

допомоги ветеранам через поєднання технологічних інструментів і гуманітарного підходу. Завдяки безпечній архітектурі, простому інтерфейсу та можливостям масштабування така платформа може стати ефективним посередником між тими, хто потребує допомоги, і тими, хто готовий її надати.

Розробка подібного рішення відкриває перспективи не лише для підвищення ефективності волонтерської діяльності, але й для формування стійкої цифрової екосистеми підтримки ветеранів, що інтегрується у ширший контекст цифрової трансформації держави. Подальші дослідження можуть зосередитися на UX-тестуванні серед реальних користувачів, оцінці економічної доцільності масштабування проєкту, а також на розробці нормативної бази, яка регламентуватиме обробку чутливих даних у межах таких сервісів.

Список використаних джерел

1. Шапошникова І. В., Макар М. М. Інноваційні соціальні технології у роботі з учасниками бойових дій. *Проблеми сучасних трансформацій. Серія: педагогіка та психологія*. 2024. № 3. DOI: 10.54929/2786-9199-2024-3-03-01.
2. Давиденко Г. Інклюзія та доступність: соціальна діджиталізація: монографія. Вінниця: Твори, 2023. 240 с. URL: https://vsei.vn.ua/images/Doc/Nauka/Inclusivna_osvita/cifrova-inklyuzya-ta-dostupnist-socialna-didzhitalizaciya.pdf
3. Аналіз системи соціального захисту ветеранів та військовослужбовців. National Endowment for Democracy. 2022. URL: <https://legal100.org.ua/wp-content/uploads/2022/08/2022-Bila-kniga.pdf>.
4. Гальчинська О., Єрмак І., Тарко А. Застосування технічних прийомів у дизайні інтерфейсів для волонтерських організацій. Збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми сучасного дизайну» (м. Київ, 27 квітня 2023 р.): у 2 т. Київ: КНУТД, 2023. Том 1. С. 320–323. URL: https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/24663/1/APSD_2023_V1_P320-323.pdf

УДК 621.395.61:004.942:534.6:623.4/.5

*Кохан Д. Ю., здобувач вищої освіти 3 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки
Ніколюк П. К., д-р фіз.-мат. наук, професор,
професор кафедри інформаційних технологій*

ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ОБ'ЄКТА ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМИ МІКРОФОНІВ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Сучасні умови ведення бойових дій та забезпечення безпеки критичної інфраструктури висувають підвищені вимоги до систем виявлення повітряних загроз. Особливу небезпеку становлять низьколітаючі малорозмірні об'єкти, як-от безпілотні літальні апарати (БПЛА) та крилаті ракети, які часто є складними цілями для традиційних радіолокаційних систем (РЛС) через їх малу ефективну площу розсіювання та здатність рухатися на малих висотах, використовуючи рельєф місцевості [1]. Акустичні системи локації завдяки їх пасивності, потенційно меншій вартості та стійкості до деяких видів радіоелектронної протидії можуть стати важливим елементом комплексних систем безпеки.

Метою цієї роботи є розробка та дослідження симуляційної моделі системи акустичного локатора для виявлення та визначення 2D-координат повітряних цілей. Розроблена модель, реалізована на мові програмування Python з використанням бібліотеки Matplotlib для візуалізації, імітує ключові етапи роботи такої системи. Програмний код моделі доступний у репозиторії проєкту на GitLab: <https://gitlab.com/pumax5/acousticlocatorproject.git>

Система включає масив з чотирьох мікрофонів, для яких можуть бути задані різні типи діаграм спрямованості: всеспрямована та вузькоспрямована. Для спрямованих мікрофонів реалізовано механізм математичного наведення на попередньо оцінену позицію цілі. Коефіцієнт підсилення G вузькоспрямованого мікрофона залежно від кута відхилення θ реального напрямку на ціль від напрямку наведення мікрофона описується так:

$$G(\theta) = \begin{cases} G_1, & |\theta| \leq \alpha; \\ G_2, & |\theta| > \alpha, \end{cases}$$

де α – половина кутової ширини основного пелюстка діаграми направленості;

G_1 – коефіцієнт підсилення в межах основного пелюстка;

G_2 – коефіцієнт підсилення поза основним пелюстком.

