

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U000200

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 30-01-2026

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



## II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Пиріг Ярослав Романович

2. Yaroslav R. Pyrih

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0001-2104-8439

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 172

Назва наукової спеціальності: Електронні комунікації та радіотехніка

Галузь / галузі знань: електроніка, автоматизація та електронні комунікації

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Телекомунікації та радіотехніка

Дата захисту: 10-02-2026

Спеціальність за освітою: Прикладна інформатика

Місце роботи здобувача: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

### **III. Відомості про організацію, де відбувся захист**

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** PhD 11701

**Повне найменування юридичної особи:** Національний університет "Львівська політехніка"

**Код за ЄДРПОУ:** 02071010

**Місцезнаходження:** вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

### **IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний університет "Львівська політехніка"

**Код за ЄДРПОУ:** 02071010

**Місцезнаходження:** вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

### **V. Відомості про дисертацію**

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 28.23, 28.29, 49.33

**Тема дисертації:**

1. Підвищення ефективності функціонування безпроводних сенсорних мереж на основі генетичного алгоритму
2. Improving the Efficiency of Wireless Sensor Networks Using a Genetic Algorithm

**Реферат:**

1. У дисертаційній роботі розв'язано науково-практичне завдання 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 різного радіусу дії. Перший розділ присвячено аспектам застосування принципів генетичної еволюції у сучасних мережах. Показано, що генетичний алгоритм (ГА) є одним із найбільш дієвих інструментів оптимізації процесів функціонування мереж у динамічних умовах, що зумовлені зростанням обсягів трафіку, кількості мережевих вузлів та варіативністю їх просторового розташування. Визначено, що ефективність застосування ГА суттєво залежить від їх параметричного налаштування з урахуванням специфіки задачі, архітектури мережі та обчислювального середовища. Запропонована класифікація ГА за критеріями налаштування параметрів, типами фітнес-функцій, видами алгоритмів та сферами їх застосування у мережевих задачах, що сприяє більш глибокому розумінню факторів, які визначають їхню результативність.

У другому розділі представлено удосконалений метод визначення маршруту у безпроводній сенсорній мережі (БСМ), який використовує динамічну адаптацію імовірності схрещування та мутації на основі значення фітнес-функції та сукупність генетичних операторів для автоматичної перебудови маршруту при зміні топології та мінімізації його довжини. На основі результатів імітаційного моделювання показано, що розроблений ГА забезпечує суттєве скорочення довжини маршруту – на 47,14% порівняно з жадібним (ЖА) та на 28,39% порівняно з мурашиним алгоритмами (МА) у сценарії з однаковими радіусами дії вузлів, а також у 3 та 2 рази відповідно зменшує кількість переходів. Таким чином, запропоноване рішення демонструє високу стійкість, адаптивність та ефективність оптимізації в усіх розглянутих сценаріях топологічних змін БСМ. У третьому розділі наведено модель БСМ у двовимірному просторі із вузлами різного радіусу дії. Набув подальшого розвитку багатокритеріальний метод маршрутизації в БСМ, який 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, для адаптації утвореного оптимального маршруту та множини резервних маршрутів до обмежених мережевих ресурсів та динамічно змінної топології. Для перевірки ефективності розробленого багатокритеріального ГА здійснено його порівняння із модифікованими ЖА та МА, використовуючи імітаційне моделювання. На основі отриманих результатів показано, що для комплексного критерію, який об'єднує 6 окремих, розроблений БГА формує оптимальний маршрут, який є на 15.75% коротшим порівняно з МА, при цьому ЖА не здійснює успішне формування маршруту. Подальше застосування багатокритеріального методу розглянуто у контексті «розумного міста» для формування маршрутів транспортних засобів (ТЗ) з урахуванням трьох ключових критеріїв: довжини маршруту, рівня завантаженості та недоступності доріг, що дозволило забезпечити зменшення часу руху ТЗ на 15.28% порівняно із МА, тоді як застосування ЖА не призвело до успішного досягнення точки прибуття. Це підтверджує універсальність розробленого методу та його придатність як для задач БСМ, так і для інтелектуальних транспортних систем. Четвертий розділ присвячено розв'язанню проблеми розміщення сенсорних вузлів на площині при мінімізації перекриття зон їх дії. Вперше запропоновано метод просторового розміщення вузлів БСМ на основі модифікованого ГА, що здійснює оцінку площини через щільність розміщення вузлів із застосуванням штрафів та врахуванням мінімальної міжвузлової відстані для визначення їх 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. Реалізовано програмний модуль, який являє собою спеціалізоване програмне забезпечення, що призначене для моделювання та симуляційних досліджень функціонування БСМ з урахуванням динамічно змінної топології та обмеженості енергетичних і мережевих ресурсів. На основі результатів моделювання встановлено, що запропонований метод забезпечує ефективний баланс між максимальною кількістю встановлених вузлів та мінімізацією їх просторового перекриття у порівнянні із жадібним, рівномірним та випадковим.

