

ЗАТВЕРДЖУЮ

Перший проректор Державного
університету інформаційно-
комунікаційних технологій
член-кореспондент НАН України,
доктор технічних наук, професор,
лауреат Державної премії України в галузі
науки і техніки,

заслужений діяч науки і техніки України

Олександр КОРЧЕНКО

"02" червня 2025 року

ВИСНОВОК

**міжкафедрального семінару кафедри Комп'ютерної інженерії
Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій про
наукову новизну теоретичне та практичне значення дисертаційної роботи
Коваленка Данила Сергійовича на тему:
«Моделі та алгоритми адаптивної маршрутизації для C2C логістики на
основі глибокого навчання», поданої на здобуття наукового ступеня
доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології
за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія**

Витяг

з протоколу № 6 засідання кафедри Комп'ютерної інженерії
від "02" червня 2025 року

Присутні: Головуючий на засіданні - завідувач кафедри комп'ютерної інженерії, к.т.н., доцент Лашевська Н.О.

З кафедри Комп'ютерної інженерії:

доцент кафедри, к.т.н., с.н.с. Торошанко Я.І.,
доцент кафедри, к.т.н., доцент Волохін В.В.,
доцент кафедри, к.т.н., доцент Вечерковська А.С.,
професор кафедри, д.т.н., професор Давиденко А.М.,
професор кафедри, д.т.н., професор Бабенко В.Г.,
доцент кафедри, к.т.н., доцент Антоненко А.В.,
доцент кафедри, доктор філософії (PhD) Асєєва Л.А.,
ст. викладач кафедри Куфтеріна С.Р.,
ст. викладач кафедри Кузьміч І.Б.,
ст. викладач кафедри Бученко І.А.,
викладач кафедри Кондратюк Б.О.,
викладач кафедри Жужков Л.І.

Запрошені:

З кафедри Штучного інтелекту:

завідувач кафедри д.т.н., доцент, Зінченко О.В.,
професор кафедри, д.т.н., професор Чичкарьов Є.А.,
доцент кафедри, к.т.н., доцент Звенігородський О.С.,
професор кафедри, д.т.н., професор Бондарчук А.П.

З кафедри Комп'ютерних наук:

завідувач кафедри, д.т.н., професор Вишнівський В.В.,
доцент кафедри, к.т.н., доцент Гніденко М.П.

З кафедри Інженерії програмного забезпечення:

завідувач кафедри, д.т.н., професор Замрій І.В.,
доцент кафедри, к.т.н., доцент Щербина І.С.
доцент кафедри, к.т.н. Довженко Т.П.
доцент кафедри, доктор філософії (PhD) Дібрівний О.А.

Всього присутніх – 23 особи. Серед присутніх 7 докторів технічних наук та 11 кандидатів технічних наук.

ПОРЯДОК ДЕННИЙ: Обговорення дисертаційної роботи аспіранта кафедри Комп'ютерної інженерії Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій Коваленка Данила Сергійовича на тему: "Моделі та алгоритми адаптивної маршрутизації для C2C логістики на основі глибокого навчання", поданої на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія.

Дисертація виконана на кафедрі Комп'ютерної інженерії Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій. Тема дисертаційної роботи затверджена на засіданні Вченої ради Державного університету телекомунікацій (протокол № 5 від 01.11.2021 року) та призначено наукового керівника доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри Інженерії програмного забезпечення Замрій Ірину Вікторівну на засіданні Вченої ради Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій.

СЛУХАЛИ: доповідь про дисертаційну роботу Коваленка Данила Сергійовича на тему: «Моделі та алгоритми адаптивної маршрутизації для C2C логістики на основі глибокого навчання», подану на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія.

Коваленко Д.С.: Шановні Голово, члени міжкафедрального семінару, присутні! Вашій увазі пропонується доповідь за дисертаційною роботою на

тему: «Моделі та алгоритми адаптивної маршрутизації для C2C логістики на основі глибокого навчання».

Актуальність дослідження зумовлена наявністю обмежень, що притаманні традиційним з моделям і алгоритмам маршрутизації, що застосовуються в C2C логістиці, зокрема щодо їхньої здатності враховувати динамічні зміни навколишнього середовища, коливання попиту та необхідність адаптації в режимі реального часу. Багато традиційних підходів не інтегрують прогнозування попиту з плануванням маршрутів, що призводить до зниження ефективності в умовах дедалі складніших сценаріїв міської логістики. Важливою науковою задачею є побудова моделей маршрутизації, які одночасно враховують адаптацію до змін середовища, мультикритеріальне оцінювання рішень (час, витрати, екологічний вплив) та здатність до динамічного навчання на основі даних. Це потребує впровадження сучасних методів машинного навчання, зокрема глибокого та підкріплювального навчання, у математичні моделі прийняття рішень для складних логістичних систем. Дане дослідження має на меті подолати обмеження традиційних алгоритмів шляхом розробки інноваційних інтелектуальних моделей, що забезпечують адаптивне управління маршрутами в умовах значних коливань логістичного попиту та динаміки міського середовища.

Метою дослідження є підвищення ефективності процесів маршрутизації в C2C логістиці шляхом розробки моделі та алгоритму адаптивного управління маршрутами доставки на основі прогнозування попиту та технологій глибокого навчання з можливістю врахування динамічних змін логістичної ситуації в реальному часі.