Модель імітує поширення акустичного сигналу від цілі (синусоїдальний сигнал) до кожного мікрофона, враховуючи часові затримки, згасання сигналу обернено пропорційно відстані та додавання адитивного білого гаусового шуму для забезпечення заданого співвідношення сигнал / шум.

Визначення координат цілі базується на методі різниці часу прибуття сигналів. Оцінка різниці часу прибуття Δt між опорним мікрофоном (з індексом 0) та іншими мікрофонами з індексом k здійснюється за допомогою методу взаємної кореляції оброблених сигналів [2]. Отримані значення різниці часу прибуття використовуються для розв'язання системи нелінійних рівнянь методом мультилатерації (з використанням оптимізації за методом найменших квадратів) для обчислення 2D-координат цілі:

$$\sqrt{(x - x_k)^2 + (y - y_k)^2} - \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} = c \times \Delta t_{k,0},$$

де (x, y) – шукані координати цілі;

(x_k, y_k) – координати k -го мікрофона;

(x_0, y_0) – координати опорного мікрофона (мікрофона з індексом 0);

c – швидкість звуку;

$\Delta t_{k,0}$ – оцінена різниця часу прибуття сигналу між k -м та опорним мікрофоном.

Розроблена симуляційна модель дає змогу візуалізувати рух кількох цілей (включно зі «своїми» та «ворожими»), їх реальні та оцінені траєкторії, роботу мікрофонів та засобів протидії (рухомий ЗРК з логікою перезарядки та запобігання ураженню своїх об'єктів) [3]. На рис. 1 представлено головне вікно симуляції.

На рисунку показано 2D-карту з мікрофонами (M1-M4), ЗРК та його зоною виявлення. Візуалізуються активні цілі (наприклад, ворожа) з реальною та оціненою траєкторіями, а також її координати. Легенда пояснює позначення. Під картою – графіки сигналів з мікрофонів, праворуч – динамічні полярні діаграми спря-

мованості для М3 та М4, що показують їх наведення та напрямок на ціль. Заголовок вікна інформує про час, кадр та стан ЗРК.

