

ЗАТВЕРДЖУЮ



Проректор

Національного університету
«Львівська політехніка»

Ірина ЯРЕМЧУК

12 2025 р.

Висновок

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації
«Підвищення ефективності функціонування безпроводних сенсорних мереж на
основі генетичного алгоритму»**

**здобувача наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю
172 Телекомунікації та радіотехніка (галузь знань 17 Електроніка та
телекомунікації)
Ярослава Пирога
міжкафедрального наукового семінару ННІ ІКТЕ**

1. Актуальність теми дисертації

Для розвитку телекомунікаційних технологій важливе місце займають безпроводні сенсорні мережі (БСМ) як інфраструктурна основа для реалізації задач моніторингу, управління та збору даних у розподілених середовищах. На відміну від класичних централізованих мережевих архітектур, де основна обробка і маршрутизація даних здійснюється централізованим вузлом або сервером, БСМ функціонують за принципами децентралізації. Така архітектура забезпечує високу адаптивність до змін мережевої топології та підвищує масштабованість системи. БСМ також характеризуються обмеженими обчислювальними ресурсами, енергонезалежністю вузлів, динамічністю структури (внаслідок мобільності або втрати вузлів), що зумовлює потребу у впровадженні ефективних механізмів прийняття рішень щодо динамічної маршрутизації та оптимізації функціонування мережі. Маршрутизація даних є одним з ключових аспектів, що впливає на надійність і продуктивність БСМ. Традиційні методи маршрутизації, хоча й ефективні у певних умовах, часто не враховують комплексність та динамічність реальних застосувань, що може призвести до підвищених витрат енергії, втрат даних та зниження якості надання послуг. З розвитком обчислювальних методів виникла необхідність у впровадженні нових підходів до маршрутизації, які могли б адаптуватися до змін у мережі та забезпечувати оптимальні рішення. Обмеженість ресурсів БСМ, радіусу дії вузлів, значно впливає на процес маршрутизації даних, що зумовлює потребу в розробці надійних алгоритмів. Оптимізація маршрутизації з урахуванням цих обмежень є ключовим фактором для забезпечення ефективного та стабільного функціонування БСМ. Конфігурація вузлів впливає на покриття території, зв'язність мережі, надійність і стабільність передачі даних. Визначення їх

оптимального розташування є нетривіальним завданням через складність середовища, в якому діють БСМ, а також обмежені ресурси вузлів. Неправильне або неефективне розташування сенсорів може призвести до утворення «мертвих зон», де відсутнє покриття, або ж до надмірної концентрації вузлів у певних зонах, що знижує загальну ефективність мережі.

У зв'язку з цим доцільним є застосування сучасних еволюційних обчислень, що дають можливість вирішувати складні та багатокритеріальні задачі. Генетичні алгоритми забезпечують високу гнучкість та адаптивність, що дозволяє враховувати різноманітні критерії, такі як затримку передачі даних, рівень сигналу, втрат даних, а також зберігати баланс між ними. Отже, застосування генетичних алгоритмів, основою функціонування яких є еволюційні принципи, є доцільним для розміщення сенсорних вузлів та пошуку оптимальних маршрутів у БСМ в умовах енергетичних та обчислювальних обмежень вузлів та динамічно змінної топології.

Проблематика оптимального розташування вузлів та ефективної маршрутизації даних у сучасних БСМ активно досліджувались такими провідними українськими та зарубіжними вченими як М. Климаш, М. Бешлей, О. Лемешко, К. Колесніков, Н. Гулаєва, О. Семко, Т. Царенко, К. Khan, S. Gupta, K. Przystupa, J. Su, N. Lin, D. Sharma, J. Al-Karaki, T. Sabbah та багатьма іншими. Однак, незважаючи на наявність значного наукового доробку, у сфері оптимізації структури та функціонування БСМ недостатньо розробленими залишаються підходи, засновані на еволюційних методах, зокрема генетичних алгоритмах (ГА).