Для досягнення визначеної мети необхідно розв'язати такі *наукові завдання*:

1. *Виконати системний аналіз існуючих моделей та алгоритмів маршрутизації в C2C логістиці, зосередивши увагу на динаміці попиту, характеристиках останньої милі та впливі змін міського середовища на логістичні процеси.*

2. *Розробити модель прогнозування попиту та розподілу логістичних завдань, яка за рахунок використання методу функціональної регресії для прогнозування локалізованих піків попиту та теорії стохастичної апроксимації для динамічного вибору оптимальних рішень, забезпечить адаптивний механізм розподілу задач між виконавцями на основі прогнозованих параметрів*

3. *Розробити метод адаптивної маршрутизації для систем доставки типу C2C, що ґрунтуватиметься на розробленій моделі прогнозування попиту та механізмі стохастичного прийняття рішень у динамічному середовищі, та дозволить приймати оптимальні рішення щодо виконання доставок, адаптуючись до змін у середовищі, конкуренції між агентами та з урахуванням обмежених ресурсів.*

4. *Розробити алгоритм адаптивної корекції маршруту, що ґрунтуватиметься на розробленому методі адаптивної маршрутизації та за*

рахунок використання розширеної функції винагороди та жадібної евристики з підкріплювальним навчанням для Марковського процесу прийняття рішень, забезпечить динамічне оновлення оптимального маршруту доставки згідно актуальної логістичної ситуації, що знизить критичні показники часу та вартості доставки.

5. *Розробити прототип програмно-апаратного комплексу на основі розробленого методу адаптивної маршрутизації та алгоритму адаптивної корекції маршруту для подальших експериментальних досліджень отриманих наукових результатів.*

6. *Провести експериментальні дослідження функціонування запропонованого методу в умовах реального логістичного середовища C2C, обґрунтувати його ефективність та сформулювати практичні рекомендації щодо впровадження в існуючі логістичні сервіси.*

Об'єктом дослідження є процес маршрутизації в логістиці.

Предметом дослідження моделі та алгоритми адаптивної маршрутизації для C2C логістики з використанням технологій штучного інтелекту (DL і RL).

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

- *вперше* розроблено модель прогнозування попиту та розподілу логістичних завдань, яка за рахунок використання за методу функціональної регресії для прогнозування локалізованих піків попиту та теорії стохастичної апроксимації для динамічного вибору оптимальних рішень, забезпечує адаптивний механізм розподілу задач між виконавцями на основі прогнозованих параметрів;

- *вперше* розроблено метод адаптивної маршрутизації для систем доставки типу C2C, що ґрунтується на розробленій моделі прогнозування попиту та механізмі стохастичного прийняття рішень у динамічному середовищі, та дозволяє приймати оптимальні рішення щодо виконання доставок, адаптуючись до змін у середовищі, конкуренції між агентами та з урахуванням обмежених ресурсів;

- *вперше* розроблено алгоритм адаптивної корекції маршруту, що ґрунтується на розробленому методі адаптивної маршрутизації та за рахунок використання розширеної функції винагороди та жадібної евристики з підкріплювальним навчанням для Марковського процесу прийняття рішень, забезпечує динамічне оновлення оптимального маршруту доставки згідно актуальної логістичної ситуації, що знизить критичні показники часу та вартості доставки.

Практичне значення наукових результатів полягає у наступному:

1. Завдяки застосуванню розробленої моделі прогнозування попиту можливо у межах обмеженого часу виконувати розподіл логістичних завдань між великою кількістю виконавців. Модель дозволяє швидко розподілити виконавців в межах одної або декількох логістичних зон згідно прогнозованого попиту. При чому кількість логістичних завдань, що одночасно аналізуються, може масштабуватися відповідно до продуктивності обчислювального середовища та не є фактором обмеження для практичного застосування.

2. Практично корисною властивістю програмно-апаратного комплексу на основі розробленого методу є його висока адаптивність до змінних параметрів операційного середовища та логістичного стану системи, що забезпечує ефективне та оперативне управління процесами маршрутизації. Додатково, комплекс характеризується горизонтальною масштабованістю, яка дозволяє його застосування в межах логістичних систем різного рівня складності та просторового охоплення.

3. Програмне забезпечення, що реалізує алгоритм адаптивної корекції маршрутів, має потенціал до універсального застосування, зокрема в задачах, які вимагають динамічного оновлення маршрутної інформації в режимі реального часу, поза межами логістичних сценаріїв.

4. Результати дисертаційної роботи реалізовані у вигляді алгоритмів та методів адаптивної маршрутизації на основі штучного інтелекту та використані на кафедрі «Комп'ютерна інженерія» Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій при проведенні лекцій, лабораторних робіт, в курсовому та дипломному проектуванні. Результати роботи, а саме програмні засоби на основі розроблених моделі, алгоритму та методу, впроваджено в Інституті програмних систем НАН України та у виробничих процесах ТОВ «УКР-ОН».

5. В результаті експериментальних досліджень в реальних умовах зафіксовано зниження середніх витрат на доставку на рівні 15–25% та скорочення часу виконання замовлень на 20–22% у порівнянні з традиційними алгоритмами маршрутизації. Найбільш помітні переваги спостерігалися в сценаріях із піковими навантаженнями та обмеженими транспортними ресурсами.

Таким чином, у дисертаційній роботі обґрунтовано теоретико-методичні засади та розроблено практичні рекомендації щодо розробки моделей, алгоритмів та методу адаптивної маршрутизації для C2C логістики на основі RL.

Доповідь закінчено. Дякую за увагу!

По завершенню доповіді Коваленку Данилу Сергійовичу присутніми були поставлені такі запитання:

1. У чому полягає наукова новизна розробленої моделі оцінки та маршрутизації порівняно з існуючими моделями?

2. Яким чином визначаються цільові параметри в експериментальних дослідженнях?

3. Яким чином у розробленій моделі враховується вплив мережевих затримок на швидкість розрахунку маршруту?

4. Які технічні аспекти реалізації програмного забезпечення інформаційної системи були найскладнішими, та як у ній забезпечено кібербезпеку при обробці чутливих логістичних даних?

5. Чи враховується у моделі можливий вплив різної продуктивності обчислювальних вузлів на загальну ефективність системи?

6. Як у межах запропонованого підходу вирішуються конфлікти при

прокладанні декількох маршрутів через одну і ту ж саму точку?

7. Чи є можливість оцінювати ефективність застосованих алгоритмів адаптивної маршрутизації за допомогою розробленої моделі для різних типів агентів?

