mail:

Одним із найскладніших аспектів експертизи матеріалів і засобів відео та звукозапису є виявлення слідів цифрового монтажу у фонограмах. Дослідження цієї проблеми призвели до появи ряду напрямів і підходів до створення систем виявлення слідів такого монтажу. Основними серед них є дві. Побудова першої системи ґрунтується на вимірюванні частоти сигналу мережевої наводки, зафіксованого на носії. Система широко застосовується в країнах ЄС. Вона дозволяє ідентифікувати апаратуру запису, встановлювати оригінальність фонограми та виявляти сліди монтажу, виконаного шляхом компіляції нового цілого з фрагментів фонограм. Але це відноситься до фрагментів, на яких зафіксовані сигнали мережевої наводки різної частоти. До них можна віднести фрагменти, записані в різний час або в різних місцях. Побудова другої системи ґрунтується на порівнянні характеристик фрактальних структур, що виділяються з шумів пауз зразкових (експериментальних) і досліджуваною (спірною) фонограм. Система розроблена і застосовується в Україні. Вона дозволяє ідентифікувати апаратуру запису, встановлювати оригінальність фонограми та виявляти сліди монтажу, виконаного шляхом компіляції нового цілого з фрагментів фонограм, записаних на різній апаратурі. Обидві системи базуються на методах ідентифікації апаратури запису, але жодна з них не дозволяє остаточно розв'язати проблему виявлення цифрового монтажу.

Показано, що необхідна розробка системи, призначеної для виявлення точок монтажу у фонограмах, виконаних способом компіляції нового цілого з фонограм, записаних на одній апаратурі запису або з однієї фонограми. Визначені вимоги до такої системи і запропонована методологія її побудови. Запропонована основна методологія побудови програмної системи, що заснована на використанні вільних бібліотек глибокого навчання для нейронних мереж. Для проведення розробки системи запропоновано створити базу, що міститиме не менше 10000 зразків фонограм, необхідних для достатньої показності статистичних досліджень. Для її створення запропоновано автоматизувати процес їх виготовлення.

**Ключові слова:** нейронна мережа, точки монтажу, фонограма, цифровий монтаж, експертиза

**THE BASIC REQUIREMENTS TO THE SYSTEM OF EXPOSURE OF POINTS OF THE DIGITAL EDITING IN PHONOGRAMS AND METHODOLOGY OF HER CREATION**

O.V. Rybalskiy, V.I. Solovyov, V.V. Zhuravel

National Academy of Internal Affairs,  
Solomenskaya Square, 1, Kiev, 02000, Ukraine; e-mail:

One of the most difficult aspects of examination of materials and facilities of video and audio recording is an exposure of tracks of the digital editing in phonograms. Researches of this problem resulted in appearance of row of directions and going near creation of the systems of exposure of tracks of such editing. Basic among them it is been two. Construction of the first system is based on measuring of frequency of the signal of the network aiming, fixed on a carrier. The system is widely used in countries EU. She allows to identify the apparatus of record, set originality of phonogram and expose tracks of editing executed by compiling of new unit from the fragments of phonograms. But it behaves to the fragments which the signals of the network aiming of different frequency are fixed on. To them it is possible to take fragments written in at different times or in different places. Construction of the second system is based on comparison of descriptions of the fractal structures distinguished from noises of pauses exemplary (experimental) and investigated (debatable) phonograms. The system is worked out and is used in Ukraine. She allows to identify the apparatus of record, set originality of phonogram and expose tracks of editing, executed by compiling of new unit from the fragments of phonograms written in on a different apparatus. Both systems are based on the methods of authentication of apparatus of record, but none of them allows finally to decide the problem of exposure of the digital editing.

It is shown that development of the system, intended for the exposure of points of editing in the phonograms, executed by the method of compiling of new unit from phonograms written in on one apparatus of record or from one phonogram, is required. Requirements are certain to such system and methodology of her construction is offered. The basic methodology of construction of the programmatic system, based on the use of free libraries of the deep educating for neuron networks, is offered. For realization of development of the system it is suggested to create a base, containing no less than 10000 standards of phonograms necessary for the sufficient representativity of statistical researches. For her creation it is suggested to automatize the process of their making.

**Keywords:** neuron network, points of editing, phonogram, digital editing, examination.