

УДК 343.985

Рибальський Олег Володимирович,доктор технічних наук, професор, лауреат Державної премії УРСР
у галузі науки і техніки, професор НАВС, м. Київ, Україна,
ORCID ID 0000-0002-1440-8344**Соловійов Віктор Іванович,**кандидат технічних наук, доцент, заступник завідувача кафедри
комп'ютерних систем та мереж Східноукраїнського національного
університету ім. В. Даля, м. Сєверодонецьк, Україна,
ORCID ID 0000-0003-3541-4740**Чернявський Сергій Сергійович,**доктор юридичних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки,
проректор НАВС, м. Київ, Україна,
ORCID ID 0000-0002-2711-3828**Журавель Вадим Васильович,**кандидат технічних наук, завідувач лабораторії досліджень
у сфері інформаційних технологій Київського науково-дослідного
експертно-криміналістичного центру МВС України, м. Київ, Україна

ОСОБЛИВОСТІ СУЧАСНИХ ІМОВІРНІСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ СУДОВОЇ ЕКСПЕРТИЗИ

У статті розглядаються аспекти прийняття ймовірнісного висновку експерта, пов'язані з побудовою кривих помилок першого і другого роду для експертного інструментарію й знаходження міри близькості між ідентифікаційними ознаками, отриманими від різних ідентифікуючих об'єктів. Визначено, що при криміналістичній ідентифікації помилка першого роду вказує на ймовірність того, що досліджувані об'єкти неправильно ідентифіковані як різні, а помилка другого роду – на ймовірність того, що різні об'єкти неправильно ідентифіковані як один. Показано, що використання сучасних засобів програмування та обробки інформації відкриває нові додаткові можливості при побудові експертного інструментарію складних об'єктів.

Ключові слова: висновок експерта, ймовірність, ідентифікаційні ознаки, криві помилок першого і другого роду, криміналістична ідентифікація, міра близькості, судова експертиза

У одній з наших останніх робіт надано наукове обґрунтування вимоги до отримання та формулювання висновків в акті експертизи складних об'єктів в імовірнісній формі [1]. Там же показано, що ця вимога обґрунтована існуванням трьох незалежних випадкових складових, присутніх при ідентифікаційних експертних дослідженнях таких об'єктів. До них відносяться:

– ймовірність повного збігу ідентифікаційних ознак двох різних об'єктів групи, що визначає сувору індивідуальність ідентифікаційних ознак кожного конкретного об'єкта;

– ймовірність помилки I і II роду, що визначає оцінку мінімальної ефективності конкретного експертного інструментарію, використовуюваного для кожного виду експертизи;

– ймовірність, що визначається конкретною величиною помилки I або II роду, яка отримується при знаходженні міри близькості порівнюваних ідентифікаційних ознак у процесі проведення ідентифікації конкретного об'єкту.

Зважаючи на отримані результати, у цій роботі було запропоновано обов'язкову побудову кривих величин ймовірності помилки I і II роду та визначення мінімальної ефективності інструментарію для проведення експертиз складних об'єктів при його створенні й упровадженні у практику.

Водночас у роботі були упущені деякі аспекти (вони переважали б роботу зайвими подробицями), пов'язані з побудовою таких кривих і знаходженням міри близькості ідентифікаційних ознак, які ідентифікують об'єкт, оскільки їх освітлення вимагає окремого розгляду.

У статті розглядаються аспекти прийняття ймовірнісного висновку експерта, пов'язані з побудовою кривих помилок I і II роду для експертного інструментарію та знаходження міри близькості між ідентифікаційними ознаками, отриманими від різних ідентифікуючих об'єктів.

Фізичний і криміналістичний сенс кривих помилок I і II роду

Кінцевою метою ідентифікаційних досліджень є встановлення факту приналежності ідентифікаційних ознак, за якими проводиться порівняння, до одного джерела походження, тобто встановлення факту їх виникнення в одному (чи від одного) об'єкті. При ідентифікації складних об'єктів ці ознаки, як правило, виділяються з різних ідентифікуючих об'єктів. Це, наприклад, відбувається при ідентифікації ствола нарізної зброї або апарату звукозапису, коли порівнюють ідентифікаційні ознаки, виділені зі спірного та експериментального зразків куль або фонограм.

