

ВІДГУК

офіційного опонента

доктора технічних наук, професора,

професора кафедри інженерії програмного забезпечення

Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут»

Шостака Ігоря Володимировича

на дисертаційну роботу Литвиненка Михайла Ігоровича на тему

«Моделі та інтелектуальні інформаційні технології

підвищення ефективності керування

транспортними потоками світлофорного перехрестя»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

в галузі знань 12 Інформаційні технології

за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки

1. Актуальність теми дослідження

Розвиток міських агломерацій нерозривно пов'язаний зі зростанням обсягів попиту на транспортні послуги, різноманітності засобів міської мобільності, що відбувається в умовах обмеженості просторових ресурсів міського середовища. Будучи складовою інтелектуальних транспортних систем, методи світлофорного регулювання перехресть, що засновані на малоадаптивних алгоритмах і моделях, є інженерно досконалими, проте не завжди забезпечують належну ефективність керування в умовах динамічних або асиметричних характеристик різноманітних потоків.

Підвищення адаптивності керування за рахунок просторово-темпоральної деталізації рішень щодо тривалості сигналів призводить до вищої складності координування, відповідно, виникає потреба у розробленні інтелектуальних інформаційних технологій, здатних враховувати мультимодальність транспортних потоків, неповноту інформації та необхідність координації великої кількості взаємопов'язаних рішень.

Наявні дослідження з деталізованого керування не розглядають наявність мультимодальних транспортних потоків з незалежною одне від одного динамікою, а також не передбачають адаптивності стратегій прийняття рішень на основі спостережуваних даних. Відтак, суперечність між потребою ефективного координування порядку і тривалості обслуговування потоків та відсутністю відповідних засобів зумовлює актуальність дисертаційного дослідження Литвиненка М. І.

2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому й оформлення

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку джерел посилання та восьми додатків. Загальний обсяг роботи становить 222 сторінки, з них 154 сторінки основного тексту, 39 рисунків, 26 таблиць, 67 формул, перелік використаних джерел із 302 найменувань на 33 сторінках і 8 додатків на 15 сторінках.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дослідження, сформульовані мета, область застосування, припущення і граничні умови, задачі та методи дослідження, відображено зв'язок дослідження з науковими програмами кафедри, наведено наукову новизну та теоретичне і практичне значення отриманих результатів, зазначено особистий внесок здобувача.

Перший розділ становить теоретичну основу дослідження. Виконано детальний аналіз традиційних і методів обчислювального інтелекту для світлофорного регулювання перехрестя, зокрема системи нечіткої логіки та їхні можливості моделювання невизначеності та застосовності до світлофорного пріоритету громадського транспорту, а також моделі й методи навчання з підкріпленням в одно- та мультиагентних середовищах і проблеми, пов'язані з ефективністю керування. За результатами проведеного аналізу здійснено постановку задачі дослідження.

Другий розділ присвячено питанню явної координації рішень щодо тривалості сигналів, у якому вдосконалено ієрархічну експертну систему нечіткого висновування, й отримані експериментальні результати свідчать про доцільність застосування умовного характеру пріоритету за високої

інтенсивності руху. Розроблена інформаційна технологія інтегрує засіб мікроскопічного моделювання дорожнього руху, дворівневу структуру керування сигналами і прогностичний модуль часу прибуття трамвая на перехрестя.

У третьому розділі розглянуті питання неявної координації, представлено теоретичну модель і проведено експериментальне дослідження мультиагентної системи глибинного навчання з підкріпленням для світлофорного регулювання. Розроблена інформаційна технологія, що інтегрує графове моделювання обмежень сумісності сигналів, асиметричну дворівневу поетапну структуру вирішування, середовище взаємодії з моделлю світлофорного перехрестя і модуль навчання децентралізованих стратегій.

