

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МІЖНАРОДНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ПЕРЕДОВІ ТЕХНОЛОГІЇ
В ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІЙ
ІНЖЕНЕРІЇ**

**МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ
(зимовий форум)**

Одеса, Україна, 14 листопада 2025 р.

**Одеса
2025**

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
INTERNATIONAL UNIVERSITY**

**International Conference “Advanced Technology in
Information and Communication Engineering”
(ATICE’2025)**

Odesa, Ukraine, November 14, 2025

**Conference Proceedings
(winter forum)**

**Odesa
2025**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МІЖНАРОДНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Міжнародна конференція «Передові технології
в інформаційно-комунікаційній інженерії»
(ПТІКІ'2025)**

Одеса, Україна, 14 листопада 2025 р.

**Матеріали конференції
(зимовий форум)**

**Одеса
2025**

International Conference “Advanced Technology in Information and Communication Engineering” (ATICE'2025): Conference Proceedings (winter forum). Odesa : International university, 2025, 101 p.

DOI:

Міжнародна конференція «Передові технології в інформаційно-комунікаційній інженерії» (ATICE'2025): Матеріали конференції (зимовий форум). Одеса : Міжнародний університет, 2025, 101 с.

Збірка містить праці Міжнародної конференції з інформаційних систем, технологій захисту інформації, використання сучасних інформаційних технологій в управлінні системами за різними галузями народного господарства.

Матеріали публікуються в авторській редакції.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова

КІВАЛОВ С.В. – д.т.н., проф., Міжнародний університет, м.Одеса, Україна.

Співголови

СТРЕЛКОВСЬКА І.В. – д.т.н., проф., Міжнародний університет, м.Одеса, Україна.

УРИВСЬКИЙ Л.О. – д.т.н., проф., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ, Україна.

Члени організаційного комітету

БЕРКМАН Л.Н. – д.т.н., проф., Державний університет телекомунікацій, м.Київ, Україна.

КЛИМАШ М.М. – д.т.н., проф., Національний університет «Львівська політехніка», м.Львів, Україна.

ЛЕМЕШКО А. В. – д.т.н., проф., Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна.

РОЗЕНВАССЕР Д.М. – к.т.н., доц., Міжнародний університет, м.Одеса, Україна.

РИХЛІК А. – к.т.н., Лодзький технічний університет, м.Лодзь, Польща

СЕМЕНКО А.І. – д.т.н., проф., Національний авіаційний університет, Київ, Україна.

СІМЕНС Е. – д.т.н., проф., Анхальтський університет прикладних наук, м.Кетен, Німеччина.

СОЛОВСЬКА І.М. – к.т.н., доц., Міжнародний університет, м.Одеса, Україна.

СУНДУЧКОВ К.С. – д.т.н., проф., Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна.

РЕДАКЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

СОЛОВСЬКА І.М. – к.т.н., доц., Міжнародний університет, м.Одеса, Україна.

РОЗЕНВАССЕР Д.М. – к.т.н., доц., Міжнародний університет, м.Одеса, Україна.

КОМІТЕТ МІЖНАРОДНИХ ЗВ'ЯЗКІВ

СТРЕЛКОВСЬКА І.В. – д.т.н., проф., Міжнародний університет, м.Одеса, Україна.

ГЛОБА Л. С. – д.т.н., проф., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ, Україна.

ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР

СОЛОВСЬКА І.М. – к.т.н., доц., Міжнародний університет, м.Одеса, Україна.
ГРИГОР'ЄВА Т.І. – к.т.н., доц., Міжнародний університет, м.Одеса, Україна.

ТЕХНІЧНО-ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

СТРЕЛКОВСЬКА І.В. – д.т.н., проф., Міжнародний університет, м.Одеса, Україна.
УРИВСЬКИЙ Л.О. – д.т.н., проф., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ, Україна.
ГЛОБА Л.С. – д.т.н., проф., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ, Україна.

СЕКЦІЇ

СЕКЦІЯ 1. ІНЖЕНЕРІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

СТРЕЛКОВСЬКА І.В. – д.т.н., проф., Міжнародний університет, м.Одеса, Україна.
ГЛОБА Л.С. – д.т.н., проф., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ, Україна.
ГРИГОР'ЄВА Т.І. – к.т.н., доц., Міжнародний університет, м.Одеса, Україна.