У будь-якому випадку для подальшої ідентифікації спочатку необхідно виділити ідентифікаційні ознаки з ідентифікуючих об'єктів і зробити виміри їх параметрів з точністю та в обсязі достатніх для проведення подальших порівняльних досліджень. Лише після цього можна провести необхідне порівняння параметрів виділених ідентифікаційних ознак. Для цих операцій застосовуються спеціалізовані апаратно-програмні комплекси, побудовані на основі інформаційних технологій.

Очевидно, що як виділення, так і виміри параметрів завжди робитимуться з деякою погрішністю, яка визначається точністю роботи використовуваних інструментів, що властиво будь-якому технічному приладу. Очевидно, що ідентифікаційні ознаки, виділені з різних ідентифікуючих об'єктів, не можуть мати абсолютно однакових параметрів. Тому при порівняннях ідентифікаційних ознак використовуються ймовірнісні оцінки їх близькості, тобто оцінюється міра близькості двох випадкових величин або випадкових процесів. При цьому завжди існує деяка можливість помилки, коли через наявну погрішність вимірів або погрішності у точності оцінки близькості параметрів ознаки, що походять від одного об'єкта, можуть сприйматися як такі, що походять від різних джерел, а ознаки, що походять від різних об'єктів, як такі, що походять від одного джерела. Ймовірністю виникнення таких помилок визначається мінімальна точність інструменту, призна-

ченого для проведення конкретного виду експертизи. Такі помилки називають помилками I і II роду.

Слід зауважити, що під помилкою I роду розуміють імовірність того, що правильно прийнята як основна гіпотеза H_0 щодо приналежності двох розподілів (чи випадкових величин) до однієї сукупності виявиться помилкове знехтуваною (відхиленою). Тоді під помилкою II роду розуміють імовірність того, що помилково буде знехтувана правильно прийнята альтернативна гіпотеза H_1 щодо приналежності двох розподілів до різних сукупностей [2].

Для криміналістичного підходу це означає, що помилка I роду є ймовірністю того, що прийнята як основна, гіпотеза H_0 щодо приналежності ідентифікаційних ознак до одного об'єкта їх походження, буде помилково знехтувана (об'єкти будуть неправильно ідентифіковані як різні). Відповідно, помилка II роду – це ймовірність того, що правильно прийнята як альтернативна гіпотеза H_1 щодо приналежності ідентифікаційних ознак до різних об'єктів їх походження буде помилково знехтувана (різні об'єкти будуть ідентифіковані як один).

Іншими словами, *помилка I роду вказує на ймовірність того, що досліджувані об'єкти неправильно ідентифіковані як різні, а помилка II роду – на ймовірність того, що різні об'єкти неправильно ідентифіковані як один.*

З цього слідує метод побудови кривих ймовірності помилок I і II роду, залежних від параметрів досліджуваних ознак [3]. Оскільки основним параметром для побудови системи криміналістичної ідентифікації є міра близькості, то необхідно побудувати криві залежності ймовірності помилок I і II роду від міри близькості порівнюваних величин. Можуть бути використані й додаткові параметри, оскільки ці криві можуть залежати, наприклад, від тривалості фонограми при створенні системи ідентифікації диктора. Для цього випадку будується набір кривих для фонограм різної тривалості. Отже, для побудови кривих необхідно мати велику кількість пар зразків з ідентифікаційними ознаками, що походять від одного та від різних джерел, наприклад, 20 000 пар. При побудові кривої помилок I роду задаємося кроком міри близькості. Проводимо порівняння різних пар, ознаки в яких походять від одного джерела. Запам'ятовуємо покрокові значення міри близькості, кількість пар, підданих порівнянню на кожному кроці міри близькості, та кількість помилкових результатів для кожного кроку міри близькості (тобто випадків, коли джерела були ідентифіковані як різні). Розраховуємо статистичну частоту помилкового результату для кожного заданого кроку міри близькості як відношення кількості помилкових результатів до загальної кількості пар, що порівнюються при цьому кроці. Відповідно до закону великих чисел, отримані значення статистичної частоти n помилки для кожного кроку міри близькості сходяться до величини ймовірності P цієї помилки [3]. Так отримують криву ймовірності помилок I роду. Аналогічний метод використовується для отримання кривої помилок II роду, але для цього порівняння роблять на парах з ідентифікаційними ознаками, отриманими від різних джерел. Отримуємо криву ймовірності помилок II роду (тобто для випадків, коли ознаки неправильно були визначені як ті, що походять від одного джерела). Приклад результату побудови кривих помилок I і II роду подається на рис. 1.

