



КІБЕР
ПОЛІЦІЯ
НАЦІОНАЛЬНА ПОЛІЦІЯ
УКРАЇНИ



EMBROX
SOLUTIONS



LVIV IT
CLUSTER

softserve



UKRAINIAN
RUST
COMMUNITY



ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Збірник тез доповідей
VII Всеукраїнської
науково-практичної конференції

27 листопада 2025 року

м. Львів

МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ
ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ПРИВАТНИЙ ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ІТ СТЕП УНІВЕРСИТЕТ»

ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Збірник тез доповідей
VII Всеукраїнської науково-практичної конференції

27 листопада 2025 року

Львів – 2025

ББК 32.81+78.362

Інформаційна безпека та інформаційні технології: збірник тез доповідей VII Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Львів, 27 листопада 2025 року. Львів, ЛДУ БЖД, 2025, 499 с.

РЕДКОЛЕГІЯ:

Василь ПОПОВИЧ – доктор технічних наук., професор, проректор з наукової роботи, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Олександр ПРИДАТКО – кандидат технічних наук, доцент, проректор з навчально-методичної роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності

Роман ЯКОВЧУК – доктор технічних наук, доцент, начальник навчально-наукового інституту цивільного захисту, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Ольга МЕНЬШИКОВА – кандидат фізико-математичних наук, доцент, заступник начальника навчально-наукового інституту цивільного захисту, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

БУРАК Назарій Євгенович – кандидат технічних наук, доцент, начальник кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

ІВАНУСА Андрій Іванович – кандидат технічних наук, доцент, начальник кафедри управління інформаційною безпекою, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

НАЗАР Юлія Сергіївна – доктор філософії, заступник начальника кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій Львівського державного університету безпеки життєдіяльності

ХЛЕВНОЙ Олександр Вікторович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій Львівського державного університету безпеки життєдіяльності

СМОТР Ольга Олексіївна – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій Львівського державного університету безпеки життєдіяльності

БОРЗОВ Юрій Олексійович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій Львівського державного університету безпеки життєдіяльності

ГОЛОВАТИЙ Роман Русланович – кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій Львівського державного університету безпеки життєдіяльності

ПИЛИПЕНКО Володимир Миколайович – старший викладач кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій Львівського державного університету безпеки життєдіяльності

ЖЕЗЛО-ХЛЕВНА Наталія Володимирівна – викладач кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій Львівського державного університету безпеки життєдіяльності

РАЙТА Діана Анатоліївна – старший викладач кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій Львівського державного університету безпеки життєдіяльності

ДОВБНЯК Віра Йосипівна – викладач кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій Львівського державного університету безпеки життєдіяльності

ПОЛОТАЙ Орест Іванович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри управління інформаційною безпекою, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

БАЛАЦЬКА Валерія Сергіївна – викладач кафедри управління інформаційною безпекою, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

ТКАЧУК Ростислав Львович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри управління інформаційною безпекою, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

За точність наведених фактів, самостійність наукового аналізу та нормативність стилістики викладу, а також за використання відомостей, що не рекомендовані до відкритої публікації відповідальність несуть автори опублікованих матеріалів.

УДК 532.5.6

АЛГОРИТМИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НЕПЕРЕВНИХ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ МАТЕМАТИЧНИМИ МЕТОДАМИ ДИСКРЕТИЗАЦІЇ

Тарас ГЕМБАРА

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Abstract. *An approach to processing reflected acoustic signals in buildings is developed for object recognition and human search under technological and environmental noise. The input acoustic signals are treated as continuous functions of time with amplitude–frequency characteristics and are discretized using integral transforms. Mathematical models based on the Fourier transform, short-time Fourier transform and wavelet transform are considered.*

Key words: *acoustic signal, Fourier transform, wavelet transform, speaker recognition.*

Анотація. *Розроблено підхід до обробки відбитих акустичних сигналів у будівлях для задач ідентифікації об'єктів та пошуку людини в умовах технологічних і природних завад. Вхідні акустичні сигнали розглядаються як неперервні функції часу з амплітудно-частотними характеристиками та дискретизуються за допомогою інтегральних перетворень. Розглянуто математичні моделі на основі перетворення Фур'є, короточасного Фур'є-перетворення та вейвлет-перетворення.*

Ключові слова: *акустичний сигнал, перетворення Фур'є, вейвлет перетворення, ідентифікація спікера.*

Проблема надійного виявлення та ідентифікації акустичних сигналів, що генеруються людиною (мовлення, крик, удари по конструкціях), є актуальною для пошуку постраждалих у зруйнованих будівлях, а також для інформаційної безпеки та технічної діагностики. У реальних умовах такі сигнали накладаються на фоновий шум обладнання, транспортні шумові поля, вітрові та інші природні завади, що ускладнює їх виділення та аналіз. Актуальною задачею є реєстрація, ідентифікація та верифікація акустичних сигналів, що має також на меті встановлення (уточнення) місцезнаходження джерел їх емісії [1]. В роботі [2] використано прилад GM1356, що дало змогу реєструвати рівні звукового тиску в широкому частотному діапазоні з подальшою передачею даних до персонального комп'ютера через інтерфейс USB. Це відкриває можливості для застосування математичних методів цифрової обробки сигналів, зокрема інтегральних перетворень, для аналізу амплітудно-частотних характеристик та розроблення алгоритмів автоматичної ідентифікації.

Грунтовний аналіз сучасних теоретичних та експериментальних досліджень з ідентифікації акустичних джерел в просторі представлено в праці [3]. В ній розглянута складна проблема у тривимірній (3D) області, де проведено вимірювання за допомогою сферичного масиву мікрофонів, що передбачає оцінку кутового положення джерел, відстані відносно масиву та кількісної оцінки амплітуд джерел. Запропоновано 3D-модель ло-

калізації джерела з використанням сферичної мікрофонної решітки зі сферичним поширенням хвилі, а для локалізації в 3D-просторі використовується розріджене байесівське навчання.