Задачі розміщення вузлів та маршрутизації в БСМ, як правило, належать до класу NP-складних, мають велику кількість допустимих рішень, численні взаємозалежні обмеження (енергоспоживання, радіус дії тощо), що зумовлює високу складність їх аналітичного розв'язання. У таких умовах генетичні алгоритми, як різновид еволюційних методів, демонструють високу ефективність завдяки своїй здатності здійснювати глобальний пошук у великих і нерегулярних просторах рішень, обходити локальні мінімуми та адаптуватися до змін у параметрах системи. Застосування ГА дозволяє реалізувати багатокритеріальну оптимізацію, що є надзвичайно важливим для задач маршрутизації та розміщення вузлів у динамічних, розподілених та ресурсно-обмежених умовах БСМ.

Таким чином, актуальним науково-практичним завданням є підвищення ефективності функціонування безпроводних сенсорних мереж шляхом розробки методів розміщення сенсорних вузлів та визначення маршруту і множини резервних маршрутів на основі генетичного алгоритму в умовах їх мобільності та різних радіусів дії.

2. Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри

Тематика дисертаційного дослідження виконувалась у відповідності до наукового напряму кафедри інформаційно-комунікаційних технологій Національного університету «Львівська політехніка» – «Інфокомунікаційні системи та мережі», зокрема в межах наукових досліджень в рамках держбюджетних науково-дослідних робіт: «Розроблення інноваційних методів та моделей побудови індустріально-орієнтованих інформаційно-комунікаційних систем для модернізації цифрових інфраструктур промисловості» (№ держреєстрації 0122U000817) (2022-2024 рр.), «Розроблення інноваційних методів та засобів розгортання

інтелектуальної інформаційної інфраструктури для подвійного використання в умовах цифрової трансформації України» (№ держреєстрації 0123U100232) (2023-2025 рр.), «Розробка методів і засобів побудови мобільних кіберфізичних систем із штучним інтелектом для соціальних, безпекових та оборонних завдань» (№ держреєстрації 0125U000645) (2025-2027 рр.); госпдоговірної роботи «Розробка модуля моніторингу інформаційних сервісів для розподілених інфокомунікаційних систем» (ГД №0726 Н-109) (2025 р.).

3. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів

Отримані результати, положення та розроблені методи у дисертаційній роботі отримані автором самостійно. У працях, опублікованих у співавторстві, внесок Пирого Я.Р. є вирішальним, зокрема йому належать: оцінка впливу параметрів генетичного алгоритму на ефективність його застосування для розв'язання оптимізаційної задачі; дослідження впливу розміру популяції та кількості поколінь на асимптотичну складність генетичного алгоритму; дослідження ефективності застосування турнірного та елітного операторів відбору у генетичному алгоритмі для знаходження найкоротшого маршруту; розробка методу пошуку маршруту за критерієм довжини у безпроводній сенсорній мережі на основі генетичного алгоритму та здійснення моделювання для оцінки ефективності пропонованого рішення; розробка багатокритеріального методу маршрутизації даних у безпроводних сенсорних мережах на основі принципів генетичної еволюції із врахуванням динамічно змінної топології та радіусів дії вузлів та здійснення моделювання для оцінки ефективності пропонованого рішення; розробка методу оптимального розміщення сенсорних вузлів на основі генетичного алгоритму та здійснення моделювання для оцінки ефективності пропонованого рішення для mesh та випадкової топологій; бібліографічний та бібліометричний огляд робіт із бібліотеки IEEE Xplore щодо застосування генетичного алгоритму та представлення класифікації генетичних алгоритмів; аналіз стратегій маршрутизації даних для безпроводних сенсорних мереж. Усі ці роботи демонструють вагомий внесок здобувача в галузі телекомунікацій.

4. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій

Аналіз змісту розділів, використаного інструментарію та способів його застосування дозволяє зробити висновок про належну обґрунтованість наукових результатів. Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертації, повністю обґрунтовано теоретичним аналізом, результатами практичного використання та інформацією з науково-технічної літератури, підтверджено задокументованими апробаціями.

5. Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру

1. Удосконалено метод визначення маршруту між сенсорними вузлами за критерієм мінімальної довжини, який, на відміну від існуючих, використовує динамічну адаптацію імовірності схрещування та мутації на основі значення фітнес-функції та сукупність генетичних операторів, що дало змогу автоматично перебудовувати маршрут при зміні топології, забезпечуючи стабільність функціонування БСМ.

2. Набув подальшого розвитку багатокритеріальний метод маршрутизації,

який, на відміну від існуючих, використовує еволюційний механізм пошуку маршруту із фітнес-функцією, побудованою на основі нормалізованих значень мережевих параметрів (Евклідової відстані, рівня втрат даних, затримки передачі даних) та характеристик вузла (рівня заряду батареї, рівня сигналу, вхідного/вихідного ступеня) з урахуванням їх вагових коефіцієнтів, що дало змогу визначити оптимальний маршрут та множину резервних маршрутів в умовах обмежених мережевих ресурсів та динамічно змінної сенсорної топології.

3. Вперше запропоновано метод просторового розміщення сенсорних вузлів на основі удосконаленого генетичного алгоритму, який здійснює оцінку щільності їх розподілу на площині із застосуванням обмежень та врахуванням мінімальної міжвузлової відстані для визначення оптимальних конфігурацій у процесі еволюційного відбору, що дало змогу мінімізувати надлишкове перекриття із урахуванням різних радіусів дії як при створенні нової мережі, так і при інтеграції нових вузлів в існуючу топологію.

6. Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації

1. Я. Пиріг, М. Климаш, Ю. Пиріг, О. Лаврів, "Генетичний алгоритм як засіб розв'язання оптимізаційних задач", Інфокомунікаційні технології та електронна інженерія, 2023, №3(2), с. 95-107.

Особистий внесок здобувача: дослідження та оцінка впливу параметрів генетичного алгоритму на ефективність його застосування для визначення оптимального маршруту.

2. Я. Пиріг, "Оцінка обчислювальної складності генетичного алгоритму", Інфокомунікаційні технології та електронна інженерія, 2024, № 4 (1), с. 52-60.

Особистий внесок здобувача: дослідження та оцінка впливу розміру популяції та кількості поколінь на асимптотичну складність генетичного алгоритму.

3. Y. Pyrih, A. Masiuk, Yu. Pyrih, O. Urikova, "Investigation of a Genetic Algorithm for Solving the Travelling Salesman Problem, " In: Luntovskyy, A., Klymash, M., Melnyk, I., Beshley, M., Schill, A. (eds) Digital Ecosystems: Interconnecting Advanced Networks with AI Applications. Lecture Notes in Electrical Engineering, 2024, vol 1198. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-61221-3_24. (Scopus Q3)

Особистий внесок здобувача: дослідження ефективності застосування турнірного та елітного операторів відбору у генетичному алгоритмі для знаходження найкоротшого маршруту.

4. Я. Пиріг, "Пошук маршруту у безпроводній сенсорній мережі із використанням генетичного алгоритму," Інфокомунікаційні технології та електронна інженерія, 2024, вип. 4, №2, с. 72-81.

Особистий внесок здобувача: розробка методу визначення маршруту за критерієм мінімальної довжини у безпроводній сенсорній мережі на основі генетичного алгоритму.

5. Я. Пиріг, Ю. Пиріг, "Багатокритеріальний підхід на основі генетичної еволюції для пошуку оптимального маршруту передачі даних у безпроводних сенсорних мережах", Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, вип. 3, с. 88–94, 2024.

Особистий внесок здобувача: розробка багатокритеріального методу маршрутизації даних у безпроводних сенсорних мережах на основі принципів

генетичної еволюції із врахуванням динамічно змінної топології та радіусів дії вузлів.

6. Я. Пиріг, Ю. Пиріг, "Метод оптимального розміщення сенсорних вузлів на основі генетичної еволюції", Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки, том 341, №5, с. 87-91, 2024.

Особистий внесок здобувача: розробка методу просторового розміщення сенсорних вузлів на площині на основі удосконаленого генетичного алгоритму.

7. Y. Pyrih, Yu. Pyrih, T. Maksymyuk, S. Dumych, M. Klymash, "Genetic Algorithm based Routing in Wireless Sensor Networks with Various Distance Metrics", International Journal of Computing, 23(4), 715-725. (Scopus Q3)

Особистий внесок здобувача: здійснення імітаційного моделювання для оцінки ефективності розробленого генетичного алгоритму при визначенні маршруту із використанням різних метрик відстані в БСМ з вузлами, які мають різний радіус дії.

8. Я. Пиріг, Ю. Пиріг, "Дослідження розміщення сенсорних вузлів на площині на основі генетичного алгоритму", Інфокомунікаційні технології та електронна інженерія, 2025, №5(1), с. 82-88.

Особистий внесок здобувача: моделювання та дослідження ефективності використання розробленого методу розташування сенсорних вузлів для випадкової топології.

9. Я. Пиріг, Ю. Пиріг, "Аналіз аспектів застосування генетичного алгоритму у сучасних мережах", Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки, том 349, №2, с. 327-331, 2025.

Особистий внесок здобувача: бібліографічний та бібліометричний огляд робіт із бібліотеки IEEEExplore щодо застосування генетичного алгоритму та представлення класифікації генетичних алгоритмів.

10. Я. Пиріг, Ю. Пиріг, "Аналіз стратегій маршрутизації даних для безпроводних сенсорних мереж", Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки, том 351, №3.1, с. 410-414, 2025.

Особистий внесок здобувача: аналіз переваг та недоліків застосування стратегій маршрутизації даних для безпроводних сенсорних мереж.

11. Я. Пиріг, Ю. Пиріг, "Метод еволюційної оптимізації структури безпроводної сенсорної мережі", Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, вип. №3, с.71-75, 2025.

Особистий внесок здобувача: моделювання та дослідження ефективності використання розробленого методу розташування сенсорних вузлів при різних значеннях радіусів їх дії та зміні обмеження на мінімальну міжвузлову відстань.

12. Y. Pyrih, M. Klymash, Yu. Pyrih, O. Hordiichuk-Bublivska, "Genetic Algorithm for Routing in Sensor Networks with Dynamic Topology", In: Luntovskyy, A., Klymash, M., Melnyk, I., Beshley, M., Gütter, D. (eds) Networks and Sustainability. TCSET 2024. Lecture Notes in Electrical Engineering, 2025, vol 1473. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-032-02272-1_30.

Особистий внесок здобувача: моделювання та дослідження ефективності використання розробленого методу визначення маршруту між сенсорними вузлами за критерієм мінімальної довжини при послідовному додаванні та видалення вузлів з мережевої топології.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

13. M. Klymash, M. Kaidan, B. Strykhalyuk, Y. Pyrih, Yu. Pyrih, "Method for Estimating the Topological Structure of Self-Organized Networks," 2023 17th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM), Jaroslaw, Poland, 2023, pp. 14-17. (Scopus)

Особистий внесок здобувача: формування та дослідження особливостей задачі розміщення безпроводних сенсорних вузлів на площині.

14. Y. Pyrih, M. Klymash, M. Kaidan, B. Strykhalyuk, "Investigating the Efficiency of Tournament Selection Operator in Genetic Algorithm for Solving TSP," 2023 IEEE 5th International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT), Lviv, Ukraine, 2023, pp. 170-173, doi: 10.1109/AICT61584.2023.10452423. (Scopus)

Особистий внесок здобувача: моделювання та дослідження ефективності застосування оператора турнірного відбору в модифікованому генетичному алгоритмі.

15. Y. Pyrih, M. Klymash, M. Kaidan, O. Hordiichuk-Bublivska and L. Nodzhak, "Investigating the Computational Complexity of the Genetic Algorithm with Variations in Population Size and the Number of Generations," 2024 IEEE 17th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), Lviv, Ukraine, 2024, pp. 1-4, doi: 10.1109/TCSET64720.2024.10755729. (Scopus)

Особистий внесок здобувача: математичний апарат для оцінки обчислювальної складності генетичного алгоритму, моделювання для дослідження впливу розміру популяції та кількості поколінь на функціонування генетичного алгоритму.