8. Які ключові етапи необхідні для впровадження розробленого підходу у реальних логістичних системах?

9. Яким чином у розробленій моделі враховується вплив обмежень пропускнуєї спроможності мережі на ефективність адаптивної маршрутизації?

10. Які дані використовувались для навчання моделей прогнозування попиту і як забезпечувалась їхня репрезентативність для С2С середовища?

11. Яким чином система реагує на несподівані зовнішні події, наприклад, аварії, перекриття вулиць або масові події, і як це реалізовано технічно?

12. Які математичні властивості має запропонована функція винагороди у моделі маршрутизації, і як ці властивості впливають на стабільність навчання агента?

13. Які критерії використовувались для вибору LSTM як основної моделі прогнозування попиту, і чи розглядались альтернативні підходи, наприклад GRU або Transformer?

14. Як забезпечується масштабованість інформаційної системи у випадку зростання кількості користувачів або кур'єрів у великому місті?

15. Які підходи до захисту персональних даних реалізовано в системі, зокрема під час передачі даних між мобільними застосунками та сервером?

16. Які порівняльні характеристики були використані для оцінки ефективності адаптивного алгоритму щодо класичних та сучасних методів маршрутизації?

17. Як формалізовано стан середовища в контексті розширеного Марковського процесу, та яким чином відбувається дискретизація або агрегація простору станів у розробленій моделі?

18. Яким чином у симуляційному середовищі моделювалися зміни міського середовища, зокрема зміни дорожнього трафіку та погодних умов?

На всі питання були дані вичерпні відповіді.

СЛУХАЛИ: відгук наукового керівника доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри Інженерії програмного забезпечення Замрій Ірини Вікторівни про дисертаційну роботу аспіранта Коваленка Данила Сергійовича на тему: «Моделі та алгоритми адаптивної маршрутизації для С2С логістики на основі глибокого навчання», подану на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія.

ЗАМРІЙ І.В.: Дисертаційна робота Коваленка Данила Сергійовича «Моделі та алгоритми адаптивної маршрутизації для С2С логістики на основі глибокого навчання» виконана в межах плану науково-дослідних робіт Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій МОН України за темою «Контроль та прогнозування перевантажень в

комп'ютерних мережах», «Реінжинірінг ІТ рішень для оптимізації виробничих процесів підприємства», у межах яких досліджено можливості застосування розробленого адаптивного алгоритму маршрутизації та розробленої відповідної інформаційної системи для оптимізації маршрутизації в умовах логістичної ситуації міста. Розроблено модель прогнозування попиту та розподілу логістичних завдань, метод адаптивної маршрутизації для систем доставки типу С2С, що ґрунтується на розробленій моделі, та розроблено алгоритм адаптивної корекції маршруту, ґрунтується на розробленому методі.

Проблематика дослідження полягає в недостатній адаптивності традиційних методів маршрутизації до реальних умов та відсутності інтеграції прогнозування попиту з динамічною оптимізацією. Автором дослідження коректно визначено наукові завдання, мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження. У процесі виконання дисертаційної роботи застосовано Марківський процес прийняття рішень, метод функціональної регресії, теорію стохастичної апроксимації, методи динамічного програмування, методи теорії розподілених систем та методи теорії планування експериментів для вибору числа та умов проведення дослідів. Такий підхід забезпечив не лише формулювання та теоретичне обґрунтування наукової новизни отриманих результатів, а й їх практичну реалізацію, що визначило значущість дослідження для розв'язання проблеми адаптивної маршрутизації для С2С логістики.

У ході виконання дисертаційної роботи автором досягнуто мети роботи – підвищення ефективності процесів маршрутизації в С2С логістиці за рахунок розробки моделей, алгоритмів та методу адаптивного управління маршрутами доставки з використанням прогнозування попиту та методів підкріплювального навчання. Отримані результати мають важливе практичне значення для спеціалістів у сфері логістики, а також можуть бути використані в навчальних програмах із розробки систем маршрутизації та навігації.

За результатами дисертаційних досліджень опубліковано 11 наукових праць. Основні наукові та прикладні результати дисертаційної роботи, що виносяться на захист, отримані автором особисто. З наукових праць, які опубліковані у співавторстві, використано лише ті положення, ідеї та висновки, які є результатом власного дослідження здобувача.

Дисертаційна робота Коваленка Данила Сергійовича є завершеним науковим дослідженням, яке здійснює вагомий внесок у розвиток теоретичних і прикладних аспектів логістики, зокрема у сфері доставки в «останню милю». Запропоновані здобувачем науково-методичні підходи сприяють вдосконаленню алгоритмів адаптивної маршрутизації у С2С логістичних системах, підвищенню ефективності прийняття рішень у динамічних умовах міського середовища та зменшенню витрат на останній кілометр доставки. Використання підкріплювального навчання та сучасних методів штучного інтелекту забезпечує адаптивність і масштабованість логістичних рішень у системах доставки малогабаритних вантажів. Дослідження виконане на високому рівні, підтверджує наукову зрілість, ґрунтовну підготовку та відповідність паспорту спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія.

Вважаю, що дисертаційна робота повністю готова до захисту, а її автор заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія.

Призначені рецензенти:

Д.т.н., професор, завідувач кафедри завідувач кафедри Комп'ютерних наук Вишнівський Віктор Вікторович; к.т.н., доцент, завідувач кафедри Комп'ютерної інженерії Лашевська Наталя Олександрівна та д.т.н., доцент, завідувач кафедри Штучного інтелекту Зінченко Ольга Валеріївна загалом позитивно оцінили дисертаційну роботу, відзначивши її актуальність, теоретичну значущість та практичну цінність. Особливу увагу було приділено науковій новизні, обґрунтованості результатів і систематизованому підходу до вирішення поставленої проблеми.

Зокрема, **доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Комп'ютерних наук Вишнівський В.В.** відзначив високий науковий рівень дисертаційної роботи Коваленка Данила Сергійовича та її актуальність у контексті сучасних тенденцій розвитку індустрії логістики малогабаритних вантажів.