Четвертий розділ містить порівняльний аналіз і синтез двох підходів керування. Описана єдина ієрархічна модель керування і розроблено відповідну інформаційну технологію, в якій обидва підходи розкладають задачу керування перехрестям на дві взаємопов'язані підзадачі - визначення черговості сигналів та оптимізації їх тривалості. Отримані результати не вказують на однозначну перевагу однієї з моделей, натомість наголошується на перспективності гібридного підходу.

Висновки до розділів і загальні висновки узгоджуються із заявленою новизною та практичною цінністю роботи. Бібліографія спирається переважно на сучасні джерела, що відповідають актуальному стану напряму досліджень.

Дисертація є завершеною науковою працею, а її оформлення відповідає вимогам «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 12.01.2022 р. № 44 (зі змінами), та «Вимогам до оформлення дисертації», затвердженим наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40.

3. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційну роботу виконано в межах плану науково-дослідних робіт кафедри комп'ютерного моделювання та інтелектуальних технологій (до

05.02.2026 р. — кафедра системотехніки) Харківського національного університету радіоелектроніки протягом 2022 – 2026 рр.

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Вірогідність й обґрунтованість положень дослідження підтверджуються узгодженістю теоретичних досліджень із експериментальними результатами. Формальне моделювання прийняття рішень здійснено через децентралізований частково спостережуваний марковський процес вирішування, отримання мультиагентних стратегій координації реалізовано через експертні системи нечіткого висновування та глибинне навчання з підкріпленням, для розробки інтелектуальних інформаційних технологій використано мову UML і сучасний засіб моделювання міської мобільності SUMO. Ефективність керування оцінено за множиною критеріїв, серед яких середня затримка транспортних засобів, середня швидкість під час перетинання перехрестя громадським транспортом. Вірогідність результатів забезпечена експериментальною перевіркою на основі наближених до реальних синтетичних сценаріїв інтенсивного транспортного попиту та впровадженням у практику. Основні положення дисертації представлені на міжнародних наукових конференціях.

Враховуючи вищезазначене, наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертаційній роботі, відзначаються належним рівнем вірогідності й обґрунтованості.

5. Основні наукові результати, одержані автором, і їх новизна

За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 8 наукових праць, з них 3 статті у наукових фахових виданнях України (категорії «Б») і 5 тез доповідей у матеріалах міжнародних наукових конференцій, одна з яких входить до МНБД Scopus.

У дисертаційній роботі одержано такі нові наукові результати:

1) уперше запропоновано концептуальну модель функціонування світлофорного перехрестя, що забезпечує сумісність з автономним навчанням на основі даних, зібраних наявними централізованими моделями, тоді як

децентралізована структура задачі забезпечує теоретичну основу для конфігурацій гетерогенних агентів і передавання стратегій між топологіями перехресть.

2) уперше запропоновано модель вирішування щодо тривалості світлофорних сигналів на основі мультиагентного глибинного навчання з підкріпленням, що дозволяє агентам досягти тривалого розвідування та скоординованої довгострокової взаємодії у рамках децентралізованого процесу вирішування, а також підвищує адаптивність і стійкість моделі до змін характеристик транспортного потоку.

3) удосконалено модель інтелектуального світлофорного керування транспортними потоками мультимодального перехрестя з використанням дворівневого децентралізованого процесу нечіткого вирішування, відмінність якої від аналогів полягає у врахуванні характеристик маршрутного руху для визначення черговості сигналів і застосуванні прогнозного керування для визначення часових параметрів сигналів, завдяки чому мінімізується час затримки і кількість зупинок трамваїв із незначним впливом на рух загального транспорту.

4) набула подальшого розвитку модель децентралізованого керування транспортними потоками мультимодального світлофорного перехрестя з урахуванням невизначеності вирішування, відмінність якої від аналогів полягає у правилах арбітражу запитів з оцінками впевненості, що дає можливість урегулювання конфліктів руху громадського транспорту, а також потоків транспорту різних видів.

