

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U004215

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 31-07-2026

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: № НСВС/67/26 від 29.09.2026



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ляшенко Андрій Володимирович

2. Andrii V. Liashenko

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0003-1714-414X

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: Інформаційно-комунікаційні технології

Дата захисту: 10-09-2026

Спеціальність за освітою: Телекомунікації та радіотехніка

Місце роботи здобувача: ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ТЕХ УКЛОН»

Код за ЄДРПОУ: 45260393

Місцезнаходження: проспект Степана Бандери, Київ, 04073, Україна

Форма власності: Приватна/недержавна

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 16604

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

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

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 28.23.37, 49.33.29, 49.33.33, 20.54.01

Тема дисертації:

1. Моделі та методи адаптивної маршрутизації в транспортних IoT мережах
2. Models and Methods of Adaptive Routing in Transport IoT Networks

Реферат/анотація:

1. Ляшенко А.В. Моделі та методи адаптивної маршрутизації в транспортних IoT мережах. — Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 172 — Телекомунікації та радіотехніка. — Навчально-науковий інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, 2026. У дисертації вирішено науково-прикладну задачу управління інформаційними потоками автономних транспортних засобів в IoV-мережі розумного міста, що об'єднує мобільні IoT-вузли, придорожні модулі, базові станції та хмарні сервіси; транспортний засіб є джерелом потоків V2X-повідомлень, телеметрії та сенсорних даних, для яких ETSI ITS і 3GPP C-V2X задають жорсткі вимоги до затримки. Проблема — у просторово-часовій нерівномірності навантаження: у години пік на окремих сегментах різко зростає інтенсивність потоків, на інших зберігається помірний режим; навантаження нестаціонарне, зашумлене і поширюється між суміжними ребрами графа. Класичні методи

