

УДК 621.317+681.849

**СИСТЕМЫ ИНСТРУМЕНТАРИЯ ЭКСПЕРТИЗЫ
АУДИО- И ВИДЕОЗАПИСИ В УКРАИНЕ****д-р техн. наук, проф. О.В. РЫБАЛЬСКИЙ**
(Национальная академия внутренних дел, Киев);**канд. техн. наук, доц. В.И. СОЛОВЬЕВ**

(Восточноукраинский национальный университет имени В. Даля, Северодонецк);

канд. техн. наук В.В. ЖУРАВЕЛЬ

(Киевский научно-исследовательский экспертно-криминалистический центр МВД Украины)

Показаны новые системы инструментария для проведения технической экспертизы материалов и средств видеозвукозаписи. Одна часть систем прошла стадию внедрения в практику экспертных подразделений Украины, другая – в стадии разработки и внедрения. Системы обладают высокими характеристиками, превышающими мировые аналоги.

Ключевые слова: *аппаратура цифровой видео и звукозаписи, аналоговая запись, цифровая запись, фонограмма, экспертиза.*

Введение. Основными задачами технической экспертизы материалов и средств видеозвукозаписи (фоноскопической экспертизы) являются проверка аутентичности сигналограмм, представленных на экспертизу, и идентификация дикторов по физическим параметрам их голосов.

Состоявшийся окончательный переход к цифровым методам записи аудио- и видеоинформации как в быту, так и при проведении оперативно-розыскных и следственных действий, потребовали создания нового инструментария (экспертных методик, специализированных программных средств и аппаратно-программных комплексов), предназначенного для проведения фоноскопических экспертиз, отвечающих уровню развития техники записи и обработки информации.

Сложность создания такого инструментария заключается в особенностях цифровых методов записи. Она состоит в том, что динамический диапазон и уровень нелинейных искажений этих методов теоретически зависит только от правильности выбора частоты дискретизации и разрядности преобразования аналоговой информации в цифровую форму. Разумеется, что и цифровая аппаратура аудио- и видеозаписи имеет свои паразитные параметры, фиксируемые в сигналограммах при записи. Именно эти параметры являются теми идентификационными признаками, по которым проводится современная экспертиза. Однако сложность создания экспертного инструментария, основанного на паразитных параметрах цифровой аппаратуры записи, состоит в их крайне малых уровнях, что требует применения новых сверхчувствительных методов анализа.

Цель статьи – показать широкому кругу специалистов новые пути построения целого комплекса отечественных инструментальных средств, предназначенных для проведения фоноскопической экспертизы, внедряемого в экспертных учреждениях МВД Украины.

Основная часть. В общем случае комплекс должен объединять ряд методик и средств экспертизы для:

- идентификации диктора по физическим параметрам голоса;
- проверки аутентичности сигналограмм, т.е. проверки их оригинальности и подлинности.

С криминалистической точки зрения это должен быть комплекс методик и средств идентификационных и диагностических исследований речи диктора и аппаратуры цифровой записи.

В результате проведенных теоретических исследований и практических разработок в настоящее время создана система «АВАТАР», предназначенная для ускоренного поиска фигурантов в голосовой базе данных большого объема. Она позволяет ранжировать дикторов по голосовым сообщениям, зафиксированным в такой базе, что, в свою очередь, ускоряет розыск лиц, делающих ложные сообщения, например, о минировании важных общественных учреждений [1, 2]. Система построена с использованием ряда новых физических и математических подходов, например, применения элементов фонемической машины. Это позволило сократить время сообщения, пригодного для эффективного ранжирования дикторов. Ее испытания показали высокие качественные характеристики системы: минимальная достаточная длительность записи голоса диктора, необходимая для ранжирования, составляет 5 с при точке пересечения кривых ошибок I и II рода порядка 8,5 % (рисунок 1).

