

теоретичних конструкцій, ми завжди залежимо від розмаху вибірки та розмірності масиву.

Справедливою є математична оцінка відсотка попадань в найгірший випадок роботи алгоритму – випадок, коли значення x відсутнє в наборі при великих обсягах даних

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{1}{N}\right)^n = e^{-\frac{n}{N}},$$

де N – розмах вибірки, n – розмірність масиву даних.

Тобто, в прикладних реалізаціях наших оцінок складності ми маємо робити поправку та той спосіб, в який ми формуємо наші дані, бо неврахування математичної постановки задачі і реальної програмної реалізації може вносити серйозну похибку в наші комп'ютерні обчислення при збереженні формальної коректності нашого алгоритму.

Список використаних джерел

1. Кормен Т.Г., Лейзерсон Ч.Е., Рівест Р.Л., Стайн К. Вступ до алгоритмів. – К.: К.І.С., 2019. –1288 с.

УДК 519.67, 623.44

*Варер Б.Ю., магістрант
Крикун І.Г., к.ф.-м.н., доцент,
доцент кафедри прикладної
математики*

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ВОГНЕПАЛЬНОЇ ЗБРОЇ ЗА АКУСТИЧНИМИ СИГНАЛАМИ РОБОТИ ЇЇ МЕХАНІЗМІВ

*Донецький Національний університет імені Василя Стуса, м.
Вінниця*

Вступ. Криміналістичне розслідування широко використовує методи відео- та аудіофіксації в своїй роботі. Станом на 2008 рік основним способом дослідження та співставленні звуків пострілу, особливостей голосу, інтонацій, тощо, був органолептичний метод – тобто, на слух [1]. За час, що минув, якість засобів фіксації звуку та відео значно зросла, що дало можливість отримувати набагато якісніші дані зі звукового середовища події правопорушення. Дане дослідження присвячене встановленню ефективного метода ідентифікації типу операції, що здійснюється зі зброєю методом машинного навчання.

Актуальність дослідження полягає в розширенні можливостей криміналістичної експертизи, розшуково-слідчих робіт та збільшенні ефективності дій, направлених на запобігання скоєнню злочину.

Основна частина. Порівняно з відеофіксацією, звукова ідентифікація має ряд суттєвих переваг – наприклад, її результат мало залежить від положення мікрофона відносно стрільця, умов видимості та розміру зброї. Дослідження, проведені в галузі машинного навчання [2], показали високу результативність (до 90 % правильних ідентифікацій) у визначенні категорії, калібру та моделі зброї, що використовувалась на місці злочину, лише за звуком її пострілу.

Крім того, звук роботи механізму також несе в собі інформацію про стан (а, отже, і потенційну несправність) зброї, що його видає. Так, у роботі [3] автори наводять приклади осцилограм звуку перезаряджання гвинтівки Beryl S 223 після 50 (рис. 1) та 20050 (рис. 2) пострілів.

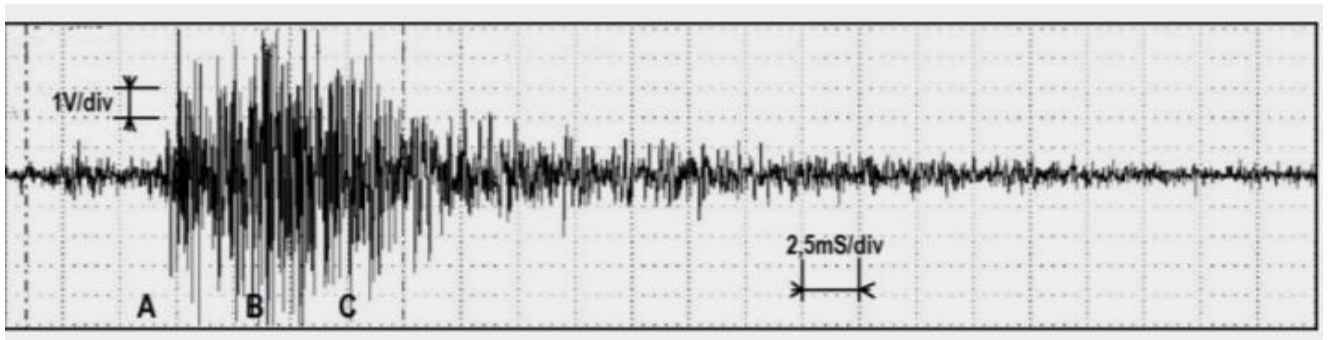


Рис. 1: Осцилограма звуку перезаряджання гвинтівки Beryl S 223 після 50 зроблених пострілів.

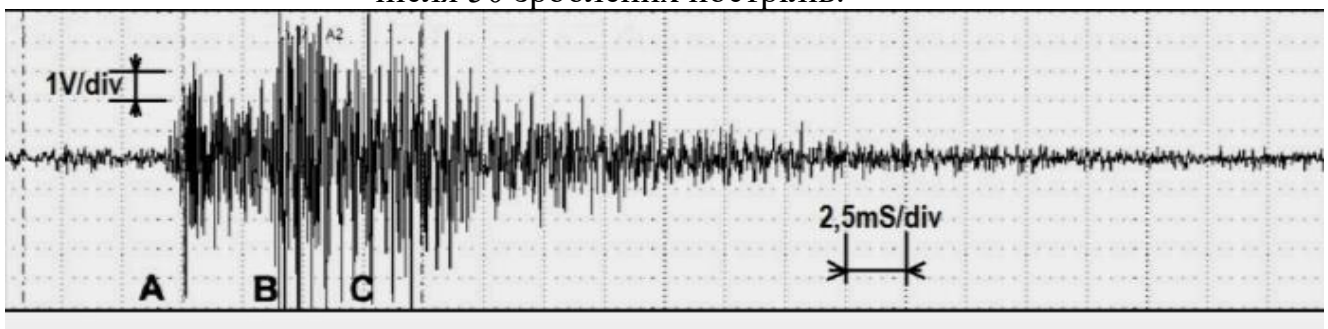


Рис. 2: Осцилограма звуку перезаряджання гвинтівки Beryl S 223 після зроблених 20050 пострілів.

Навіть просте візуальне порівняння цих записів дозволяє помітити значні зміни акустичних показників після проведення контрольної серії пострілів.

Також співставлення акустичних доказів та зовнішніх балістичних розрахунків може бути застосоване для визначення відстані до стрільця та його положення. [4]

Постановка задачі та отримані результати.

Мета дослідження: розробка програмного забезпечення для ідентифікування вогнепальної зброї та типу операцій, що проводяться з нею, за акустичними сигналами роботи її механізмів.

Використовуючи методи машинного навчання, було проведено спектральний аналіз та порівняння чотирьох конструкцій напівавтоматичних пістолетів за звуками, які вони видають під час чотирьох типів операцій.



Рис. 3: Екземпляри зброї, використані в дослідженні

Наше дослідження ґрунтується на результатах аналізу акустичних сигналів чотирьох типів операцій з вогнепальною зброєю (удар затворної рами об корпус зброї при відтягуванні її в крайнє заднє положення, удар затворної рами об казенний зріз ствола чи деталі корпусу при поверненні в крайнє переднє положення, натискання спускового гачка і активація ударно-спускового механізму та відновлення кінетичного зв'язку між спусковою деталлю та шепталом, яка була розірвана роз'єднувачем після пострілу). Для експерименту було використано по чотири зразка напівавтоматичних пістолетів Glock 17/19, Browning High Power (HP 35), Jericho 941 та Beretta M1951.

Алгоритм машинного навчання був побудований на базі ознак, виділених із запису акустичних сигналів, зроблених в звичайних умовах (без звукоізоляції) на мікрофон комп'ютера Asus ZenBook. Для розрахунків було використано LDA (лінійний дискримінантний аналіз) [5] та XGBoost (Extreme Gradient Boosting) [6].

В процесі дослідження було отримано переконливі свідчення того, що акустичні сигнали роботи механізмів вогнепальної зброї можуть з точністю у понад 90% встановити конкретний зразок вогнепальної зброї за і тому ці акустичні сигнали можуть бути використані як доказ при ідентифікації зброї під час судових розслідувань. Був поставлений експеримент, який показав,

що тип операції можна визначити за записаним акустичним сигналом з точністю до 90% істинних прогнозів (ідентифікацій).

Докладно отримані результати доповідались на конференції [7] та були опубліковані в статті [8].

Висновки та перспективи подальших досліджень. Методи звукової фіксації та аналізу отриманих записів можуть бути використані під час розслідування злочинів та судово-медичної експертизи, для визначення позиції стрільця, категорії та моделі використаної зброї, а також для судової ідентифікації вогнепальної зброї.

Подальше застосування наведеного методу та дослідження ширшого спектру зброї дасть можливість виявляти конструктивні особливості механізму (справність, рівень зносу) зброї лише за характеристиками звуку, що ним видаються в процесі використання.

Список використаних джерел

1. Татарнікова Т. О. Експертні дослідження матеріалів та засобів цифрового аудіозапису, Академія внутрішніх справ України, 2009.
2. Raponi S., Oligeri G., Ali I. M.. *Sound of guns: digital forensics of gun audio samples meets artificial intelligence*, Springer Nature, 2022.
3. Maciąg P., Chalko L. *Use of sound spectral signals analysis to assess the technical condition of mechanical devices*, MATEC Web of Conferences 290, 01006, 2019.
4. Paredes D. M., Apolinario J. A. *Shooter localization using microphone arrays on elevated platforms. 2014 IEEE Central America and Panama Convention (CONCAPAN XXXIV). IEEE, 11.2014.*
5. Hardle W., Simar L. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Springer, 2007
6. Chen T., Guestrin C. *XGBoost: A Scalable Tree Boosting System*, 2016.
7. Varer B., Giverts P. *The comparison of feature engineering methods used for acoustic identification of firearms. IEEE UkrMiCo, 2021.*
8. Giverts P., Sofer S., Solewicz Y., Varer B. *Firearms identification by the acoustic signals of their mechanisms. Forensic Science International. Vol. 306, 2020.*

УДК 004.01

Грабiк К.І., здобувач кафедри
інформаційних технологій

ВИДІЛЕННЯ ОПЕРАТИВНОЇ ПАМ'ЯТІ У МОВІ ПРОГРАМУВАННЯ PYTHON

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Python – це мова програмування, яка максимально відгороджує програміста від роботи з пам'яттю, це є певним плюсом, оскільки дозволяє зосередитись на вирішенні завдання, але мені як людині, яка доволі багато