

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри інформаційних технологій проектування та прикладної математики Київського національного університету будівництва та архітектури **Терентьєва Олександра Олександровича** на дисертаційну роботу Мазуренка Романа Володимировича «Інтелектуальна система керування трафіком великого міста», що представлена на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 126 «Інформаційні системи та технології» галузі знань 12 «Інформаційні технології»

Актуальність теми дисертації

Проблема транспортних заторів досі залишається однією з суттєвих проблем багатьох великих міст на різних континентах. При цьому зростання кількості транспорту на дорогах великих міст, як правило, випереджає можливості дорожньої інфраструктури, що призводить до транспортних заторів.

Останні декілька років у сфері інтелектуального керування трафіком великих міст з'явилося багато робіт, спрямованих на створення інноваційних рішень із використанням великих даних, штучного інтелекту і технологій інтернету речей. Вирішенню сучасних проблем організації і оптимізації дорожнього руху у великих містах та інтелектуалізації процесів керування IT-проектами в цій сфері присвячено багато праць. Проте проблема заторів досі не вирішена в багатьох містах.

Не вирішеною ця проблема і в багатьох містах України, тому дисертаційна робота Мазуренка Р. В., яка полягає в розробці інтелектуальної системи керування трафіком великого міста, здатної зменшити кількість транспортних заторів за рахунок розумного керування світлофорами, зумовлена нагальною потребою мешканців великих міст, є актуальною, своєчасною і відповідає напрямку, визначеному у Законі України «Про схвалення Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні» (2020 р.) і цілям Національної стратегії розвитку інтелектуальних транспортних систем до 2030 року і може бути інтегрована у програму «Цифрова Україна».

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Обґрунтованість наукових положень і висновків, сформульованих у дисертації, підтверджується публікаціями 2 статей у науковому фаховому виданні України категорії «Б» і статті у періодичному науковому виданні іншої держави, яка входить до ЄС. Окрім того матеріали дослідження доповідались на трьох міжнародних конференціях, де пройшли ретельну апробацію та отримали підтвердження у вигляді рецензій і фахівців галузі інформаційних технологій.

Теоретичні результати дисертаційної роботи здобувача підтверджені також фахівцями відділу оптимізації режимів світлофорного регулювання і

службою впровадження та експлуатації комунального підприємства «Центр організації дорожнього руху», що засвідчено актами про впровадження. Таким чином, рівень цінності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, відповідає сучасним стандартам галузі, а матеріал дисертації заслуговує на подальше впровадження.

Наукова новизна отриманих автором результатів.

У дисертації Мазуренка Романа Володимировича проведено всебічне дослідження новітніх інформаційних та інтелектуальних систем керування трафіком і моделей та методів штучного інтелекту, які вирішують різні задачі комплексної проблеми організації та оптимізації трафіку великих міста.

На основі цього дослідження з'ясовано, що для вирішення проблеми заторів у великих містах доцільно зосередитись на розробці інтелектуальної системи, яка використовує можливості існуючих моделей і методів штучного інтелекту. Це надасть змогу покращити контроль руху і підвищити загальну мобільність жителів міста з меншими витратами, що особливо важливо ураховувати при вирішенні проблеми покращення трафіку в умовах обмеження матеріальних ресурсів.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у тому, що інтелектуальну модель керування транспортними потоками міста використовує результати симуляційних експериментів на моделі дорожньої мережі саме цього міста за сценарієм руху з урахуванням точок інтересу. При цьому модель дорожньої мережі м. Києва, придатної для вирішення поставленої мети, створено вперше.

Подальшого розвитку набули мультиагентний підхід навчання з підкріпленням для керування трафіком міста з використанням технологій штучного інтелекту шляхом, використання симуляційного моделювання і застосування онтології для наближення моделі середовища до реальних умов, повторного використання знань і формування нечітких правил керування світлофорами в реальних умовах. Також в роботі удосконалено архітектуру системи керування трафіком міста, яка навчається оптимізувати трафік шляхом вибору кращого рішення з множини прийнятних альтернатив, виконуючи моделювання транспортних потоків мережею доріг наперед визначеного міста;

Теоретичне та практичне значення одержаних результатів

Технологія проектування систем керування трафіком великого міста має теоретичне значення для- розвитку і вдосконалення подібних систем в напрямку підвищення надійності і швидкості навчання моделі за рахунок закладання в основу моделювання реальних умов руху.

Використання матеріалів дослідження в навчальному процесі надає можливість покращити якість освіти і конкурентну спроможність здобувачів освіти галузі знань 12 «Інформаційні технології» за рахунок впровадження новітніх теоретичних знань і практичних навичок, що підтверджено довідкою

про впровадження результатів дисертаційного дослідження в навчальний процес Київського національного університету будівництва та архітектури.

Теоретична і практична цінність одержаних в роботі результатів також підтверджена актом впровадження в роботу комунального підприємства «Центр організації дорожнього руху». До впровадження взято запропонований автором роботи підхід до навчання інтелектуальної моделі керування комплексом світлофорів, в основу якого покладено модель дорожньої мережі м. Києва

Повнота викладення основних результатів дисертації в опублікованих працях.

Основні результати дослідження викладено у трьох публікаціях, одна з яких індексується у наукометричній базі даних SCOPUS, а також представлено і опубліковано в збірниках матеріалів наукових конференцій, одна із яких індексується в наукометричній базі SCOPUS. Публікації відповідають вимогам, що встановлені «Порядком присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» затвердженим постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р.

Зміст дисертації

Дисертацію присвячено вивченню важливої науково-практичної проблеми розумного керування трафіком великого міста.