Матеріали публікацій [1-15] комплексно відображають теоретичні засади, методологічні підходи та результати дисертаційного дослідження, що свідчить про повноту викладення основних положень.

7. Апробація основних результатів дослідження на конференціях, симпозіумах, семінарах тощо

Основні наукові результати і положення дисертації були представлені, доповідались та всебічно обговорювались на 3-ох міжнародних науково-технічних конференціях, зокрема на: міжнародній науково-технічній конференції «Досвід розробки і застосування САПР» (м. Ярослав, Польща, 2023 р.), міжнародній науково-практичній конференції з передових інформаційно-комунікаційних технологій (м. Львів, Україна, 2023 р.), міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій, комп'ютерної інженерії» (м. Львів, Україна, 2024 р.)

Крім цього, дисертаційна робота у повному обсязі представлена на наукових семінарах кафедри інформаційно-комунікаційних технологій Національного університету Львівська політехніка.

8. Наукове значення виконаного дослідження із зазначенням можливих наукових галузей та розділів програм навчальних курсів, де можуть бути застосовані отримані результати

Наукові результати, отримані в ході виконання дисертаційного дослідження,

були інтегровані у робочі програми кафедри інформаційно-комунікаційних технологій Національного університету «Львівська політехніка», зокрема в курс лекцій дисциплін «Архітектура інформаційно-комунікаційних мереж» для студентів спеціальності G5 «Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка», «Технології машинного навчання та штучного інтелекту» для студентів спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології».

9. Практична цінність результатів дослідження із зазначенням конкретного підприємства або галузі народного господарства, де вони можуть бути застосовані

1. Застосування удосконаленого генетичного алгоритму для формування маршруту між сенсорними вузлами:

- із однаковим радіусом дії дозволило суттєво скоротити довжину утвореного шляху (на 47,14% порівняно з ЖА та на 28,39% порівняно з МА) та зменшити кількість переходів між вузлами (у 3 рази відносно ЖА та у 2 рази відносно МА).

- із трьома радіусами дії дозволило сформувати маршрути, довжина яких менша від 32,10% до 48,80% порівняно з ЖА, та від 4,62% до 26,67% порівняно з МА залежно від типу використаної метрики відстані (Евклідова, Манхеттенська, Чебишова, Мінковського).

- в умовах змін мережевої топології дозволило формувати оптимізовані маршрути: при видаленні вузлів перевищує результати МА в середньому на 16,14% за довжиною маршруту; при додаванні нових вузлів скорочує довжину маршруту в діапазоні 8,72% - 22,87% порівняно з МА в залежності від розглянутого сценарію.

2. Застосування багатокритеріального алгоритму маршрутизації із комплексним критерієм на основі поєднання мережевих параметрів та характеристик сенсорного вузла, дозволило успішно сформувати маршрут з врахуванням особливостей функціонування БСМ,

- на відміну від ЖА, який зупинився на одному із проміжних вузлів, не досягнувши вузла-отримувача;

- який є на 15.75% коротшим порівняно з МА.

3. Застосування багатокритеріального алгоритму визначення маршрутів транспортних засобів на основі еволюційного пошуку по трьох ключових критеріях: довжина маршруту, рівень завантаженості та недоступності доріг, дозволило забезпечити зменшення часу руху автомобіля для «розумного міста» на 15.28% порівняно із МА, тоді як застосування ЖА не призвело до успішного досягнення точки прибуття.