Об'єктом дослідження є неперервні акустичні сигнали, що реєструються всередині будівель, зокрема у зруйнованих конструкціях, де можливе знаходження людини. Вхідні дані розглядаються як функції часу $x(t)$ з амплітудно-частотними характеристиками, що можуть включати як мовні сигнали, так і ударні імпульси. Для аналізу проблеми використано математичну модель [1] дискретизації неперервних акустичних сигналів із використанням перетворення Фур'є та вейвлет-перетворення, що враховує особливості нестационарних мовних і ударних акустичних сигналів [2]. Для розрахунків створене спеціальне програмне забезпечення в середовищі Scilab. Сформульовано дворівневу схему ідентифікації акустичних сигналів: визначення приналежності джерела сигналу людині та верифікація конкретної особи на основі набору спектральних і часово-частотних ознак. На першому рівні ідентифікації необхідно встановити, чи є джерелом сигналу людина. Для цього аналізуються такі ознаки: частотний діапазон (основна енергія зосереджена до 4–5 кГц); наявність основної частоти f та її гармонік для голосових сигналів; формантна структура (резонанси F_1 , F_2 , F_3 для голосу); частота переходів через нуль (ZCR), яка для голосу, як правило, нижча, ніж для білого шуму; часові патерни енергії, що відповідають серіям ударів або фразам мовлення. На практиці сигнал розбивається на послідовність вікон, для кожного з яких обчислюють енергетичні та спектральні характеристики. Якщо протягом достатньо тривалого інтервалу спостерігаються ознаки, характерні для людського голосу або серій ударів, робиться висновок про наявність людського джерела акустичних сигналів. Другий рівень ідентифікації пов'язаний із розпізнаванням людини. Для цього найчастіше використано мел-кепстральні коефіцієнти (MFCC - Mel-Frequency Cepstral Coefficient), коефіцієнти лінійного передбачення (LPC), формантні частоти та інші ознаки голосу. Для еталонного запису певної особи обчислюється послідовність MFCC-векторів, після чого визначається середній вектор ознак. Аналогічно обробляється новий запис. Порівняння проводиться за відстанню між середніми векторами, що можливо здійснити і за більш складними статистичними моделями (наприклад, моделями гаусових сумішей). Якщо відстань не перевищує наперед заданого порогового значення, сигнал вважають таким, що належить тій самій людині. У процесі ідентифікації акустичних сигналів, особливо мовлення, важливо враховувати особливості сприйняття звуку людиною. Для апробації запропонованого підходу було проведено реєстрацію акустичних сигналів у приміщенні із застосуванням реєстратора GM1356. Прилад працював у діапазоні 31,5 Гц – 8,5 кГц, рівні звукового тиску вимірювалися в дБ із використанням зважувальних фільтрів А та С. Через USB-інтерфейс дані передавалися до ПК, де програма SoundLab формувала файли дискретизації, а програма Soundcard Oscilloscope забезпечувала

візуалізацію сигналів у режимі реального часу.

З урахуванням апаратних можливостей приладу GM1356 та програмного забезпечення SoundLab і Soundcard Oscilloscope алгоритм обробки сигналів можна подати у вигляді таких кроків:

- 1) реєстрація рівнів звукового тиску в дБ у заданому частотному діапазоні;
- 2) передача даних на ПК через USB та формування файлів дискретизації;
- 3) перетворення рівнів у дБ до лінійних амплітуд за потреби та нормування сигналу;
- 4) спектральний аналіз (FFT, STFT) та побудова спектрограм;
- 5) вейвлет-аналіз для виявлення ударних та інших короткочасних компонент;
- 6) обчислення ознак для ідентифікації (форманти, ZCR, MFCC тощо);
- 7) прийняття рішень за дворівневою схемою: людина (не людина), конкретна особа (інша особа).

Порівняння класичних Фур'є-спектрограм із вейвлет-спектрограмами засвідчило, що для нестационарних мовних сигналів вейвлет-перетворення забезпечує більш інформативне подання часово-частотної структури. Для сигналів ударної емісії вейвлет-аналіз дозволяє точніше локалізувати моменти виникнення імпульсів і оцінити їх спектральний вміст. Записувалися як фонові шуми, так і сигнали, породжені людиною: мовлення, крик, удари по конструкціях. На основі отриманих даних було побудовано спектри та спектрограми, а також вейвлет-спектрограми. Якісний аналіз показав, що мовні сигнали характеризуються наявністю виразної гармонічної структури спектра та формантних резонансів, тоді як ударні сигнали мають короткі у часі широкосмугові компоненти

Література

1. Гембара Т. Математичні методи та програмне забезпечення візуалізації фазово-частотних характеристик акустичних сигналів // 36. тез IV-ої Міжнародної науково-практичної конференції "Інформаційна безпека та інформаційні технології" ІБІТ 2022 "Cybersecurity and information technology", Львів, 30.11. 2022. – С.228-230.

2. Гембара Т. Ідентифікація неперервних акустичних сигналів математичними методами дискретизації інтегральними перетвореннями // 36. тез V-ої Міжнародної науково-практичної конференції "Інформаційна безпека та інформаційні технології" ІБІТ 2024 "Cybersecurity and information technology", Львів, 27.11. 2024. – С.448-453.

3. Ping G., Fernandez-Grande E., Gerstoft P., Chu Z. Three-dimensional source localization using sparse Bayesian learning on a spherical microphone array // J. Acoust. Soc. Am. – 2020. – 147. – P. 3895–3904.