Праця складається із анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

В анотації повністю відображено зміст дисертаційної роботи і її наукову новизну.

У вступі сформульовано загальну характеристику дисертації; показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; визначено актуальність і мету дослідження; надано перелік наукових і прикладних задач, які автор планував вирішити для досягнення мети; показано практичне значення роботи і апробацію результатів досліджень.

У першому розділі досліджено:

- комплекс проблем дорожнього руху, що пов'язані з транспортними заторами у великих містах;

- підходи до вирішення проблеми заторів та методи моделювання трафіку великого міста, проведено дослідження сучасних інформаційних та інтелектуальних систем керування трафіком та моделей і методів штучного інтелекту, що здатні вирішувати задачу керування світлофорами в режимі реального часу.

На основі цього дослідження виконано постановку задачі.

У другому розділі:

- формалізовано уніфіковану модель складного чотиристороннього перехрестя, прилеглих доріг і змінних, що використовуються при моделюванні роботи комплексу світлофорів на цьому перехресті;

- виконано кодування внутрішніх станів і функцій виходів автомата Мура для керування транспортними потоками в умовах невизначеності, що пов'язана з вибором кращого рішення з множини прийнятних альтернатив, що надасть змогу формувати апріорні нечіткі правила для керування комплексом світлофорів в реальних умовах;

- структуровано і формалізовано основні поняття концепту «Моделі рішень» онтології системи і надано розуміння можливості різних моделей і методів штучного інтелекту вирішувати різні задачі покращення трафіку великого міста.

У третьому розділі запропоновано і детально описано архітектуру високонавантаженої інтелектуальної системи, здатної керувати транспортними потоками великого міста в режимі реального часу, а також:

- надано архітектуру інтелектуальної системи керування трафіком великого міста та обґрунтовано доцільність застосування в ній нереляційної бази даних архітектури Касандра:

- описано модель прийняття рішень і обґрунтовано вибір навчання з підкріпленням для вирішення задачі інтелектуального керування комплексом світлофорів;

- описано процес спілкування агентів контролерів світлофорів і здатність моделі прийняття рішень до адаптації за рахунок застосування навчання з підкріпленням.

У четвертому розділі:

- обґрунтовано вибір програмного пакета для моделювання дорожнього руху і покроково описано його використання;

- описано процес моделювання транспортних потоків з урахуванням точок інтересу на прикладі м. Києва;

- на основі проведених експериментальних досліджень сформовано навчальне середовище для моделі керування світлофорами за алгоритмами навчання з підкріпленням;

- виконано тренування і порівняльний аналіз результатів навчання, на основі яких для керування комплексом світлофорів на складних перехрестях рекомендовано використовувати інтелектуальну модель, навчену за алгоритмом True Online Temporal-Difference Learning;

- надано інструкцію щодо впровадження системи в дорожню інфраструктуру міста.

У висновках зазначені наукові результати дослідження, що повністю відповідають меті та поставленим задачам.

Список використаних джерел налічує 138 джерел інформації.

У додатках розміщено акти впровадження результатів дисертаційного дослідження комунальним підприємством «Центр організації дорожнього руху» та довідку про впровадження результатів дисертаційного дослідження в навчальний процес Київського національного університету будівництва та архітектури .

Зауваження

В цілому позитивно оцінюючи подану до захисту дисертаційну роботу Мазуренка Романа Володимировича, слід звернути увагу на окремі недоліки і питання, які не зменшують наукову значущість і практичну цінність роботи, але потребують уточнення і доопрацювання:

1. Наукова новизна роботи прописана в анотації і не прописана у вступі роботи.

2. На мою думку, розділи 2 і 3 містять більше теоретичної інформації, ніж було використано для надання рекомендацій щодо впровадження моделі керування комплексом світлофорів в системи організації і керування дорожнім рухом.

3. У розділі 4 описані робота системи та її впровадження в мережу світлофорів міста. При цьому автор не надає даних щодо швидкодії такої розподіленої системи, хоча при керуванні мережею світлофорів затримка в часі, що потрібен на розпізнавання образів, прийняття рішення і комунікацію між агентами, може бути критичною, оскільки. Варто було б зазначити можливість системи з цього боку.

4. В роботі присутні друкарські, граматичні, стилістичні помилки.

Висновок

Дисертаційна робота Мазуренка Романа Володимировича «Інтелектуальна система керування трафіком великого міста» є повністю завершеним науковим дослідженням, в якому вирішується актуальна задача, виконане на високому науковому рівні. Результати, що одержані в роботі є новими, відповідають поставленим цілям і задачам, мають теоретичне та практичне значення і не порушують принципів академічної доброчесності.

Вважаю, що робота відповідає вимогам, які висуваються до дисертаційних робіт, зокрема зміст дисертації загалом відповідає галузі знань 12 «Інформаційні технології», спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології», «Вимогам до оформлення дисертації», затвердженим Наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 (із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки України від 31.05.2019 № 759) та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому

Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 (в редакції постанови Кабінету Міністрів України від 19 травня 2023 р. № 502), а її автор – Мазуренко Роман Володимирович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» зі спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології».

Офіційний рецензент:

завідувач кафедри інформаційних технологій проектування

та прикладної математики

Київського національного університету

будівництва та архітектури

доктор технічних наук, професор



Олександр ТЕРЕНТЬЄВ

Особистий підпис завідувача кафедри інформаційних технологій проектування та прикладної математики, доктора технічних наук, професора Олександра Терентьєва засвідчую

Вчений секретар Вченої ради

Київського національного університету

будівництва та архітектури

кандидат технічних наук, доцент



Микола КЛИМЕНКО