На графіках видно точка перетину кривих, у цій точці ймовірності помилок рівні. Ця величина є комплексною оцінкою величини максимальної ймовірності помилки, що приймається як порогова для цієї експертної системи або, інакше кажучи, мінімальною ефективністю експертного інструментарію, яка розраховується зі співвідношення

$$E_{min} = (1 - P_n) \times 100 (\%),$$

де E_{min} – мінімальна ефективність системи,
 P_n – максимальна порогова ймовірність помилок.

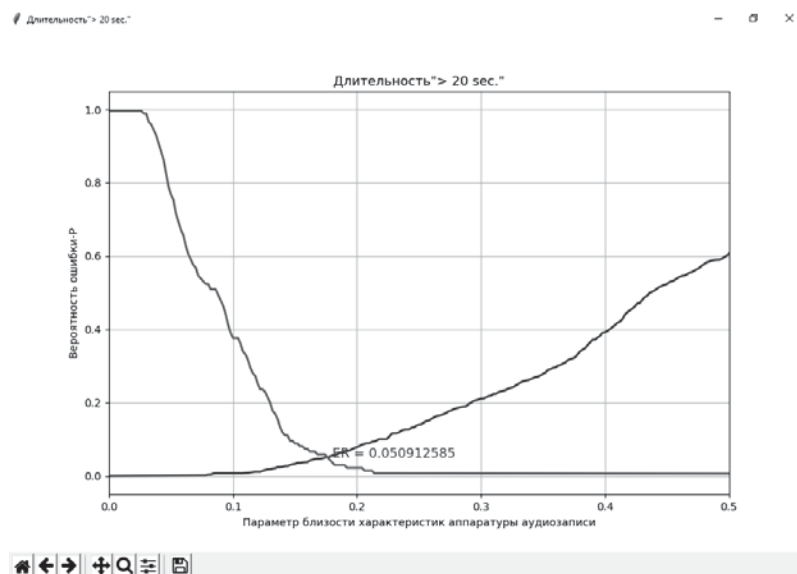


Рис. 1. Графіки ймовірності помилок першого та другого роду в системі ідентифікації апаратури запису для фонограм тривалістю більше 20 сек.

Міра близькості між ідентифікаційними ознаками та помилки I і II роду

Крива ймовірність помилок має будуватися для кожної конкретної системи, заснованої на ймовірнісному підході. Вони є опорним елементом цієї системи та використовуються при практичному проведенні будь-якої конкретної експертизи при кожному порівняльному дослідженні ідентифікаційних ознак, виділених із двох різних ідентифікуючих об'єктів. Саме за цими кривими визначається конкретна ймовірність помилок I і II роду. Для цього спочатку визначається міра близькості порівнюваних ідентифікаційних ознак. Потім з отриманої міри близькості, що є параметром при побудові кривих помилок, за цими кривими визначається величина ймовірності помилок I і II роду. Ця ймовірність може бути набагато нижча порогової ймовірності таких помилок, розрахованих для інструментарію, що використовується при експертизі.

При цьому необхідно враховувати деякі особливості математичної статистики, зокрема, якщо ймовірність помилки I роду мала, то подія, яка полягає в тому, що досліджувані об'єкти різні, є практично неможливою [3]. У цьому випадку гіпотеза щодо визнання походження ідентифікаційних ознак від різних джерел відхиляється з практичною достовірністю.

Слід зазначити, що для порівняння ідентифікаційних ознак можуть бути використані різні статистичні критерії, вибір яких залежить від характеристик порівнюваних фізичних величин. Їх вибір визначається при проектуванні системи.

Від його правильності неабиякою мірою залежить ефективність системи, що розробляється.