Загальний аналіз дисертації дозволив зробити наступні висновки:

1. Ознайомлення зі змістом дисертаційної роботи підтверджує логічність її побудови, чіткість наукової аргументації, а також обґрунтованість висновків і рекомендацій, сформульованих автором самостійно.

2. Структура дисертаційної роботи логічно узгоджена з поставленою метою та шістьма науковими завданнями. Дослідження базується на сучасних досягненнях у галузі теорії штучного інтелекту, зокрема глибокого та підкріплювального навчання, математичного моделювання процесів маршрутизації, теорії Марковських процесів та концепції адаптивного управління в динамічних середовищах. Актуальність теми підтверджується проведенням аналізом сучасного стану С2С логістики, її обмежень та високих витрат на етапі останньої милі.

3. Автором сформульовано оригінальні наукові положення, що стосуються побудови моделі оцінки та адаптивної маршрутизації для С2С логістики на основі розширеного Марковського процесу з функцією винагороди, яка враховує часові, економічні та екологічні параметри. Запропоновано новий метод адаптивної маршрутизації, а також створено прототип програмно-апаратного комплексу, що реалізує ці підходи в умовах реального часу. Отримані результати мають високий практичний потенціал для оптимізації логістичних процесів у міському середовищі, про що свідчать позитивні результати симуляційних і натурних експериментів.

4. Дисертаційне дослідження є самостійною науковою працею, що не містить некоректних запозичень. Опубліковані результати досліджень відображають основні положення наукової новизни та відповідають вимогам до дисертацій за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія.

Позитивно оцінюючи положення дисертаційного дослідження Коваленка Д.С., доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри Штучного інтелекту Зінченко О.В. звернула увагу на певні аспекти, що можуть бути уточнені або розширені:

1. У роботі значна увага приділена побудові математичної моделі маршрутизації на основі розширеного Марковського процесу прийняття рішень, проте роль різних типів функцій винагороди та їх вплив на стабільність і ефективність навчання агента могла б бути проаналізована більш детально. Особливо актуальним є порівняння різних стратегій балансування між короткостроковою та довгостроковою вигодою в умовах C2C логістики.

2. У роботі запропоновано використання гібридного підходу, що включає методи функціональної регресії, LSTM і DQL. Водночас інтеграційні аспекти — зокрема взаємодія між модулями прогнозування попиту та динамічної маршрутизації — могли б бути подані з більшою технічною конкретикою, включно з прикладами конфліктних сценаріїв і способами їх вирішення.

3. Хоча інформаційна система реалізована у вигляді прототипу з клієнт-серверною архітектурою, доцільно було б детальніше проаналізувати її масштабованість для мегаполісів з великою кількістю агентів і завантажених транспортних вузлів. Зокрема, варто розглянути питання продуктивності обчислювальних ресурсів, оптимізації запитів у реальному часі та відповідності вимогам до захисту персональних даних у розподілених системах.

Окреслені зауваження стосуються переважно потенційних напрямів подальшого розвитку дослідження і не впливають на загальну наукову і практичну цінність дисертаційної роботи. Робота є завершеним науковим дослідженням, що робить вагомий внесок у розвиток адаптивних логістичних технологій для C2C доставки з використанням інструментів глибокого та підкріплювального навчання. За рівнем наукової новизни, методологічною обґрунтованістю та прикладною значущістю дисертація відповідає вимогам, що висуваються до робіт на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія. Робота виконана державною мовою, з дотриманням норм та правил академічної доброчесності.

Кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри Комп'ютерної інженерії Лашевська Наталя Олександрівна охарактеризувала дисертаційну роботу як ґрунтовне, актуальне наукове дослідження, що відповідає сучасним викликам у галузі комп'ютерної інженерії та логістичних інформаційних систем. У дисертації досліджено складну проблему динамічної маршрутизації в умовах C2C логістики за використанням методів глибокого та підкріплювального навчання. Робота вирізняється чіткою постановкою наукової проблеми, сучасною методологією та практичними рекомендаціями щодо підвищення ефективності міських логістичних систем.

Рецензент відзначила, що результати дослідження мають високу прикладну цінність і можуть бути реалізовані в реальних системах

електронної комерції, що передбачають гнучке управління доставкою «від клієнта до клієнта». Водночас було висловлено низку зауважень, які можуть слугувати основою для подальших досліджень у цьому напрямі:

1. Розроблений метод маршрутизації ефективно описує динамічні умови логістичного середовища, однак його поведінка у різних типах міської інфраструктури (наприклад, у щільно забудованих районах чи районах з нестабільним покриттям зв'язку) потребує додаткового аналізу.

2. Програмно-апаратний комплекс, що реалізує запропонований метод адаптивної маршрутизації, показала добрі результати у симуляційному та натурному тестуванні, але питання її масштабування та продуктивності при навантаженні понад 1000 агентів потребує більш детального дослідження.

3. Хоча система використовує сучасні засоби захищеного обміну даними та підтримує інтеграцію з IoT-пристроями, доцільно було б приділити більше уваги аналізу вразливостей у разі кібератак та впровадженню заходів кіберстійкості для критичних компонентів логістичної інфраструктури.

Загалом дисертаційна робота виконана на високому науковому рівні, має чітко окреслену наукову новизну, логічну структуру та практичну значущість. *Дотримано норм академічної доброчесності.* Результати дослідження відповідають вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія. Робота заслуговує на позитивну оцінку та рекомендацію до захисту.