4. Використання розробленого методу просторового розміщення сенсорних вузлів на площині дозволило здійснити покриття цільової території при мінімізації перекриття зон їх дії та уникненні надмірних витрат ресурсів:

- для сценаріїв із однаковим радіусом дії вузлів кількість встановлених вузлів перевищує показники жадібного пошуку у діапазоні від 1 до 4 вузлів, випадкового пошуку – від 1 до 6; порівняно з рівномірним пошуком, забезпечує суттєве зменшення площі перекриття: від 2,85% до 13,23% у залежності від кількості вже існуючих вузлів;

- для сценаріїв із різним радіусом дії вузлів забезпечило розміщення максимальної кількості сенсорних вузлів (25 одиниць), що перевищує результати жадібного пошуку на 2 - 4 вузли (збільшення ефективності при використанні

розробленого методу становить від 8% до 16%); випадкового пошуку – на 6 вузлів (збільшення ефективності при використанні розробленого методу становить 24%); а також усунуло проблему перекриття вузлів (0% для розробленого методу проти 12% для рівномірного пошуку).

Все це у сукупності сприяє підвищенню ефективності функціонування сучасних мереж зв'язку у галузі телекомунікацій, знаходячи своє практичне застосування в ТОВ «МаксіТех» та Львівській філії АТ «Укртелеком», що підтверджено актами впровадження.

10. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення

За структурою, мовою та стилем викладення дисертаційна робота відповідає вимогам МОН України, що висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії. Матеріал у дисертації викладено чітко, логічно та послідовно. Мова роботи грамотна, термінологічно точна, стиль – науковий та аргументований.

У ході обговорення дисертації до неї не було висунуто жодних зауважень щодо самої суті роботи.

11.3 урахуванням зазначеного, на міжкафедральному науковому семінарі ННІ ІКТЕ ухвалили:

11.1. Дисертація Пирога Ярослава Романовича «Підвищення ефективності функціонування безпроводних сенсорних мереж на основі генетичного алгоритму» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано конкретне наукове завдання підвищення ефективності функціонування безпроводних сенсорних мереж шляхом розробки методів розміщення сенсорних вузлів та визначення оптимального маршруту і множини резервних маршрутів на основі генетичного алгоритму в умовах мобільності вузлів та різних радіусів їх дії, що має важливе значення для галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації».

11.2. Основні наукові положення, методичні розробки, висновки та практичні рекомендації, викладені у дисертаційній роботі, логічні, послідовні, аргументовані, достовірні, достатньо обґрунтовані. Дисертація характеризується єдністю змісту.

11.3. У 12-ти наукових публікаціях повністю відображені основні результати дисертації, з них 9 статей у наукових фахових виданнях України та 2 статті у наукових періодичних виданнях інших держав; 1 стаття у виданнях України, які входять до міжнародних наукометричних баз.

11.4. Дисертація відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, зі змінами).

11.5. Дисертація є результатом самостійних досліджень, не містить елементів фальсифікації, компіляції, плагіату та запозичень, що констатує відсутність порушення академічної доброчесності. Використання текстів інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

11.6. З урахуванням наукової зрілості та професійних якостей Пирога Ярослава Романовича дисертація «Підвищення ефективності функціонування безпроводних сенсорних мереж на основі генетичного алгоритму» рекомендується для подання до розгляду та захисту у спеціалізованій вченій раді.

За затвердження висновку проголосували:

за	-	двадцять сім
проти	-	немає
утримались	-	немає

Головуючий на міжкафедральному науковому семінарі ІКТЕ,
професор кафедри інформаційно-комунікаційних технологій
д.т.н., професор



Богдан РУСИН

Рецензенти:

д.т.н., професор, професор кафедри
інформаційно-комунікаційних технологій



Іван ДЕМИДОВ

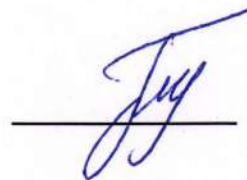
к.т.н., доцент, доцент кафедри
інформаційно-комунікаційних технологій



Мар'ян СЕЛЮЧЕНКО

Відповідальний у ННІ ІКТЕ за
атестацію PhD

д.т.н., доцент, професор кафедри
інформаційно-комунікаційних технологій



Микола БЕШЛЕЙ

"25" 11 2025р.