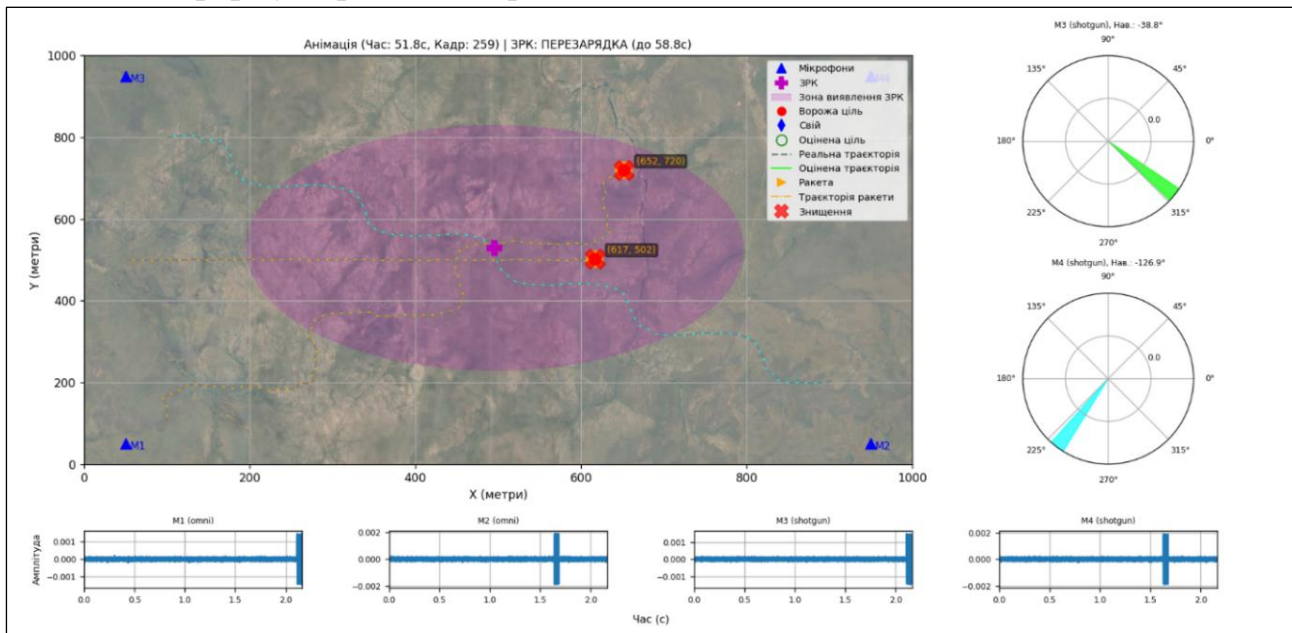


Рис. 1. Головне вікно моделі акустичного локатора

Для наочного представлення теоретичних характеристик мікрофонів модель генерує окреме вікно з діаграмами спрямованості для перших двох мікрофонів (М1 та М2) відповідно до їх типів, заданих у файлі конфігурації. Приклад таких діаграм для випадку, коли обидва мікрофони (М1 та М2) налаштовані як всеспрямовані, показано на рис. 2.

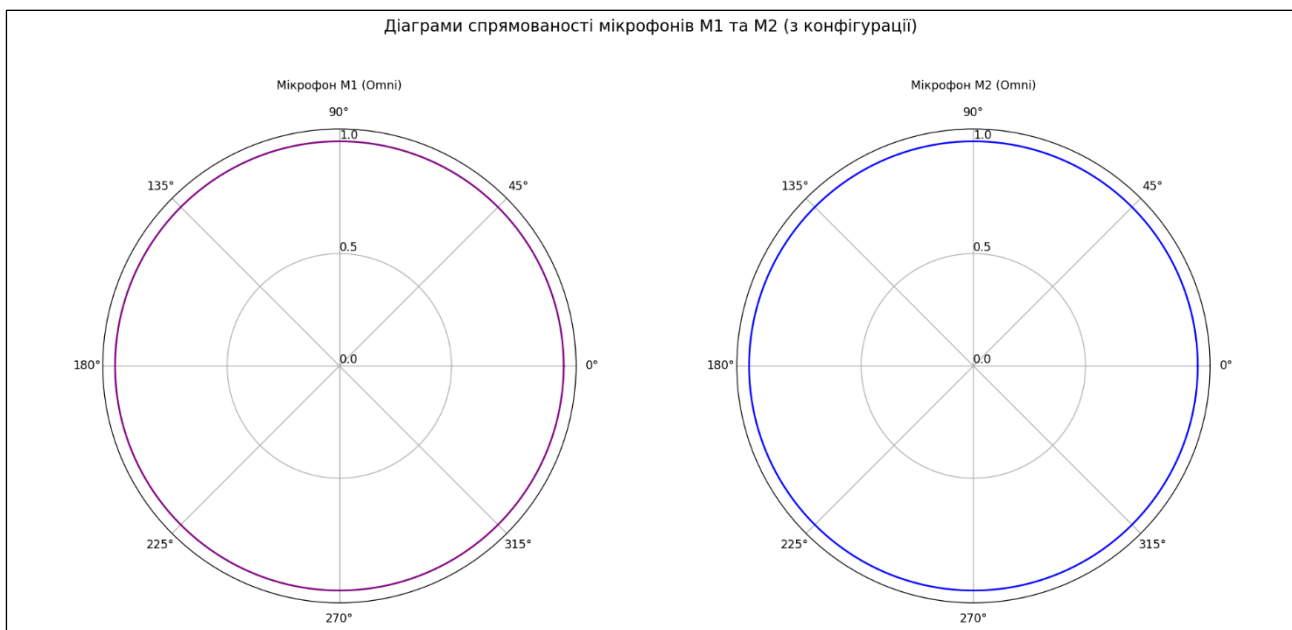


Рис. 2. Діаграми спрямованості для мікрофонів М1 та М2

На рисунку зображено дві полярні діаграми. Ліва діаграма (фіолетового кольору) відповідає мікрофону М1, права (синього кольору) – мікрофону М2. Обидві діаграми мають форму кола, що є характерним для всеспрямованих мікрофонів, які однаково чутливі до звуків з усіх напрямків у горизонтальній площині [4].

Проведене моделювання демонструє практичну корисність розробленого інструменту для дослідження систем акустичної локації. Модель дає змогу оцінювати вплив ключових параметрів системи на точність і ефективність локалізації, що є важливим для проєктування та оптимізації реальних систем. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розширення типів модельованих засобів протидії, вдосконалення алгоритмів обробки сигналів та врахування впливу факторів навколишнього середовища.

Список використаних джерел

1. Сокольський С. О., Мовчанюк А. В. Електроакустичний тракт детектора для виявлення малих безпілотних літальних апаратів. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2023. № 2. С. 135–144. URL: <https://surl.li/uhgwbf> (дата звернення: 16.05.2025).
2. Сокольський С. О., Мовчанюк А. В. Огляд методів виявлення та локалізації малих безпілотних літальних апаратів. *Вісник НТУУ «КПІ». Серія: Радіотехніка. Радіоапаратобудування*. 2021. № 87. С. 46–55. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/f49e2926-8e83-4fb7-80b2-21841787c88c/content> (дата звернення: 16.05.2025).
3. Comparison of acoustic localisation techniques for drone position estimation using real-world experimental data / A. Altena, S. Luesutthiviboon, G. de Croon, M. Snellen, M. Voskuil. *Proceedings of the 29th International Congress on Sound and Vibration (ICSV 2023)*. Crete, Greece, 9–13 July 2023.
4. Sound source localization for unmanned aerial vehicles in low signal-to-noise ratio environments / S. Wu, Y. Zheng, K. Ye, H. Cao, X. Zhang, H. Sun. *Remote Sens*. 2024. Vol. 16, № 11. P. 1847.

УДК 004.94:[617.5:355.1-056.266

*Левченко М. Р., здобувачка вищої освіти
3 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Ніколюк П. К., д-р фіз.-мат. наук, професор,
професор кафедри інформаційних технологій*

МОДЕЛЮВАННЯ ПОТОКУ ПОРАНЕНИХ У ПОЛЬОВИЙ ГОСПІТАЛЬ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасних умовах ведення бойових дій організація медичної допомоги є критично важливим складником збереження життів. Польові госпіталі, як елемент мобільної медичної інфраструктури, відіграють ключову роль у наданні допомоги пораненим. Їх робота відбувається в умовах обмежених ресурсів, підвищеного навантаження та постійного ризику. Саме тому моделювання таких систем дає змогу виявити «вузькі місця», оптимізувати розподіл медперсоналу та зменшити час очікування лікування. Актуальність цієї теми зумовлена необхідністю прийняття ефективних рішень на основі об'єктивного аналізу, який можна отримати через комп'ютерне моделювання [1].

У цій роботі було створено імітаційну модель потоку поранених у польовий госпіталь з використанням засобів Python, зокрема бібліотек `simpy`, `matplotlib` та `streamlit`. В основу моделі покладено дискретно-подійну логіку: кожен пацієнт прибуває з випадковою затримкою, має певний ступінь тяжкості (легкий, серед-