Рецензентами відзначено, що дисертаційна робота відповідає встановленим вимогам щодо наукової новизни, теоретичної та практичної значущості, а також може бути рекомендована до спеціалізованої вченої ради для попереднього розгляду та захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

ВИСНОВОК

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів
дисертації Коваленка Данила Сергійовича
«Моделі та алгоритми адаптивної маршрутизації для C2C логістики на
основі глибокого навчання»
поданих на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія,
галузі знань 12 Інформаційні технології**

Актуальність дослідження зумовлена наявністю обмежень, що притаманні традиційним з моделям і алгоритмам маршрутизації, що застосовуються в C2C логістиці, зокрема щодо їхньої здатності враховувати динамічні зміни навколишнього середовища, коливання попиту та необхідність адаптації в режимі реального часу. Багато традиційних підходів не інтегрують прогнозування попиту з плануванням маршрутів, що призводить до зниження ефективності в умовах дедалі складніших сценаріїв міської

логістики. Важливою науковою задачею є побудова моделей маршрутизації, які одночасно враховують адаптацію до змін середовища, мультикритеріальне оцінювання рішень (час, витрати, екологічний вплив) та здатність до динамічного навчання на основі даних. Це потребує впровадження сучасних методів машинного навчання, зокрема глибокого та підкріплювального навчання, у математичні моделі прийняття рішень для складних логістичних систем. Дане дослідження має на меті подолати обмеження традиційних алгоритмів шляхом розробки інноваційних інтелектуальних моделей, що забезпечують адаптивне управління маршрутами в умовах значних коливань логістичного попиту та динаміки міського середовища.

Таким чином, розробка моделей та адаптивних алгоритмів маршрутизації для С2С логістики із використанням методів глибокого та підкріплювального навчання є актуальною в контексті цифровізації логістики та потреби у сталих транспортних рішеннях.

Зв'язок дисертації із науковою темою: Дисертаційне дослідження пов'язане з науковими дослідженнями, які проводились у рамках наукових тем кафедри Комп'ютерної інженерії Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій «Контроль та прогнозування перевантажень в комп'ютерних мережах» (№ держ. реєстрації 0120U105655, ДУІКТ, м. Київ), «Реінжинірінг ІТ рішень для оптимізації виробничих процесів підприємства» (договір №09/24 від 01.04.2024 р.).

Мета дослідження. Підвищення ефективності процесів маршрутизації в С2С логістиці шляхом розробки моделі та алгоритму адаптивного управління маршрутами доставки на основі прогнозування попиту та технологій глибокого навчання з можливістю врахування динамічних змін логістичної ситуації в реальному часі.

Завдання дослідження:

1. *Виконати системний аналіз існуючих моделей та алгоритмів маршрутизації в С2С логістиці, зосередивши увагу на динаміці попиту, характеристиках останньої милі та впливі змін міського середовища на логістичні процеси.*

2. *Розробити модель прогнозування попиту та розподілу логістичних завдань, яка за рахунок використання методу функціональної регресії для прогнозування локалізованих піків попиту та теорії стохастичної апроксимації для динамічного вибору оптимальних рішень, забезпечить адаптивний механізм розподілу задач між виконавцями на основі прогнозованих параметрів*

3. *Розробити метод адаптивної маршрутизації для систем доставки типу С2С, що ґрунтуватиметься на розробленій моделі прогнозування попиту та механізмі стохастичного прийняття рішень у динамічному середовищі, та дозволить приймати оптимальні рішення щодо виконання доставок,*

адаптуючись до змін у середовищі, конкуренції між агентами та з урахуванням обмежених ресурсів.

4. *Розробити алгоритм адаптивної корекції маршруту*, що ґрунтуватиметься на розробленому методі адаптивної маршрутизації та за рахунок використання розширеної функції винагороди та жадібної евристики з підкріплювальним навчанням для Марковського процесу прийняття рішень, забезпечить динамічне оновлення оптимального маршруту доставки згідно актуальної логістичної ситуації, що знизить критичні показники часу та вартості доставки.

5. *Розробити прототип програмно-апаратного комплексу* на основі розробленого методу адаптивної маршрутизації та алгоритму адаптивної корекції маршруту для подальших експериментальних досліджень отриманих наукових результатів.

6. *Провести експериментальні дослідження функціонування* запропонованого методу в умовах реального логістичного середовища C2C, обґрунтувати його ефективність та сформулювати практичні рекомендації щодо впровадження в існуючі логістичні сервіси.

Об'єктом дослідження є процес маршрутизації в логістиці.

Предметом дослідження є моделі та алгоритми адаптивної маршрутизації для C2C логістики з використанням технологій штучного інтелекту (DL і RL).

Теоретико-методологічна база дослідження. Для розв'язання поставлених у дисертаційному дослідженні завдань було використано низку взаємопов'язаних теоретико-методологічних підходів. Основу теоретичного підґрунтя становлять положення теорії Марківських процесів прийняття рішень, що забезпечують математичне моделювання процесу вибору оптимальних маршрутів в умовах динамічного та невизначеного середовища. Методологічною основою дослідження слугує синтез підходів штучного інтелекту — глибокого навчання та підкріплювального навчання, які дають змогу ефективно поєднувати прогнозування логістичного попиту та оптимізацію маршрутів доставки у режимі реального часу.

Для прогнозування просторово-часового розподілу попиту застосовано архітектуру глибокого навчання: згорткові нейронні мережі (CNN) — для аналізу геопросторових даних, та рекурентні мережі з довготривалою пам'яттю (LSTM) — для аналізу часових залежностей. Для адаптивної маршрутизації було використано алгоритм Q-learning, модифікований із врахуванням багатокритеріальної функції винагороди, яка поєднує економічні, часові та екологічні показники. Методика формування цієї функції базується на підходах до багатокритеріальної оптимізації.

З метою перевірки працездатності та ефективності розробленого алгоритму було застосовано метод симуляційного моделювання в середовищі AnyLogic, що дозволило апробувати запропоновану методику як в

контрольованих умовах, так і у прикладних сценаріях міської логістики. Метод порівняльного аналізу дозволив зіставити розроблений підхід із класичними алгоритмами маршрутизації — алгоритмом Дейкстри та жадібними евристиками — за критеріями точності, швидкодії та адаптивності.