згладжування (пакетна обробка, ковзне вікно, ЕМА) не забезпечують балансу шумостійкості й швидкості реакції; статичні алгоритми пошуку шляху ігнорують майбутній стан мережі, а прогнозні моделі без топології не відтворюють поширення навантаження. Задача формалізована як часозалежна зважена IoV-мережа $G_p = (V, E, W(t), T)$, де вершини — вузли інфраструктури (RSU, gNB, хмарні агрегатори), а вага ребра — час обслуговування потоку на сегменті, обчислюваний за QoS-індикаторами: пропускною здатністю ρ , завантаженням L і темпом його зміни μ . Розроблено телекомунікаційну модель IoV-мережі та два взаємопов'язані методи. Метод адаптивної оцінки стану визначає коефіцієнт згладжування μ автоматично за результатами кластеризації QoS-стану (ρ, L, μ) із застосуванням метрики Махаланобіса, коефіцієнта Бхаттачар'ї та нечіткого висновку Такагі—Сугено, що забезпечує реакцію на сплески навантаження без експертного налаштування. Метод прогнозування та пошуку оптимального маршруту використовує графову нейронну мережу з дифузійною згорткою (DiffusionConv) і GRU-блоками як часозалежну евристику алгоритму A^* , що оцінює очікуваний QoS-стан сегментів і скорочує простір пошуку при збереженні оптимальності маршруту. Мета роботи — підвищення ефективності управління інформаційними потоками автономних транспортних засобів в IoV-мережі за рахунок розробленої моделі та методів адаптивної оцінки, прогнозування і маршрутизації на основі модифікованого A^* . Вирішено сім задач: аналіз архітектури IoV-мереж, дослідження обмежень існуючих методів, розробка моделі, методу адаптивної оцінки, методу прогнозування, удосконалення методу пошуку маршруту, створення програмного комплексу та експерименти на стенді м. Ірпінь і наборі METR-LA. Об'єкт дослідження — процеси формування, передавання та управління інформаційними потоками автономних транспортних засобів в IoV-мережі. Предмет дослідження — методи адаптивної оцінки стану, прогнозування та реактивно-проактивної маршрутизації потоків. Використано методи теорії графів, машинного навчання, нечітких множин, імітаційного моделювання та інженерії ПЗ. Реалізацію виконано як мікросервіси на Apache Kafka з CSR-графом у пам'яті, сервісами TGNN-прогнозування та маршрутизації реального часу. Експерименти підтвердили ефективність методів: помилка оцінки зростає лише у 1,2 рази при сплесках навантаження проти 2,7 рази для ковзного вікна; на METR-LA час реакції — близько 9 с проти 171 с, шумостійкість +10% при $\mu = 3$ mph. TGNN містить 205 тис. параметрів (на 32% менше DCRNN) і дає вигравш 24% за MAE (2,10 проти 2,77 mph). Пошук маршруту скорочує простір на 56–68% при втраті оптимальності не більше 0,00–0,08%. За навантаження 583 повід./с (363 000 повідомлень) комплекс обробляє 96,6% потоку із затримкою 1,19 мс проти 27,2% для повного перерахунку з БД. Наукова новизна: 1) уперше розроблено телекомунікаційну модель IoV-мережі у вигляді часозалежного зваженого орієнтованого графа, в якій вага ребра — час обслуговування потоку на сегменті на основі QoS-індикаторів; 2) отримав подальший розвиток метод адаптивної оцінки стану потоків з автоматичним формуванням бази нечітких правил за результатами кластеризації (Махаланобіс, Бхаттачар'я, Такагі—Сугено) без участі експерта; 3) удосконалено метод пошуку оптимального маршруту на основі A^* за рахунок часозалежної прогнозної евристики, що скорочує простір пошуку при збереженні оптимальності та дотриманні обмежень ETSI ITS. Практичне значення — створено програмний комплекс управління потоками в IoV-мережі на основі Apache Kafka, In-Memory CSR-графа, сервісів адаптивної оцінки, TGNN-прогнозування та пошуку маршруту, придатний для обробки високочастотної телеметрії та підтримки рішень у реальному часі. Ключові слова: ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ (IOT), INTERNET OF VEHICLES (IOV), АДАПТИВНА МАРШРУТИЗАЦІЯ, НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ, НЕЧІТКА ЛОГІКА, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ МЕРЕЖІ, УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНИМИ ПОТОКАМИ, ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ПРОСТОРОВО-ЧАСОВЕ ПРОГНОЗУВАННЯ, РОЗУМНЕ МІСТО.

2. A.V. Liashenko. Models and Methods of Adaptive Routing in Transport IoT Networks. — Qualifying scientific work on manuscript rights. Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 172 — Telecommunications and Radio Engineering. — Educational and Scientific Institute of Telecommunication Systems of Igor Sikorsky KPI, Kyiv, 2026. The dissertation addresses managing information flows of autonomous vehicles in a smart-city Internet of Vehicles (IoV) network, which unites mobile IoT nodes, roadside units, base stations and cloud services; a vehicle is a source of intense V2X messages, telemetry and sensor data, for which ETSI ITS and 3GPP C-V2X standards impose strict latency requirements. The problem stems from spatio-temporal unevenness of load: during peak hours certain segments see a sharp rise in flow intensity while others stay moderately loaded; the load