СЕКЦІЯ 2. КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ ТА КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

МИРОШНИК М.А. – д.т.н., проф., Міжнародний університет, м.Одеса, Україна.
СОЛОВСЬКА І.М. – к.т.н., доц., Міжнародний університет, м.Одеса, Україна.
РУСУ О.П. – к.т.н., доц., Міжнародний університет, м.Одеса, Україна.

СЕКЦІЯ 3. КІБЕРБЕЗПЕКА ТА ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ

ЛУНТОВСЬКИЙ А.О. – д.т.н., проф., Державна академія Саксонії «Беруфсакадемія», м. Дрезден, Німеччина.
ЙОНА Л.Г. – к.т.н., доц., Міжнародний університет, Одеса, Україна.
МАНЬКО Д.Г. – д.ю.н., проф., Міжнародний університет, м.Одеса, Україна.

СЕКЦІЯ 4. ЕЛЕКТРОННІ КОМУНІКАЦІЇ ТА РАДІОТЕХНІКА

УРИВСЬКИЙ Л.О. – д.т.н., проф., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ, Україна.
ЛЕМЕШКО А.В. – д.т.н., проф., Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна.
ПЕДЯШ В.В. – к.т.н., доц., Міжнародний університет, м.Одеса, Україна.

СЕКЦІЯ 5. ІНФОРМАТИКА ТА ПРОГРАМУВАННЯ В ОСВІТІ

КУЧАЙ О.В. - д.п.н., проф., Національний університет біоресурсів і природокористування України.
ЖИГУЛІН О.А. – д.е.н., проф., Міжнародний університет, Одеса, Україна
ГОРБАЧОВ В.Е. – к.т.н., доц., Міжнародний університет, м.Одеса, Україна.

Ковальчук Д.А. Соціальна інженерія як складова гібридних кібероперацій: сучасні тенденції та виклики безпеки.....	72
Григор'єва Т.І., Мельник В.В. Аналіз методів оптимізації безпеки баз даних.....	75

СЕКЦІЯ 4. ЕЛЕКТРОННІ КОМУНІКАЦІЇ ТА РАДІОТЕХНІКА

Стрелковська І.В., Золотухін Р.В., Стрелковська Ю.О. Методика прогнозування кількості абонентів автоматизованої системи управління в низькошвидкісних радіомережах зв'язку..	79
Гінжол В.М., Русу О.П. Шляхи оптимізації масогабаритних показників перетворювачів електричної енергії телекомунікаційного обладнання	83
Грищенко А.О., Педяш В.В. Автоматизоване конфігурування мереж із використанням відкритих програмних засобів	85
Вакарчук А.О., Прядка С.А. Вплив інтерференції на роботу бездротових мереж у щільних міських середовищах	90
Вакарчук А.О., Димов М.В. Дослідження інтелектуальних антенних решіток для адаптивного управління променем у мобільних мережах 5G/6G	93
Вакарчук А.О., Рушчін В.С. Створення системи “Розумний паркінг” з використанням датчиків руху та WI- FI/LORAWAN	95

СЕКЦІЯ 5. ІНФОРМАТИКА ТА ПРОГРАМУВАННЯ В ОСВІТІ

Бельдюгіна С.С. Адаптивне навчання в курсі інформатики та програмування.....	98
--	----

Вакарчук Анна Олександрівна
Міжнародний університет
sunny120606@gmail.com
Димов Максим Віталійович
Міжнародний університет
mak.dymov@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ АНТЕННИХ РЕШІТОК ДЛЯ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОМЕНЕМ У МОБІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ 5G/6G

Анотація. Досліджено ключові аспекти застосування інтелектуальних антенних решіток для реалізації адаптивного управління променем у мобільних мережах п'ятого та шостого поколінь (5G/6G). Проаналізовано переваги АУП, такі як підвищення спектральної ефективності, мінімізація інтерференції та покращення якості обслуговування. Розглянуто основні виклики та сучасні алгоритмічні підходи до формування променя, зокрема з використанням методів машинного навчання. Робота демонструє критичну важливість ІАР для забезпечення високої пропускної здатності та надійності, яких вимагають стандарти 5G та 6G.

Ключові слова: інтелектуальні антенні решітки (ІАР), адаптивне управління променем (АУП), 5G, 6G, МІМО, спектральна ефективність, машинне навчання (ML).