У дисертації використано лише ті методи, моделі та програмні рішення, які є результатом власної наукової роботи здобувача. Усі наукові результати, що представлені в роботі, відображають особистий внесок автора в розвиток адаптивних методів маршрутизації для C2C логістики.

Експериментальна база дослідження. Експериментальна перевірка запропонованої методики маршрутизації проводилась із використанням симуляційного моделювання в середовищі AnyLogic. Було створено агентно-орієнтовану модель міського середовища з умовним населенням 500 тис. осіб, що включала різні типи логістичних агентів (пішоходи, велосипедисти, автомобілі) та враховувала динамічні умови: затори, погодні зміни, варіативність попиту.

Модель дозволила протестувати ефективність гібридного алгоритму в умовах, наближених до реальних сценаріїв C2C логістики. Для оцінки застосовувалися показники часу доставки, довжини маршруту, витрат ресурсів та екологічних параметрів. Апробація також включала тестування на основі даних, зібраних із платформ C2C-типу, що підтвердило застосовність підходу в практичних умовах.

Наукова новизна дослідження полягає у наступному:

- *вперше* розроблено модель прогнозування попиту та розподілу логістичних завдань, яка за рахунок використання за методу функціональної регресії для прогнозування локалізованих піків попиту та теорії стохастичної апроксимації для динамічного вибору оптимальних рішень, забезпечує адаптивний механізм розподілу задач між виконавцями на основі прогнозованих параметрів;

- *вперше* розроблено метод адаптивної маршрутизації для систем доставки типу C2C, що ґрунтується на розробленій моделі прогнозування попиту та механізмі стохастичного прийняття рішень у динамічному середовищі, та дозволяє приймати оптимальні рішення щодо виконання доставок, адаптуючись до змін у середовищі, конкуренції між агентами та з урахуванням обмежених ресурсів;

- *вперше* розроблено алгоритм адаптивної корекції маршруту, що ґрунтується на розробленому методі адаптивної маршрутизації та за рахунок використання розширеної функції винагороди та жадібної евристики з підкріплювальним навчанням для Марковського процесу прийняття рішень, забезпечує динамічне оновлення оптимального маршруту доставки згідно актуальної логістичної ситуації, що знизить критичні показники часу та вартості доставки.

Практичне значення наукових результатів полягає у наступному:

1. Завдяки застосуванню розробленої моделі прогнозування попиту можливо у межах обмеженого часу виконувати розподіл логістичних завдань між великою кількістю виконавців. Модель дозволяє швидко розподілити виконавців в межах одної або декількох логістичних зон згідно прогнозованого попиту. При чому кількість логістичних завдань, що одночасно аналізуються, може масштабуватися відповідно до продуктивності обчислювального середовища та не є фактором обмеження для практичного застосування.

2. Практично корисною властивістю програмно-апаратного комплексу на основі розробленого методу є його висока адаптивність до змінних параметрів операційного середовища та логістичного стану системи, що забезпечує ефективне та оперативне управління процесами маршрутизації. Додатково, комплекс характеризується горизонтальною масштабованістю, яка дозволяє його застосування в межах логістичних систем різного рівня складності та просторового охоплення.

3. Програмне забезпечення, що реалізує алгоритм адаптивної корекції маршрутів, має потенціал до універсального застосування, зокрема в задачах, які вимагають динамічного оновлення маршрутної інформації в режимі реального часу, поза межами логістичних сценаріїв.

4. Результати дисертаційної роботи реалізовані у вигляді алгоритмів та методів адаптивної маршрутизації на основі штучного інтелекту та використані на кафедрі «Комп'ютерна інженерія» Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій при проведенні лекцій, лабораторних робіт, в курсовому та дипломному проектуванні. Результати роботи, а саме програмні засоби на основі розроблених моделі, алгоритму та методу, впроваджено в Інституті програмних систем НАН України та у виробничих процесах ТОВ «УКР-ОН».

5. В результаті експериментальних досліджень в реальних умовах зафіксовано зниження середніх витрат на доставку на рівні 15–25% та скорочення часу виконання замовлень на 20–22% у порівнянні з традиційними алгоритмами маршрутизації. Найбільш помітні переваги спостерігалися в сценаріях із піковими навантаженнями та обмеженими транспортними ресурсами.

Апробація результатів дисертації. Основні наукові положення, результати та практичні розробки, отримані в ході виконання дисертаційного дослідження Коваленка Данила Сергійовича, були апробовані на низці науково-практичних і науково-технічних конференцій, серед яких:

- 1) Науково-технічна конференція «Застосування програмного забезпечення в інформаційних технологіях» (м. Київ, 2022);
- 2) Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні аспекти діджиталізації та інформатизації в програмній та комп'ютерній інженерії» (м. Київ, 2023)
- 3) Всеукраїнська науково-технічна конференція «Виклики та рішення в

програмній інженерії» (м. Київ, 2024)

- 4) VI Всеукраїнська науково-технічна конференція «Застосування програмного забезпечення в інформаційно-комунікаційних технологіях» (м. Київ, 2025);
- 5) VI Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, аспірантів і студентів «Сучасні інформаційні технології та системи в управлінні» (м. Київ, 2025);
- 6) Second International Workshop of Young Scientists on Artificial Intelligence for Sustainable Development (м. Тернопіль, 2025);
- 7) V Всеукраїнська науково-практична конференція «Сучасні інтелектуальні інформаційні технології в науці та освіті» (м. Київ, 2025).