Кроме того, данные методы положены в основу созданной и испытываемой в настоящее время системы криминалистической идентификации диктора по физическим параметрам его голоса. Отметим, что аналогичные системы, разработанные в других странах, обеспечивают идентификацию личности по

голосу при длительности записи, как правило, более 1 мин с точкой пересечения кривых ошибок I и II рода на уровне 6 % [3]. В разработанной нами системе увеличение длительности записи голоса идентифицируемого диктора в диапазоне от 13 до 30 с снижает положение точки пересечения кривых ошибок I и II рода до уровня 6 %. Данные по кривым ошибок I и II рода получены при испытаниях на голосовых базах, данных для двух языков (русский и украинский) объемом в 500 фонограмм.

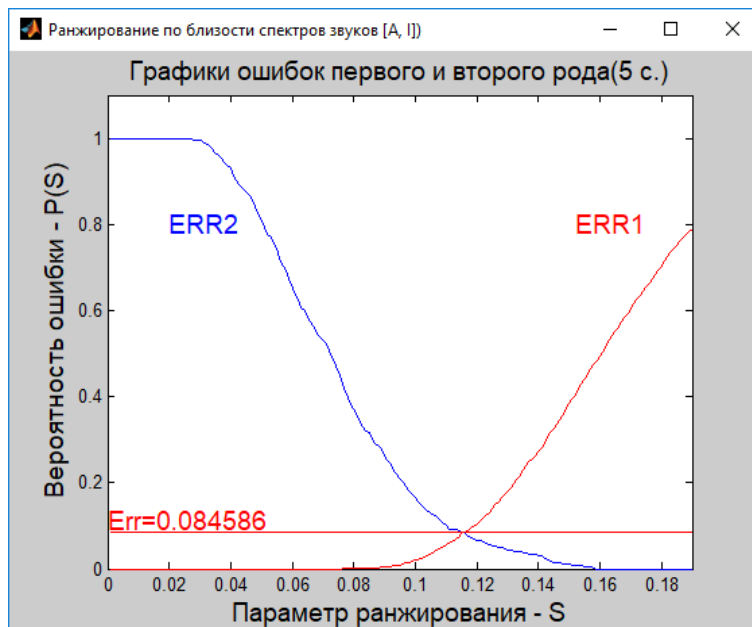


Рисунок 1. – Кривые ошибок I и II рода при ранжировании сообщений с длительностью речевого сообщения диктора от 2 до 5 с

Кроме того, разработана система идентификации аппаратуры аналоговой и цифровой звукозаписи (ААЗЗ и АЦЗЗ соответственно) «Фрактал», позволяющая проводить криминалистическую идентификацию такой аппаратуры и устанавливать оригинальность аналоговых и цифровых фонограмм (АФ и ЦФ соответственно), а также выявлять в них следы цифровой обработки [4].

Система построена на сравнении самоподобных структур, выделяемых из пауз в речевой информации образцовых (экспериментальных) фонограмм, с самоподобными структурами, выделяемыми из исследуемой (спорной) фонограммы [5]. Используется различие в плотностях вероятности меры близости самоподобных структур, зафиксированных на разной аппаратуре записи. Примеры таких распределений показаны на рисунках 2 и 3.

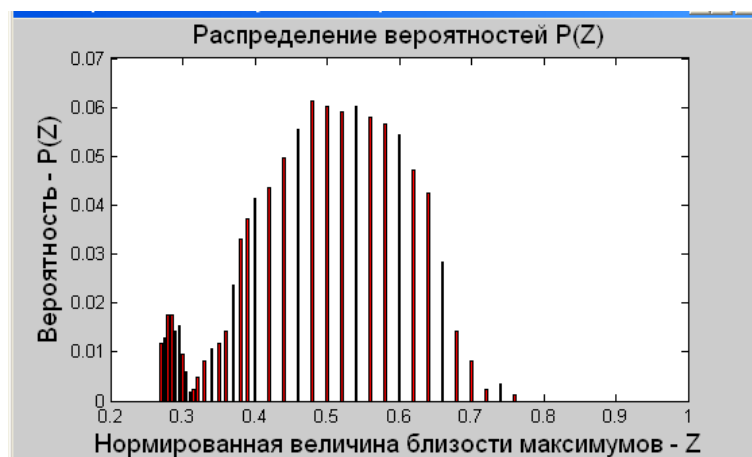


Рисунок 2. – Плотность вероятности меры близости Z для записи двух фонограмм на одной АЦЗЗ

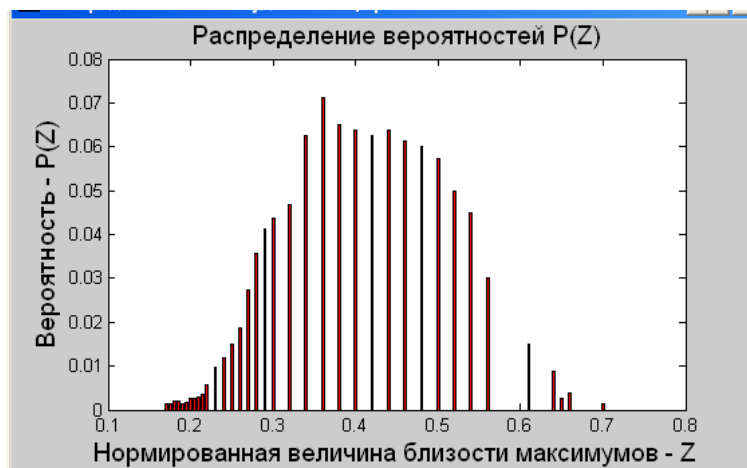


Рисунок 3. – Плотность вероятности меры близости Z для записи двух фонограмм на разной АЦЗЗ

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].

Как видно из сравнения рисунков 2 и 3, при записи фонограмм на разной аппаратуре в плотности вероятности меры близости отсутствует характерный участок, который прослеживается при записи сравниваемых фонограмм на одной аппаратуре.

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 [6].

Полученные закономерности обеспечили построение автоматизированной системы «Фрактал». При этом были использованы новые решения как при построении аппаратно-программного комплекса, так и при создании методики проведения экспертизы. В частности, при разработке комплекса были созданы и применены новые методы сегментации фонограмм и выделения пауз и оригинальные методы выделения и статистической обработки самоподобных структур [7, 8]. Был предложен метод автоматического расчета величины фрактальных масштабов [9]. При отработке методики и программы была установлена, во-первых, зависимость результата экспертных исследований от величины фрактального масштаба самоподобных структур, что обусловлено наличием отдельной области этих масштабов в распределении меры близости таких структур двух ЦФ, при которых проявляются индивидуальные особенности АЦЗЗ (см. рисунки 2 и 3). Во-вторых, выявлена необходимость при проведении проверки ЦФ установления области фрактальных масштабов, соответствующей аномальной зоне в плотности вероятности меры близости для каждой конкретной АЦЗЗ, на которой были записаны исследуемые ЦФ. И, в-третьих, выявления такого значения фрактального масштаба, в установленной области, при котором ошибка I рода минимальна. В частности, было отмечено, что при сравнении двух ЦФ всегда будут существовать две области фрактальных масштабов: область близости характеристик (совпадения) двух ЦФ и область несовпадения (различия) характеристик двух ЦФ. Между ними существует четкая граница. Это поясняется тем, что как в случае близости характеристик ЦФ, так и в случае их несовпадения обязательно существует область фрактальных масштабов, где проявляются индивидуальность характеристик аппаратуры, на которой они записаны [5, 7, 8, 10]. И именно в этой области лежит правильное решение. Таким образом, эксперту при принятии решения следует выбрать правильную область: или близости, или несовпадения фрактальных характеристик. Корректность этого выбора обеспечивает разработанная методика, определяющая ряд критериальных точек на образцовых (экспериментальных) фонограммах и доверительный интервал, которым накрывается или не накрывается критериальная точка исследуемой (спорной) фонограммы.

При этом доверительный интервал рассчитывается по формуле

$$I_{\beta} = [(a_{\min} - 0,2a_{\min}), (a_{\max} + 0,2a_{\max})], \quad (1)$$

где I_{β} – доверительный интервал;

β – вероятность того, что покрытие доверительным интервалом критериальной точки, полученной при сравнении образцовой и спорной ЦФ, отвечает гипотезе близости их фрактальных характеристик;

a_{\min} – минимальная величина значения критериальной точки;

a_{\max} – максимальная величина значения критериальной точки.

Этим полностью исключается субъективность принятия решения экспертом [11].

Результаты экспертных исследований представляются в виде иллюстраций отдельных этапов их проведения, как это показано на рисунках 4 и 5.

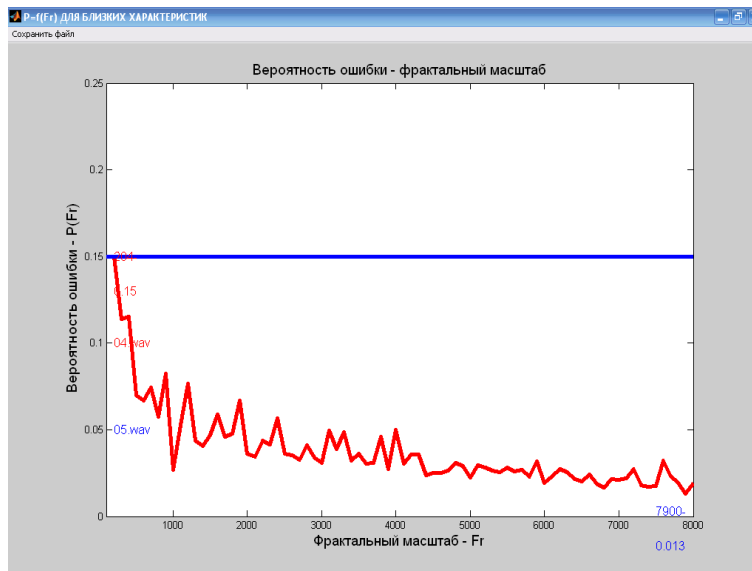


Рисунок 4. – Результат расчета характеристик фрактальных масштабов для области близких характеристик фонограмм 04 и 05, записанных на одной АЦЗЗ

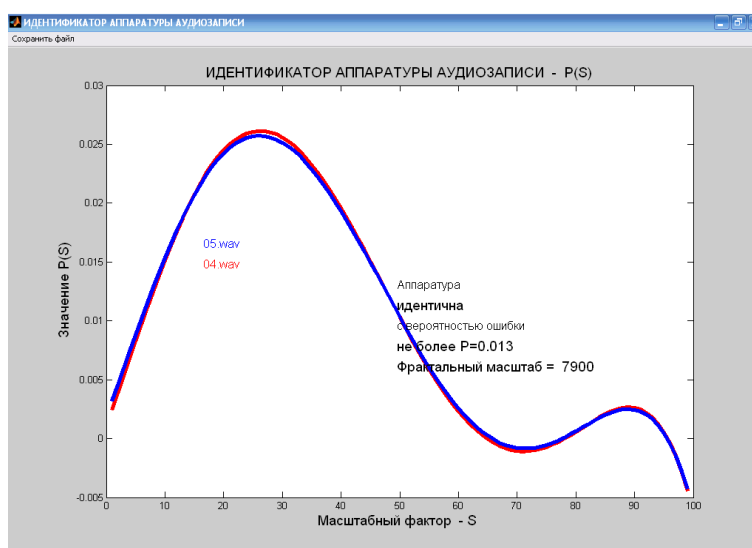


Рисунок 5. – Плотности вероятности меры близости самоподобных структур для фонограмм № 2 и № 6, записанных на одной АЦЗЗ

К сожалению, ограниченность объема излагаемого здесь материала не позволяет нам более подробно расписать все особенности разработанной системы. Экспериментально при сравнении 363 пар фонограмм было определено, что вероятность β принятия адекватного решения при принятой величине доверительного интервала в 20% составляет 0,994 [11]. При этом математическое ожидание величины ошибки I рода для двух сравниваемых фонограмм равно 0,0249 при среднеквадратическом отклонении, составляющим 0,0225 [11].

Отметим, что в настоящее время успешно разрабатывается еще ряд систем, предназначенных для установления точек монтажа в фонограммах и проверки аутентичности видеозаписей и цифровых фотографий.

Выводы. В настоящее время в Украине разрабатываются и внедряются в процесс проведения технической экспертизы материалов и средств видеозвукозаписи ряд новых систем, позволяющих проводить такую экспертизу на самом современном уровне. Это позволит обеспечить экспертные подразделения отечественным инструментарием, отвечающим самым высоким требованиям надежности и достоверности получаемых экспертных решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Система автоматизированного поиска голосов / В.И. Соловьев [и др.] // Информатика та математичні методи в моделюванні.– 2015. – Т. 5, № 4. – С. 302–307.
2. Рыбальський О.В. Методика верифікації особи за фізичними параметрами мовленнєвих сигналів повідомлень, що містяться у голосовій базі даних, з використанням системи автоматичного пошуку «АВАТАР» / О.В. Рыбальський, В.В. Журавель, В.І. Соловйов. – Київ : ЛОНМР ДНДЕКЦ МВС України. – 2018. – 44 с.
3. Speaker Recognition Evaluation 2016 // NIST. – Режим доступа: <https://www.nist.gov/itl/iad/mig/speaker-recognition-evaluation-2016>.
4. Методика ідентифікаційних і діагностичних досліджень аналогової та цифрової апаратури звукозапису та аналогових і цифрових фонограм при проведенні технічних досліджень звуко- та відеозаписів на основі використання програмного комплексу «Фрактал» : а. с. № 75496 / О.В. Рыбальський, В.І. Соловйов, В.В. Журавель. – Від. 25.10. 2017.
5. Рыбальский, О.В. 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 // Информатика та математичні методи в моделюванні. – 2016. – Т. 6, № 2. – С. 105–115.
6. 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.
7. Обобщенная модель выделения фрактальных структур из цифровых сигналов методом максимумов вейвлет-преобразования / О.В. Рыбальский [и др.] // Вестник Полоцкого государственного университета. – Серия С. Фундаментальные науки. – 2016. – № 4. – С. 13–16.
8. Журавель, В.В. Принципы, использованные при проектировании программного обеспечения проверки целостности информации в цифровых фонограммах / В. В. Журавель // Сучасна спеціальна техніка. – 2016. – № 2, (45). – С. 39–43.
9. Automatic calculation of the coefficients of fractal scale in the program “Fractal” / O.V. Rybalsky [et al.] // Сучасна спеціальна техніка. – 2014. – № 4 (39). – С. 5–11.
10. Статистическая обработка самоподобных структур, выделенных из шумов фонограмм, при определении идентичности аппаратуры цифровой звукозаписи / О.В. Рыбальский [и др.] // Электротехнические и компьютерные системы. – 2016. – № 22 (98). – С. 413–417.
11. Рыбальський О.В. Визначення ефективності інструментарію експертизи матеріалів і засобів цифрового звукозапису «Фрактал» / О.В. Рыбальський, В.В. Журавель, В.І. Соловйов // Актуальні питання експертно-криміналістичного забезпечення правоохоронної діяльності : зб. матер. наук.-практ. конф., Київ, 25 листопада 2016 р. / Національної академії внутрішніх справ. – Київ, 2016. – С. 251–253.

Поступила 20.03.2018

**THE SYSTEMS OF TOOL OF EXAMINATION
OF AUDIO AND VIDEOTAPE RECORDING ARE IN UKRAINE**

O. RYBALSKY, V. SOLOVYOV, V. ZHURAVEL

The new systems of tool are shown for realization of technical examination of materials and facilities of the audio and video recording. Part of the systems was passed the stage of introduction in practice of expert subdivisions of Ukraine. Part of the systems are in the stage of development and introduction. The systems possess high descriptions exceeding world analogues.

Keywords: *apparatus digital video and audio recording, analog record, digital record, phonogram, examination.*