Особливе значення при побудові систем, заснованих на ймовірнісному підході, має застосування великої кількості порівнюваних пар зразків при отриманні кривих імовірності помилок. Тільки в цьому випадку можна прийняти статистичну частоту помилок як величину їх імовірності й тільки тоді криві можна використовувати як типові для цієї системи. Очевидно, що забезпечення такою кількістю зразків, що походять від різних джерел, дуже трудомістко, дорого, та вимагає величезних часових витрат. Як правило, розробники інструментарію знаходять способи отримання великої кількості зразків за спрощеними схемами. Наприклад, при побудові систем для фоновскопичної експертизи записують довгі зразкові фонограми на різних апаратах звукозапису, а потім розбивають такі фонограми на короткі фрагменти. Сучасні інструменти програмування та обробки інформації забезпечують можливість проводити таке розбиття в автоматичному режимі. Використовувані раніше програмні засоби і методи обробки інформації таких можливостей не забезпечували.

При використанні такого методу одночасно вирішується низка додаткових завдань. Зокрема, визначається здатність створюваної системи ефективно порівнювати короткі фонограми, визначається залежність мінімальної ефективності системи від тривалості порівнюваних фонограм і тому подібне. У результаті такий метод дозволяє отримувати сотні тисяч, а іноді й мільйони зразків, що забезпечує виконання закону великих чисел при побудові кривих імовірності помилок. Одночасно відзначимо, що сучасні програмні інструменти та методи обробки інформації забезпечують можливість порівняння дуже коротких фонограм із тривалістю, наприклад, від 3 сек. Це відкриває нові можливості у створенні не лише експертних програм, а й програм, призначених для обробки інформації оперативними службами.

Отже, слід зазначити, що в роботі показана можливість побудови сучасного інструментарію на науково-обґрунтованій основі ймовірнісного підходу до отримання та формулювання висновків в акті експертизи складних об'єктів.

Цей підхід спирається на обов'язкову побудову кривих величин імовірності помилок I і II роду. Їх побудова проводиться при розробці експертного інструментарію на основі великої кількості порівнянь пар зразків, що забезпечує достовірність таких кривих. Використання таких кривих забезпечує отримання комплексної оцінки значення мінімальної ефективності експертного інструментарію при його розробці. Ці криві використовуються при проведенні експертиз для отримання ймовірнісного висновку з реальними величинами помилок I і II роду.

Визначено, що при криміналістичній ідентифікації помилка I роду вказує на ймовірність того, що досліджувані об'єкти неправильно ідентифіковані як різні, а помилка II роду – на ймовірність того, що різні об'єкти неправильно ідентифіковані як один.

Показано, що використання сучасних засобів програмування та обробки інформації відкриває нові додаткові можливості при побудові експертного інструментарію складних об'єктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Рыбальский О.В., Соловьев В.И., Чернявский С.С., Журавель В.В., Железняк В.К. Вероятностный подход к принятию экспертных решений по анализу сложных объектов. *Известия*

© Rybalskyi Oleh, Soloviov Viktor, Cherniavskyi Serhii, Zhuravel Vadym, 2019

DOI (Article): [https://doi.org/10.36486/np.2019.4\(46\).39](https://doi.org/10.36486/np.2019.4(46).39)

Issue 4(46) 2019

<http://naukaipravoohorona.com/>

Національної академії наук Белорусси. Серія фізико-технічні науки, 2019, Т. 64, № 3, С. 346–352. URL: <https://doi.org/10.29235/15-8358-2019-64-3-346-352> (дата звернення: 18.09.2019).

2. Нейман Ю. Вводный курс теории вероятностей и математической статистики. М.: Наука, 1968. 448 с.

3. Корольук В.С., Портенко Н.И., Скороход А.В. и др. Справочник по теории вероятностей и математической статистике. М.: Наука. Глав. ред. физ.-мат. литературы, 1985. 640 с.