Публікації. Основні результати дисертаційного дослідження Коваленка Данила Сергійовича опубліковано у 11 наукових працях, серед яких 4 наукові статті у фахових виданнях, що входять до переліку наукових фахових видань МОН України та 1 публікація тези конференції, що індексується у наукометричній базі Scopus. Представлено 7 тез доповідей на міжнародних і всеукраїнських науково-практичних та науково-технічних конференціях.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Коваленко Д. С., Негоденко О. В. Перспективні дослідження у сфері розробки логістичних алгоритмів для галузі С2С доставки малогабаритних вантажів. Телекомунікації та інформаційні технології. 2022. № 77(4). С. 74-83. URL: <https://doi.org/10.31673/2412-4338.2022.047483>
2. Коваленко Д. С., Негоденко О. В. Аналіз практик застосування штучного інтелекту та машинного навчання для удосконалення результатів прокладання маршрутів у місті. Зв'язок. 2023. № 164(4). С. 46-50. URL: <https://doi.org/10.31673/2412-9070.2023.049835>
3. Коваленко Д. С., Замрій І. В. Розробка адаптивного алгоритму маршрутизації для С2С логістики із застосуванням підкріплювального навчання. Телекомунікації та інформаційні технології. 2025. № 86(1). С. 31-49. URL: <https://doi.org/10.31673/2412-4338.2025.017718>
4. Коваленко, Д., Замрій, І. Експериментальне дослідження адаптивного алгоритму маршрутизації для С2С логістики. Електронне фахове наукове видання «Кібербезпека: освіта, наука, техніка», 4(28), 26–40. URL: <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2025.28.815>

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

5. Цатурян Е. Р., Коваленко Д. С., Криптографічні алгоритми у розробці програмного забезпечення. III Всеукраїнська науково-технічна конференція

«Застосування програмного забезпечення в інформаційних технологіях». 20 квітня 2022 року, Київ, Україна. Збірник тез. К.: ДУТ, 2022. С. 53–55.

6. Коваленко Д.С., Негоденко О.В. Аналіз існуючих рішень у сфері C2C доставки поштових відправлень. Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні аспекти діджиталізації та інформатизації в програмній та комп'ютерній інженерії». 01-03 червня 2023 року, Київ, Україна. Збірник тез. К.: ДУІКТ, 2023. С. 109-111.

7. Коваленко Д.С. Концептуальна та математична модель адаптивного алгоритму маршрутизації для C2C логістики із застосуванням глибокого навчання. Всеукраїнська науково-технічна конференція «Виклики та рішення в програмній інженерії». 26 листопада 2024 року, Київ, Україна. Збірник тез. К.: ДУІКТ, 2024. С. 216-218.

8. Коваленко Д.С. Замрій І.В. Використання штучного інтелекту для адаптивної маршрутизації в C2C логістиці. VI Всеукраїнська науково-технічна конференція «Застосування програмного забезпечення в інформаційно-комунікаційних технологіях». 24 квітня 2025 року, Київ, Україна. Збірник тез. К.: ДУІКТ, 2025. С. 346-348.

9. Коваленко Д. С. Застосування штучного інтелекту для покращення результатів маршрутизації в C2C логістиці. VI Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, аспірантів і студентів «Сучасні інформаційні технології та системи в управлінні». 10 квітня 2025 року. Київ, Україна. Збірник тез. К.: Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана. С. 183.

10. Danylo Kovalenko, Iryna Zamrii. Development and Evaluation of an Adaptive Routing Algorithm for C2C Logistics. Second International Workshop of Young Scientists on Artificial Intelligence for Sustainable Development. Ternopil-Skomorochy, May 8-9, 2025. CEUR-WS - Y AISD 2025. pp. 110-118. (індексується наукометричною базою Scopus)

11. Коваленко Д. С., Замрій І. В. Практична значущість адаптивного алгоритму маршрутизації в умовах міського середовища. V Всеукраїнська науково-практична конференція «Сучасні інтелектуальні інформаційні технології в науці та освіті». 15 травня 2025 року, Київ, Україна. Збірник тез. К.: ДУІКТ, 2025. С. 86-88.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота Коваленка Данила Сергійовича «Моделі та алгоритми адаптивної маршрутизації для C2C логістики на основі глибокого навчання» є самостійним науковим дослідженням, у межах якого автором здійснено розв'язання комплексної наукової задачі, що поєднує теоретичне обґрунтування, математичне моделювання, створення алгоритмів та їхню експериментальну перевірку.

Усі результати, що виносяться на захист, отримані автором особисто. Здобувачем сформульовано концепцію дослідження, обґрунтовано актуальність, розроблено методологію побудови адаптивного алгоритму маршрутизації, запропоновано нову математичну модель на основі Марківських процесів прийняття рішень (MDP), реалізовано прогнозну модель на базі LSTM та CNN, а також алгоритм оптимізації маршрутів з використанням підкріплювального навчання (Q-learning).

У роботах, опублікованих у співавторстві, автором: виконано аналіз поточного стану досліджень та відкритих проблем за тематикою дослідження; виконано комплексний аналіз застосування технологій штучного інтелекту в для задач C2C логістики, сформульовано мету та завдання дослідження за результатами аналізу сучасних методів та алгоритмів C2C-маршрутизації; формалізовано математичну модель задачі маршрутизації на основі Марківських процесів прийняття рішень, включаючи визначення станів, дій і функції винагороди, розроблено алгоритми прогнозування попиту з використанням глибокого навчання (LSTM, CNN), адаптованих до специфіки C2C логістики, розроблено концептуальну модель адаптивного алгоритму маршрутизації, що інтегрує прогнозування попиту та динамічну оптимізацію маршрутів, а також інтегровано підкріплювальне навчання з прогнозованими даними, включаючи розробку механізмів корекції маршрутів у реальному часі; розроблено симуляційну платформу на базі AnyLogic і проведення експериментів для оцінки ефективності алгоритму в модельованих і реальних умовах, та проведено аналіз результатів і формулювання рекомендацій для практичного впровадження запропонованого методу адаптивної маршрутизації.

У тезах конференцій усі представлені результати є авторською розробкою здобувача, зокрема побудова концептуальної моделі, математичне формулювання задачі, побудова прогнозної моделі, розробка алгоритму та його апробація.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів основної частини, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 162 сторінки, з них основного тексту — 123 сторінки. Робота містить 15 рисунків, 23 таблиці та 4 додатки. Список використаних джерел включає 172 найменування, з яких 153 — англomовні, що відображає міжнародний контекст тематики дослідження.

Оцінка мови та стилю дисертації. Принципових зауважень щодо структури, основних положень і концепції дисертації Коваленка Данила Сергійовича немає. Матеріал дисертації викладено в логічній послідовності та доступно для сприйняття. Робота написана науковим стилем мовлення, її

структура відповідає алгоритму здійсненого автором дослідження. Зміст, структура, оформлення дисертації та кількість публікацій відповідають вимогам п.6-9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 №44 (зі змінами), наказу Міністерства освіти і науки України від 12.07.2017 №40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації», затвердженого Міністерством юстиції України 03.02.2017 за №155/30023.

Дотримання здобувачем академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлено наукові результати дисертації. На підставі вивчення тексту дисертації і наукових публікацій, результатів автоматизованої перевірки на плагіат та їх експертної оцінки, встановлено, що дисертація і наукові публікації виконані самостійно, не містять академічного плагіату, фальсифікації, фабрикації, самоплагіату.

Усі використані здобувачем в тексті дисертації власні наукові праці без посилання на ці праці були попередньо опубліковані з метою висвітлення в них основних наукових результатів дослідження та вказані в анотації дисертаційної роботи.

Відповідність змісту дисертації галузі знань та спеціальності. За своїм фаховим спрямуванням, науковою новизною і практичною значущістю дисертація Коваленка Данила Сергійовича відповідає спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія галузі 12 Інформаційні технології

Характеристика особистості здобувача.

Коваленко Данило Сергійович у 2015 вступив до Державного університету телекомунікацій, у 2019 році отримав диплом бакалавра за спеціальністю «Телекомунікації», у 2021 році отримав диплом магістра за спеціальністю «Телекомунікації та радіотехніка». У 2021 році вступив до аспірантури Державного університету телекомунікацій за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія. 01 листопада 2021 року на засіданні Вченої Ради Державного університету телекомунікацій було затверджено тему дисертаційної роботи Коваленка Д.С. «Моделі та алгоритми адаптивної маршрутизації для C2C логістики на основі глибокого навчання».

Під час виконання дисертаційної роботи Коваленко Д.С. провів ґрунтовне дослідження, спрямоване на аналіз сучасного стану проблематики, заявленої у дисертації. Було чітко визначено об'єкт, предмет, мету та завдання дослідження, обґрунтовано актуальність теми та обрано відповідні методи для досягнення поставлених цілей. Здобувач Коваленко Данило приймав безпосередню участь під час постановки наукових завдань, планування та виконання експериментів, а також обговорення отриманих результатів. Проявив себе як відповідальний, дисциплінований та ініціативний дослідник.

Продемонстрував високий рівень теоретичної підготовки, володіє сучасними методами дослідження, аналітичними інструментами та практичними навичками.

Оцінка мови та стилю дисертації. Дисертація виконана фаховою українською мовою, текстове подання матеріалу відповідає стилю науково-дослідної літератури.

Рецензенти рекомендують: відповідно до п.15 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, *пропонується такий склад разової ради:*

Голова ради:

ВИШНІВСЬКИЙ Віктор Вікторович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Комп'ютерних наук Навчально-наукового інституту інформаційних технологій Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій.

Рецензенти:

ЗІНЧЕНКО Ольга Валеріївна, доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри Штучного інтелекту Навчально-наукового інституту інформаційних технологій Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій.

ЛАЩЕВСЬКА Наталія Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри Комп'ютерної інженерії Навчально-наукового інституту інформаційних технологій Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій.

Офіційні опоненти:

СКЛАДАННИЙ Павло Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки імені професора Володимира Бурячка Київського столичного університету імені Бориса Грінченка

ІЛАРІОНОВ Олег Євгенович, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри інтелектуальних технологій Київського національного університету імені Тараса Шевченка

У результаті попередньої експертизи дисертації **Коваленка Данила Сергійовича** і повноти публікації основних результатів дослідження.

УХВАЛЕНО:

1. Затвердити висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Коваленка Данила Сергійовича на тему

«Моделі та алгоритми адаптивної маршрутизації для C2C логістики на основі глибокого навчання».

2. Констатувати, що за актуальністю, ступенем наукової новизни, обґрунтованістю, науковою та практичною цінністю здобутих результатів дисертація Коваленка Д.С. відповідає спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія та вимогам **Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах)**, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 р. № 261, пп. 6, 7, 8 **Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії**, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

3. Рекомендувати дисертацію Коваленка Д.С. на тему «Моделі та алгоритми адаптивної маршрутизації для C2C логістики на основі глибокого навчання» до захисту на здобуття ступеня доктора філософії у разовій спеціалізованій вченій раді за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія.

4. Рекомендувати вченій раді Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій затвердити склад разової спеціалізованої вченої ради:

Голова ради:

ВИШНІВСЬКИЙ Віктор Вікторович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Комп'ютерних наук Навчально-наукового інституту інформаційних технологій Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій.

Рецензенти:

ЗІНЧЕНКО Ольга Валеріївна, доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри Штучного інтелекту Навчально-наукового інституту інформаційних технологій Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій.

ЛАЩЕВСЬКА Наталія Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри Комп'ютерної інженерії Навчально-наукового інституту інформаційних технологій Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій.

Офіційні опоненти:

СКЛАДАННИЙ Павло Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки імені професора Володимира Бурячка Київського столичного університету імені Бориса Грінченка

ІЛАРІОНОВ Олег Євгенович, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри інтелектуальних технологій Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Результати голосування щодо рекомендації до захисту дисертації
Коваленка Данила Сергійовича:

“За” – 23

“Проти” – немає

“Утримались” – немає

Додаток: Презентація Коваленка Данила Сергійовича на 25 стор.

Головуючий на засіданні –

к.т.н., доцент, завідувач кафедри

Комп’ютерної інженерії

Навчально-наукового інституту

Інформаційних технологій



Наталія ЛАЩЕВСЬКА

Секретар засідання



Ігор БУЧЕНКО