Стрімкий розвиток мобільних мереж п'ятого (5G) та перехід до стандартів шостого (6G) поколінь зумовлюють експоненціальне зростання вимог до пропускної здатності, надійності з'єднання та мінімізації затримок. Для задоволення цих вимог необхідне впровадження нових технологічних рішень, ключовим з яких є адаптивне управління променем (АУП) на базі інтелектуальних антенних решіток (ІАР) [1].

Актуальність дослідження полягає в тому, що традиційні антенні системи з широкою діаграмою спрямованості не здатні забезпечити необхідну спектральну ефективність та енергоефективність у щільних міських забудовах. ІАР, завдяки здатності формувати вузькі, керовані промені сигналу безпосередньо в напрямку абонента, дозволяють вирішити дві критичні проблеми: компенсацію високих втрат при поширенні сигналу у міліметровому діапазоні (mmWave) та суттєве зниження рівня міжканальної інтерференції.

Проте, реалізація ефективного АУП у динамічних сценаріях 5G/6G є складним науково-технічним завданням. Воно вимагає розробки високопродуктивних алгоритмів, здатних в реальному часі відстежувати мобільність абонентів та адаптуватися до змін у радіоканалі, що робить дослідження в цій галузі пріоритетним [2].

Метою даного дослідження є аналіз сучасних підходів до реалізації інтелектуальних антенних решіток та алгоритмів адаптивного управління променем, а також оцінка їх ефективності для підвищення ключових показників продуктивності (KPI) мобільних мереж 5G та 6G.

Інтелектуальні антенні решітки (ІАР) є фундаментальною технологією для реалізації стандартів 5G та майбутніх мереж 6G. Їхня ключова особливість полягає у здатності до просторової селекції, що досягається шляхом когерентної обробки сигналів від множини антенних елементів [3]. На відміну від традиційних секторних антен, ІАР формують вузькоспрямовані промені, динамічно адаптуючи їхню форму та напрямок. Цей процес, відомий як адаптивне управління променем (АУП) або "бімформінг", полягає у концентрації енергії радіосигналу в напрямку конкретного абонентського пристрою, одночасно формуючи "нулі" діаграми спрямованості в напрямку джерел завад [4].

Незважаючи на переваги, ефективна реалізація АУП у щільних та динамічних міських сценаріях (Urban Macro/Micro) стикається з низкою викликів. Зокрема, висока мобільність абонентів вимагає наднизьких затримок при перерахунку та оновленні конфігурації променя (beam tracking), а складність радіоканалу (багатопроменеве поширення, швидкі зміни) ускладнює отримання точної та своєчасної інформації про стан каналу (Channel State Information, CSI) [5].

Практична цінність технологій АУП найповніше розкривається у складних сценаріях експлуатації мереж 5G/6G, де традиційні підходи є неефективними.

Мережі у місцях високої щільності (High-Density Venues), таких як на стадіонах, у концерт-холах або на транспортних вузлах АУП дозволяє одночасно обслуговувати тисячі абонентів. Завдяки просторовому ущільненню (SDMA), технологія формує індивідуальні промені для груп користувачів, мінімізуючи взаємну інтерференцію та підтримуючи високу пропускну здатність [4].

Високомобільні додатки (High-Mobility Scenarios) для систем зв'язку "автомобіль-до-всього" (V2X), АУП є критичним для підтримки стабільного з'єднання з транспортними засобами, що рухаються на високій швидкості. Це вимагає предиктивних алгоритмів відстеження променя (beam tracking), часто реалізованих на базі ML, для миттєвої адаптації до зміни положення абонента [6].

Розгортання у діапазоні mmWave для компенсації високих втрат при поширенні сигналу та чутливості до блокування (наприклад, будівлями або тілом людини), АУП використовується для формування "гострих" променів з високим коефіцієнтом підсилення. Це є основою для надання послуг фіксованого бездротового доступу (FWA) у щільній міській забудові [1, 5].

Висновок

Проведене дослідження підтверджує, що інтелектуальні антенні решітки та технологія адаптивного управління променем є критично важливими компонентами для повноцінної реалізації потенціалу мобільних мереж 5G та майбутніх систем 6G. Вони забезпечують необхідне підвищення спектральної та енергетичної ефективності, дозволяючи компенсувати високі втрати сигналу в міліметровому діапазоні [1] та мінімізувати інтерференцію в щільних мережах.

Аналіз показав, що основним викликом залишається висока обчислювальна складність алгоритмів АУП, особливо в умовах високої мобільності абонентів та швидких змін стану радіоканалу (CSI) [5]. Сучасні підходи, що інтегрують методи машинного навчання (ML), демонструють значний потенціал для вирішення цих проблем [2, 6]. ML-моделі здатні предиктивно аналізувати радіооточення та оптимізувати конфігурацію променя з меншою затримкою, ніж традиційні алгоритми, що відкриває шлях до створення по-справжньому адаптивних та високоефективних мобільних мереж.

Література:

1. A Survey of Millimeter Wave (mmWave) Communications for 5G: Opportunities and Challenges / Ali H. et al. // IEEE Access. – 2023. – Vol. 11. – P. 34502-34520. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10091395> (дата звернення: 02.11.2025).
2. Machine Learning-Based Beamforming Algorithm for Massive MIMO Systems in 5G Networks / Y. Zhang, Q. Wu, J. Wang // IEEE Wireless Communications Letters. – 2024. – Vol. 13, No. 4. – P. 1045-1049. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10410408> (дата звернення: 02.11.2025).
3. An Overview of Massive MIMO for 5G and 6G / F. A. P. de Figueiredo, T. L. Marzetta // IEEE Latin America Transactions. – 2022. – Vol. 20, No. 2. – P. 216-224. [Електронний ресурс].

– Режим доступу: <https://latamt.ieee9.org/index.php/transactions/article/view/5886> (дата звернення: 02.11.2025).

4. Survey of Beamforming Techniques in Advanced 5G and 6G Wireless Technologies / S. K. Singh, R. Kumar // International Journal of Innovative Engineering and Emerging Technologies. – 2024. – Vol. 9, No. 3. – P. 1-10. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.journal-iiie-india.com/1_may_24/123_online_may.pdf (дата звернення: 02.11.2025).

5. AI for CSI Prediction in 5G-Advanced and Beyond / W. Shi, J. Liu, Z. Wei // arXiv preprint arXiv:2504.12571. – 2025. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arxiv.org/abs/2504.12571> (дата звернення: 02.11.2025).

6. Machine Learning Based Beam Tracking in mmWave Systems / J. Kim, H. Lee // KTH Royal Institute of Technology, School of Electrical Engineering and Computer Science (EECS). – 2022. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1544084/FULLTEXT01.pdf> (дата звернення: 02.11.2025).

Вакарчук Анна Олександрівна
Міжнародний університет
sunny120606@gmail.com
Рушчін Владислав Сергійович
Міжнародний університет
ryshin2504@gmail.com

СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ “РОЗУМНИЙ ПАРКІНГ” З ВИКОРИСТАННЯМ ДАТЧИКІВ РУХУ ТА WI- FI/LORAWAN

Анотація. У роботі розглянуті питання розробки системи «розумний паркінг», що визначає зайнятість паркомісць за допомогою датчиків руху та передає дані через Wi-Fi або LoRaWAN. Актуальність теми пов'язана з необхідністю оптимізації паркувального простору та підвищення ефективності міської інфраструктури. Проаналізовано технології IoT, сенсори та можливості бездротових мереж. Запропоновано архітектуру, що включає датчик, мікроконтролер, сервер та веб-інтерфейс для відображення статусу місць у реальному часі.

Сучасні міста дедалі більше стикаються з проблемою нестачі доступних паркомісць, перевантаженням транспортних вузлів та нераціональним використанням існуючої інфраструктури. У великих міських агломераціях значна частина заторів формується саме через те, що водії змушені витратити час на пошук вільного паркомісця. За даними міжнародних досліджень, у середньому водій витрачає до 20–30% загального часу руху на маневрування, очікування та пошук місця для паркування[1]. Це створює додаткове навантаження на дороги, підвищує рівень забруднення повітря, а також погіршує якість життя мешканців.

Технології Інтернету речей (IoT) відкривають можливості для комплексної автоматизації міської інфраструктури, включаючи паркувальні системи[2]. Використання датчиків руху, ультразвукових сенсорів, бездротових каналів передачі даних Wi-Fi та LoRaWAN дозволяє в режимі реального часу відстежувати зайнятість паркомісць, передавати інформацію на сервер та забезпечувати доступ користувачам через веб-інтерфейс або мобільний застосунок.