2. In the dissertation, a scientific and practical problem of improving the efficiency of wireless sensor network (WSN) operation is solved by developing methods for sensor node placement and for determining an optimal routing path and a set of backup routes based on a genetic algorithm, under conditions of node mobility and heterogeneous communication ranges. The first chapter is devoted to the application of genetic evolution principles in modern networks. It is shown that the genetic algorithm (GA) is one of the most effective tools for optimising network operation processes under dynamic conditions caused by increasing traffic volumes, a growing number of network nodes, and variability in their spatial distribution. It is established that the efficiency of GA application significantly depends on parameter tuning with regard to the problem specifics, network architecture, and computational environment. A classification of genetic algorithms is proposed according to parameter tuning strategies, types of fitness functions, algorithmic variants, and application domains in network-related problems, contributing to a deeper understanding of the factors that determine their performance. The second chapter presents an improved routing method for wireless sensor networks that employs dynamic adaptation of crossover and mutation probabilities based on fitness function values, as well as a set of genetic operators for automatic

route reconfiguration in response to topology changes and route length minimisation. Simulation results demonstrate that the proposed GA provides a substantial reduction in route length - by 47.14% compared with the greedy algorithm (GA\*) and by 28.39% compared with the ant colony algorithm (ACO) in scenarios with equal node communication ranges - while also reducing the number of hops by factors of three and two, respectively. Thus, the proposed solution exhibits high robustness, adaptability, and optimisation efficiency across all considered WSN topology change scenarios. The third chapter presents a WSN model in a two-dimensional space with nodes characterised by different communication ranges. A multicriteria routing method for WSNs is further developed, employing an evolutionary route search mechanism with a fitness function constructed from normalised network parameters - Euclidean distance, data loss rate, and transmission delay - as well as node characteristics, including battery charge level, signal strength, and node in-degree/out-degree, taking into account their weighting coefficients. This approach enables adaptation of the derived optimal route and the set of backup routes to limited network resources and dynamically changing topologies. To verify the effectiveness of the developed multicriteria GA, it was compared with modified greedy and ant colony algorithms using simulation modelling. The results show that, for a composite criterion combining six individual metrics, the proposed multicriteria GA produces an optimal route that is 15.75% shorter than that obtained using the ant colony algorithm, while the greedy algorithm fails to form a feasible route. Further application of the multicriteria method is considered in the context of a smart city for vehicle routing, taking into account three key criteria: route length, traffic congestion level, and road unavailability. This resulted in a 15.28% reduction in vehicle travel time compared with the ant colony algorithm, whereas the greedy algorithm again failed to reach the destination successfully. These findings confirm the universality of the proposed method and its suitability for both WSN applications and intelligent transportation systems. The fourth chapter addresses the problem of sensor node placement on a plane while minimising the overlap of their coverage areas. For the first time, a spatial placement method for WSN nodes based on a modified genetic algorithm is proposed. The method evaluates the deployment area using node density, penalty mechanisms, and a minimum inter-node distance constraint to determine optimal node configurations during the evolutionary selection process. This enables minimisation of excessive coverage overlap while accounting for heterogeneous communication ranges, both when deploying a new network and when integrating additional nodes into an existing topology. A software module has been implemented in the form of specialised software intended for modelling and simulation-based studies of WSN operation under dynamically changing topologies and limited energy and network resources. Based on simulation results, it is established that the proposed method ensures an effective balance between maximising the number of deployed nodes and minimising their spatial overlap compared with greedy, uniform, and random placement approaches.