6. Практичне значення одержаних результатів

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що інтерпретованість рішень і явна координація обслуговування запитів мультимодальних транспортних потоків удосконаленої моделі надають змогу підвищити ефективність світлофорного регулювання в межах наявних інтелектуальних транспортних систем. Водночас запропонована мультиагентна модель і відповідна інформаційна технологія є основою для масштабованого й

узагальнюваного самовдосконалювального керування потоками, зокрема у суміжних галузях, що характеризуються затримкою сигналу зворотного зв'язку, використанням обмежених у часі послідовностей елементарних рішень, і відсутністю повної інформації про поточний стан системи.

Результати дисертаційної роботи впроваджено в освітній процес кафедри КМІТ Харківського національного університету радіоелектроніки при проведенні лекційних та лабораторних занять з дисциплін «Сучасні методи оптимізації», «Методи глибинного навчання у комп'ютерних системах», «Нечіткі моделі та методи аналізу даних» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-науковою програмою «Системне проектування» спеціальності 122 Комп'ютерні науки (акт від 23.05.2026 р.).

7. Дотримання вимог академічної доброчесності

Аналіз тексту дисертації та наукових праць здобувача дає можливість зробити висновок, що дисертаційна робота є самостійно виконаною завершеною науковою працею та не містить елементів фальсифікації, компіляції чи плагіату. Використані ідеї та результати інших авторів супроводжуються належними посиланнями на відповідні джерела. Зазначено мету і межі застосування конкретних засобів генеративного штучного інтелекту, й усі розділи, для написання яких використовувалися засоби ШІ, перевірені та відредаговані здобувачем особисто. Отже, дисертаційна робота відповідає вимогам щодо академічної доброчесності.

8. Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації

Відзначаючи новизну, важливість і повноту одержаних наукових та практичних результатів, слід вказати на такі дискусійні положення та зауваження.

1. Не зрозуміло, яким чином отримані якісні оцінки функціональних можливостей різних варіантів систем нечіткого висновування (наприклад, «низько-середня для дискретних дій» або «середньо-високі обчислювальні витрати»).

2. Серед інших, не розглянуто можливість застосування класичного підходу до побудови мультиагентних систем, який передбачає використання єдиної платформи для взаємодії агентів.

3. У дослідженні застосовано технологію нечітких експертних систем, при цьому відсутні пояснення щодо реалізації етапу надбання знань, наприклад, формування бази правил для розв'язання конфліктів (Табл. 2.4, с. 110).

4. На с. 125 в першому абзаці автор зазначає, що координація автономних агентів здійснюється неявно, через спільні винагороди та зв'язок через середовище. При цьому відсутній опис такого механізму координації.

5. Не зрозуміло, як визначається фактичний горизонт планування кожного з агентів у децентралізованому мультиагентному середовищі (сс. 141, 142).

6. Відсутність визначень низки термінів, як-от: часові заслуги; примітивні дії; глибина прийняття рішень; незнане невідоме; бутстреп-цілі та деяких інших, дещо утруднює сприйняття матеріалу.

Проте зазначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи, не зменшують наукову та практичну цінність..

9. Загальні висновки щодо дисертаційної роботи

У дисертаційній роботі Литвиненка Михайла Ігоровича «Моделі та інтелектуальні інформаційні технології підвищення ефективності керування транспортними потоками світлофорного перехрестя» вирішено актуальні науково-практичні завдання підвищення ефективності керування транспортними потоками мультимодальних світлофорних перехресть в умовах часткової спостережуваності та невизначеності просторово-темпорально деталізованих рішень.

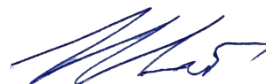
Робота є самостійним завершеним науковим дослідженням, яке за змістом, структурою, обсягом та оформленням відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44 (зі змінами), та «Вимогам до

оформлення дисертації», затвердженим наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40.

Здобувач Литвиненко Михайло Ігорович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри інженерії програмного забезпечення
Національного аерокосмічного університету
«Харківський авіаційний інститут»



Ігор ШОСТАК