REFERENCES

1. Rybalskyi O.V., Soloviov V.I., Cherniavskyi S.S., Zhuravel V.V., Zhelezniak V.K. (2019). Veroiatnostnyi podkhod k priniatuiu expertnykh reshenii po analizu slozhykh obektov. "Probabilistic approach to making expert decisions on the analysis of complex objects". Proceedings of the National Academy of sciences of Belarus. Physical- technical series, vol. 64. No. 3, P. 346–352. URL: <https://doi.org/10.29235/15-8358-2019-64-3-346-352> (date of application: 18.09.2019) [in Russian].

2. Neiman Yu. (1968). Vvodnyi kurs teorii veroiatnostei i matematicheskoi statistiki. "First course in probability and statistics". Moscow, Nauka. 448 p. [in Russian].

3. Korolyuk V.S., Portenko N.I., Skorokhod A.V., Turbin A.F. (1985). Spravochnik po teorii vepoiatnostei i matematicheskoi statistike. "Reference book on the theory of chances and mathematical statistics". Moscow, Nauka. 649 p. [in Russian].

UDC 343.985

Rybalskyi Oleh,

Doctor of Technical Sciences,

Full Professor, Laureate of the State Prize of the USSR of Science and Technology, Professor at the National Academy of Internal Affairs,

Kyiv, Ukraine

ORCID ID 0000-0002-1440-8344

Soloviov Viktor,

Candidate of Technical Sciences, Docent,

Deputy Head of the Department,

V.Dahl East Ukrainian National University, Severodonetsk, Ukraine,

ORCID ID 0000-0003-3541-4740

Cherniavskyi Serhii,

Doctor of Juridical Sciences, Professor, Honored Worker of Science and Technology,

Pro-rector of the National Academy of Internal Affairs, Kyiv, Ukraine

ORCID ID 0000-0002-2711-3828

Zhuravel Vadym,

Candidate of Technical Sciences, Chief of the Laboratory,

Kyiv Research and Expert and Criminalistics Center
of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, Kyiv, Ukraine

FEATURES OF MODERN PROBABILISTIC TECHNOLOGIES OF JUDICIAL EXAMINATION

The aspects of acceptance of probabilistic conclusion of expert, related to the construction of the crooked errors of the first and second family for an expert tool and being of measure of closeness between the identification signs got from different identifying objects, are examined in the article.

© Rybalskyi Oleh, Soloviov Viktor, Cherniavskyi Serhii, Zhuravel Vadym, 2019

DOI (Article): [https://doi.org/10.36486/np.2019.4\(46\).39](https://doi.org/10.36486/np.2019.4(46).39)

Issue 4(46) 2019

<http://naukaipravoohorona.com/>

The necessity of acceptance of probabilistic conclusion is conditioned by that both a selection and measuring of parameters always will be produced by some error determined by exactness of work of the used instruments, that inherently to any technical device. In addition, identification signs abstracted from different identifying objects, absolutely identical parameters can not have. Therefore for comparisons of identification signs the probabilistic estimations of their closeness are used, i.e. the measure of closeness of two casual sizes or casual processes is estimated. Thus there always is some possibility of error, when from the existent error of measuring or error in exactness of estimation of closeness of parameters the signs produced by one object can be taken for what be going on from different sources, and signs what be going on from different objects, for what be going on from one source. Probability of origin of such errors is determined minimum exactness of the instrument intended for realization of concrete type of examination. Such errors name the errors of the first and second family.

Possibility of construction of modern tool is in-process shown on scientifically reasonable basis of the probabilistic going near a receipt and formulation of conclusions in the certificate of examination of difficult objects.

This approach leans against the obligatory construction of the crooked sizes of probability of errors of the first and second family. Their construction is conducted at development of expert tool on the basis of plenty of comparisons of pairs of standards, which provides authenticity of such curves. The use of such curves provides the receipt of complex estimation of value of minimum efficiency of expert tool at his development. These curves are used for realization of examinations for the receipt of probabilistic conclusion with the real sizes of errors of the first and second family.

It is certain that during criminalistics authentication the error of the first family specifies on probability that the investigated objects are wrong identified as different, and error of the second family – on probability that different objects are wrong identified as one.

It is shown that the use of modern facilities of programming and treatment of information opens new additional possibilities at the construction of expert tool of difficult objects.

Keywords: expert opinion, probability, identification features, first and second type error curves, forensic identification, degree of proximity, forensic examination.

Отримано: 24.10.2019