is non-stationary, noisy, and propagates across adjacent graph edges. Batch processing, sliding-window methods and EMA with fixed smoothing do not balance noise suppression and reaction speed; static path-search algorithms ignore the future network state, and topology-agnostic forecasting models fail to capture load propagation. The problem is formalized as a time-dependent weighted IoV network $G_{\alpha} = (V, E, W(t), T)$, where vertices are infrastructure nodes (RSU, gNB, cloud aggregators) and the edge weight is the service time of the information flow on the segment, computed from measurable QoS indicators: the channel capacity coefficient α , the load coefficient L , and the load-change coefficient β . A telecommunication model of the IoV network and two interconnected methods were developed. The adaptive state-estimation method determines the smoothing coefficient α automatically from clustering of the QoS state (α, L, β) using Mahalanobis distance, the Bhattacharyya coefficient and Takagi-Sugeno fuzzy inference, enabling reaction to load bursts without expert tuning. The forecasting and route-search method uses a graph neural network with Diffusion Convolution and GRU blocks as a time-dependent heuristic for A*, evaluating the expected QoS state of segments and reducing the search space while preserving route optimality. The aim is to improve information-flow management efficiency for autonomous vehicles in an IoV network via the developed model and methods of adaptive estimation, forecasting and routing based on a modified A*. Seven tasks were solved: analysis of IoV architecture, study of limitations of existing methods, development of the model, adaptive-estimation method and forecasting method, improvement of route search, creation of a software complex, and experiments on the Irpin testbed and METR-LA. The object of research is forming, transmitting and managing information flows of autonomous vehicles in an IoV network. The subject is methods of adaptive state estimation, forecasting and reactive-proactive routing of information flows. The work applies graph theory, machine learning and neural networks, fuzzy set theory, simulation modelling, and software engineering. The implementation is a microservice system on Apache Kafka, an in-memory CSR graph, a TGNN forecasting service, and a real-time routing service. Experiments confirmed the methods' effectiveness: the state-estimation error grows only 1.2 times under load bursts versus 2.7 times for the sliding window; on METR-LA reaction time is about 9 s versus 171 s, with +10% noise robustness at $\alpha = 3$ mph. The TGNN model has 205K parameters (32% fewer than DCRNN) with a 24% MAE gain (2.10 vs 2.77 mph). Route search cuts the search space by 56–68% with optimality loss under 0.00–0.08%. Under 583 msg/s (363,000 messages), the complex processes 96.6% of the flow at 1.19 ms latency versus 27.2% for full DB recalculation. Scientific novelty: 1) for the first time, a telecommunication model of the IoV network as a time-dependent weighted directed graph was developed, with edge weight defined as the segment's flow service time based on measurable QoS indicators; 2) the adaptive state-estimation method was further developed, with automatic fuzzy rule-base generation from QoS clustering (Mahalanobis, Bhattacharyya, Takagi-Sugeno) without expert involvement; 3) the A*-based route-search method was improved using a time-dependent predictive heuristic, reducing the search space while preserving optimality and meeting ETSI ITS time constraints. Practical significance: a software complex for IoV information-flow management was created, based on Apache Kafka, an in-memory CSR graph, adaptive-estimation services, TGNN forecasting and route search, suitable for high-frequency telemetry processing and real-time decision support. Keywords: INTERNET OF THINGS (IOT), INTERNET OF VEHICLES (IOV), ADAPTIVE ROUTING, NEURAL NETWORKS, FUZZY LOGIC, TELECOMMUNICATION NETWORKS, INFORMATION FLOW MANAGEMENT, SIMULATION, SPATIO-TEMPORAL FORECASTING, SMART CITY.

Державний реєстраційний номер ДіР: 0119U001184

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:

- Liashenko A., Globa L. Accelerating A* algorithm based search in time-dependent graphs with learned heuristics // Radioelectronic and Computer Systems. — 2026. — Vol. 2026, No. 1. — P. 179–191. DOI: 10.32620/reks.2026.1.12
- Globa L., Liashenko A. Developing the Fuzzy Logic Rules Based on Clustering Algorithms for Data Analysis in the IoT Network // Digital Ecosystems: Interconnecting Advanced Networks with AI Applications. TCSET 2024. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol. 1198 / A. Luntovskyy, M. Klymash, I. Melnyk, M. Beshley, A. Schill (eds.). — Cham: Springer, 2024. — P. 782–803. DOI: 10.1007/978-3-031-61221-3_38
- Globa L., Novogrudska R., Liashenko A. The clustering and fuzzy logic methods complex for Big Data processing // Proceedings of International Conference on Applied Innovation in IT (ICAIIIT). — Anhalt University of Applied Sciences, 2022. — Vol. 10, Issue 1. — P. 69–79. DOI: 10.25673/76934
- Liashenko A., Globa L. A Comprehensive Method for Anomaly Detection in Complex Dynamic IoT Systems // Proceedings of International Conference on Applied Innovation in IT (ICAIIIT). — Anhalt University of Applied Sciences, 2025. — Vol. 13, Issue 1. — P. 101–107. DOI: 10.25673/119221
- Liashenko A., Globa L. Comparative Analysis of Consumer Strategies for Real-Time Traffic Graph Updates in IoT Systems // Proceedings of International Conference on Applied Innovation in IT (ICAIIIT). — Anhalt University of Applied Sciences, 2025. — Vol. 13, Issue 5. — P. 151–159. DOI: 10.25673/122849
- Liashenko A., Globa L. A Method for Dynamic Graph Weight Adaptation in IoV Networks Using Fuzzy-Based Exponential Smoothing // 2026 IEEE 18th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET). — Lviv, Ukraine, 2026. — P. 1–6. DOI: 10.1109/TCSET65181.2026.11461094
- Globa L., Bugayenko Yu., Liashenko A., Grebinichenko M. Analysis of clustering algorithms for use in the universal data processing system // Proceedings of the 10th Int. Sci.-Tech. Conf. on Ontology-Based Intelligent Systems (OSTIS-2020). — Minsk: BSUIR, 2020. — P. 101–104. ISBN: 978-985-543-464-5
- Ляшенко А.В. Підхід для побудови нечітких логічних правил для великих даних // Матеріали XIV Міжнар. наук.-техн. конф. «Перспективи телекомунікацій 2020». — Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. — С. 247.
- Бугаєнко Ю.М., Ляшенко А.В. Метод кластеризації для обробки великих обсягів даних // Матеріали XIII Міжнар. наук.-техн. конф. «Перспективи телекомунікацій». — Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. — С. 37–39.
- Globa L., Bugayenko Yu., Ishchenko I., Liashenko A. Approach to determining the number of clusters in a data set // Proceedings of the 9th Int. Sci.-Tech. Conf. on Ontology-Based Intelligent Systems (OSTIS-2019). — Minsk: BSUIR, 2019. ISBN: 978-985-543-427-0
- Бугаєнко Ю.М., Ляшенко А.В. Архітектурне рішення щодо системи аналізу даних обчислювальних процесів // Матеріали XV Міжнар. наук.-техн. конф. «Перспективи телекомунікацій». — Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. — С. 218–221.
- Ляшенко А.В. Адаптивна маршрутизація в IoV-мережах на основі часо-просторової графової нейронної мережі // Матеріали XX Міжнародної науково-технічної конференції «Перспективи телекомунікацій» (ПТ-2026). — Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2026. — С. 349.
- Глоба Л.С., Щелест Є.В., Ляшенко А.В. Підхід щодо отримання нечітких логічних правил із набору статистичних даних // Інформаційно-комунікаційні технології та сталий розвиток: колективна монографія за матеріалами XXI Міжнародної науково-практичної конференції (14–16 листопада 2022 р.). — Київ: ТОВ «Видавництво «Юстон», 2022. — С. 36–38. ISBN: 978-617-7854-76-9

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 ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0120U102298

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Глоба Лариса Сергіївна

2. Larysa S. Hloba

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.13.12

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-3231-3012

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

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:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Борисенко Ірина Ігорівна
2. Iryna I. Borysenko

Кваліфікація: к. т. н., 05.12.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0001-8645-3881

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Код за ЄДРПОУ: 02070944

Місцезнаходження: вул. Володимирська, Київ, 01033, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Астраханцев Андрій Анатолійович
2. Andrii A. Astrakhintsev

Кваліфікація: д.т.н., доцент, 05.12.13

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-6664-3653

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Макаренко Анатолій Олександрович
2. Anatolii O. Makarenko

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4081-328X

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VIII. Заключні відомості

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

Теленик Сергій Федорович

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

Теленик Сергій Федорович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Ляшенко Андрій Володимирович

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна