

ВИЗНАЧЕННЯ ЗВУКІВ ПОСТРІЛІВ ГАРМАТИ НА ОСНОВІ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ АУДІОСИГНАЛІВ І ЗГОРТКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Гера В.Я., Баган А.В., Сівак О.І., Бондар Р.В.
*Національна академія сухопутних військ
імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів*

У сучасних умовах бойових дій питання точного та своєчасного виявлення звуку пострілу гармати є критичним для систем ситуаційної обізнаності та охорони об'єктів. Враховуючи обмеження традиційних методів, що базуються на амплітудному аналізі чи простому пороговому розпізнаванні, у даній роботі запропоновано підхід, який поєднує глибоке навчання та візуальні характеристики звуку. Основною особливістю роботи є використання високочутливого конденсаторного мікрофону, підключеного до мікроконтролера через фантомне живлення. Це дозволяє створити автономну, мобільну систему виявлення, здатну функціонувати у складних умовах шумового середовища та нестабільного енергопостачання.

Аудіосигнал, отриманий із мікрофону, проходить кілька етапів попередньої обробки: сегментація вікном Хеммінга, перетворення Фур'є (FFT), обчислення мел-частотних кепстральних коефіцієнтів (MFCC) та побудова матриці самоподібності сигналу. Кожен з цих методів дозволяє виявити різні аспекти акустичної події, зокрема частотну структуру, імпульсність і повторюваність. Об'єднання цих характеристик в одне трьохканальне зображення (RGB) дозволяє надати згортковій нейронній мережі достатньо інформації для розпізнавання типових особливостей звуку пострілу.

У якості моделей були використані CNN-архітектури VGG16, InceptionV3 та ResNet18. Найкращі результати було досягнуто при використанні ResNet18 з попередньо навченою та донавченою конфігурацією. При цьому точність класифікації досягала 99.1% при надзвичайно низькому відсотку хибнопозитивних спрацьовувань (менше 0.5%). Це дозволяє використовувати систему не лише для аналізу заздалегідь записаних аудіофайлів, але й у реальному часі. Експерименти також показали, що зменшення частоти дискретизації до 8 кГц майже не вплинуло на точність, що критично для вбудованих систем зі зниженим енергоспоживанням.

Результати підтверджують ефективність поєднання глибинного навчання та аудіо-візуалізації для військової акустичної розвідки. У подальшому систему можна інтегрувати з іншими сенсорами (детектори диму, ІЧ-камери, GPS) для комплексного моніторингу. Також можливе її застосування для навчання систем виявлення артилерії та визначення напрямку джерела звуку.

Література:

1. **Salamon, J.**, Jacoby, C., Bello, J. P. A Dataset and Taxonomy for Urban Sound Research // *Proceedings of the 22nd ACM International Conference on Multimedia (MM '14)*. – Orlando, Florida, USA, 2014. – P. 1041–1044. – DOI: 10.1145/2647868.2655045.
2. **Ahmed, T.**, Uppal, M., Muhammad, A. Improving Efficiency and Reliability of Gunshot Detection Systems // *Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*. – Vancouver, BC, Canada, 2013. – P. 513–517. – DOI: 10.1109/ICASSP.2013.6637700.