**Державний реєстраційний номер ДіР:**

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:** Інформаційні та комунікаційні технології

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:** Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки

**Підсумки дослідження:** Нове вирішення актуального наукового завдання

**Публікації:**

- 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.
- Я. Пиріг, "Оцінка обчислювальної складності генетичного алгоритму", Інфокомунікаційні технології та електронна інженерія, 2024, № 4 (1), с. 52-60.
- 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](https://doi.org/10.1007/978-3-031-61221-3_24).

- Я. Пиріг, "Пошук маршруту у безпроводній сенсорній мережі із використанням генетичного алгоритму," Інфокомунікаційні технології та електронна інженерія, 2024, вип. 4, №2, с. 72-81.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Я. Пиріг, Ю. Пиріг, "Метод еволюційної оптимізації структури безпроводної сенсорної мережі", Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, вип. №3, с.71-75, 2025.
- 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](https://doi.org/10.1007/978-3-032-02272-1_30).
- 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.
- 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.
- 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.

**Наукова (науково-технічна) продукція:** методи, теорії, гіпотези; програмні продукти, програмно-технологічна документація

**Соціально-економічна спрямованість:** забезпечення промисловості чи населення новим видом інформаційно-комунікаційних послуг

**Охоронні документи на ОПВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Впроваджено

**Зв'язок з науковими темами:** 0122U000817; 0123U100232; 0125U000645

## **VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Климаш Михайло Миколайович

2. Mykhailo M. Klymash

**Кваліфікація:** д.т.н., професор, 05.12.02

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-2867-1482

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний університет "Львівська політехніка"

**Код за ЄДРПОУ:** 02071010

**Місцезнаходження:** вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

## **VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів**

### **Офіційні опоненти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Бойко Юлій Миколайович

2. Yulii M. Boiko

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.12.13

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-0603-7827

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Хмельницький національний університет

**Код за ЄДРПОУ:** 02071234

**Місцезнаходження:** вул. Інститутська, Хмельницький, Хмельницький р-н., 29016, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Михалевський Дмитро Валерійович

2. Dmytro Mykhalevskiy

**Кваліфікація:** д.т.н., доцент, 05.12.02

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-5797-164X

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Вінницький національний технічний університет

**Код за ЄДРПОУ:** 02070693

**Місцезнаходження:** вул. Хмельницьке шосе, Вінниця, Вінницький р-н., 21021, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

### **Рецензенти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Демидов Іван Васильович

2. Ivan V. Demydov

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.12.02

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-1221-3885

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний університет "Львівська політехніка"

**Код за ЄДРПОУ:** 02071010

**Місцезнаходження:** вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Селюченко Мар'ян Олександрович

2. Marian O. Seliuchenko

**Кваліфікація:** к. т. н., 05.12.02

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0009-0007-7801-8605

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний університет "Львівська політехніка"

**Код за ЄДРПОУ:** 02071010

**Місцезнаходження:** вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

## **VIII. Заключні відомості**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
голови ради**

Бешлей Микола Іванович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
головуючого на засіданні**

Бешлей Микола Іванович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Бешлей М.І.

**Реєстратор**

Юрченко Тетяна Анатоліївна

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є  
відповідальним за реєстрацію наукової  
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна