

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, докторки технічних наук, доцентки, завідувачки кафедри інформаційних технологій Київського національного університету будівництва та архітектури Гончаренко Тетяни Андріївни 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

Оптимізація трафіку великого міста є актуальною науковою та практичною задачею, яка має значний вплив на соціально-економічний розвиток міст.

Наразі ключовим драйвером розвитку розумних міст визначена інтеграція засобів аналізу великих даних з інтелектуальними транспортними агентами і системами. Цей зв'язок дозволяє оптимізувати трафік великого міста, зосереджуючись на розумних системах керування транспортними потоками, як центральних компонентах, дозволяє оптимізувати трафік міста, фокусуючись на компенсації слабких сторін одних сильними сторонами інших. При цьому важливу роль в розробці і вдосконаленні розумних систем керування трафіком відіграють різні інноваційні технології штучного інтелекту, що моделюють поведінку транспортних засобів, водіїв та інших учасників дорожнього руху.

Дисертаційне дослідження Мазуренка Романа Володимировича, що зумовлене потребою в розробці і впровадженні ефективних систем керування трафіком, спрямоване на розробку інтелектуальної системи керування комплексом світлофорів, яка здатна збирати дані з фізичного середовища і передавати їх агенту для аналізу і своєчасного прийняття рішень щодо керування транспортними потоками великих міст. Така робота є актуальною для багатьох великих міст, в яких досі не вирішена проблема транспортних заторів.

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

Теоретична і практична цінність, достовірність і перспективність результатів роботи першою чергою підтверджуються спеціалістами відділу оптимізації режимів світлофорного регулювання і службою впровадження та експлуатації комунального підприємства «Центр організації дорожнього руху», про що свідчать акти впровадження.

Основні наукові положення, сформульовані в дисертації також пройшли ретельну апробацію, а саме: були висвітлені та обговоренні під час презентацій матеріалів дослідження на 3 міжнародних конференціях, одна з яких індексується в наукометричній базі даних SCOPUS, і опубліковані у трьох статтях, одна з яких опублікована в періодичному науковому виданні іншої держави, що входять до ЄС. Дві статті опубліковані у науковому фаховому виданні України категорії «Б», де подані до друку матеріали проходять рецензування і перевірку на запозичень і плагіату.

Впевнена, що наукові положення, висновки і рекомендації, сформульовані в дисертації є повністю обґрунтованими.

Наукова новизна отриманих автором результатів.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в розробці інтелектуальної моделі керування транспортними потоками м. Києва та підході до навчання системи керування комплексом світлофорів на моделі дорожньої мережі міста, що використовує результати симуляційних експериментів на моделі дорожньої мережі міста за сценарієм руху з урахуванням точок інтересу. Такий підхід створює сприятливі передумови для швидкого і економічно ефективного впровадження моделі керування в транспортну систему.

Окрім того в дисертаційній роботі удосконалено технологію проектування систем керування трафіком великого міста в напрямку підвищення надійності і швидкості навчання моделі за рахунок закладання в основу моделювання моделі дорожньої мережі і умов руху, що наближені до реальних.

Також у роботі набули подальшого розвитку:

– понятійний апарат концепту онтології «Транспортний потік» за рахунок наближення моделі середовища до реальних умов та надання агентам семантичного розуміння моделі середовища, що надає можливість покращення комунікації агентів контролерів світлофорів;

– мультиагентний підхід навчання з підкріпленням для керування трафіком в напрямку пришвидшення навчання моделей штучного інтелекту в реальному середовищі.

Теоретичне та практичне значення одержаних результатів

Автором запропоновано модель інтелектуальної високонавантаженої розподіленої системи, здатної керувати потоками автомобільного транспорту великого міста в режимі реального часу. Розподілена архітектура системи управління трафіком на основі комбінації масштабованих технологій та пакетної обробки даних за допомогою використання Kafka, Spark, Apache Hadoop і застосування балансувальників навантаження є цінним внеском у сферу комп'ютерних наук та інженерії.

Запропонована система адаптована до вітчизняної транспортної інфраструктури, чим створює сприятливі передумови для швидкого і економічно-ефективного впровадження, а детальне описання процесів створення моделі дорожньої мережі міста і формування вхідних даних для навчання з підкріпленням на основі статистичних даних про трафік міста суттєво підвищує адекватність моделі і спрощує її донавчання в реальних умовах. Таким чином, створюючи модель, яка може працювати з великими транспортними потоками, автор уможливує розробку більш складних і досконалих додатків, які можуть сприяти розвитку транспортної інфраструктури міста.

Робота може використовуватися як інструкція для створення подібних систем в інших містах і формування набору даних для їх навчання з підкріпленням.

Повнота викладення основних результатів дисертації в опублікованих працях

Основні положення дисертаційного дослідження Мазуренка Р.В. викладено в 5 наукових публікаціях, в числі яких 3 наукові статті у фахових виданнях, 1 з яких індексується в наукометричній базі SCOPUS, і 2 праці апробаційного характеру у збірках матеріалів міжнародних конференцій, 1 з яких індексується в наукометричній базі SCOPUS.

Публікації здобувача відповідають вимогам, які 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 року.

Зміст дисертації

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків до розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, який містить 138 найменувань, та додатків, у яких представлено акти і довідка щодо впровадження наукових результатів.

У вступі зазначено загальну характеристику дисертації, сформульовано актуальність теми, мету і задачі дослідження, практична цінність роботи та відомості про апробацію і публікації результатів досліджень.

У першому розділі наводиться комплексне дослідження проблем дорожнього руху, що пов'язані з транспортними заторами, і аналіз сучасних інформаційних та інтелектуальних систем і технологій моделювання трафіку; виконано постановку задачі. Також в розділі зібрано необхідну інформацію щодо ролі сенсорних технологій і датчиків в інтелектуальних транспортних системах і програмно-технічних комплексах, які надають можливість в режимі реального часу збирати дані з фізичного середовища і передавати їх агенту для аналізу і прийняття рішень щодо керування дорожнім рухом.

У другому розділі запропоновано концептуальну модель інтелектуальної системи керування трафіком великого міста, яка використовує можливості нечіткої логіки і штучного інтелекту при формуванні гібридних моделей, що поєднують апріорні правила з інтелектуальними агентами. Детально описано понятійний апарат онтології, який покладено в основу функціонування системи. При цьому концепт онтології «Транспортний потік» розширено в напрямку наближення моделі трафіка міста до реального аналога для надання агентам світлофора семантичного розуміння моделі середовища.

У третьому розділі запропоновано архітектуру високонавантаженої інтелектуальної системи керування трафіком великого міста і підібрано взаємопов'язані одиниці, які здатні спільно керувати транспортними потоками міста. Також в розділі проаналізовано потенціал алгоритмів, які можуть бути використані для навчання інтелектуальних моделей керування комплексами світлофорів і розумно розподіляти потоки автомобільного транспорту в режимі реального часу. При цьому формалізовано комунікацію агентів контролерів світлофорів, що функціонують на 4-х сторонніх перехрестях.

У четвертому розділі на прикладі м. Києва описано процес моделювання дорожнього руху з урахуванням точок інтересу і проведено експериментальні дослідження, на основі яких сформовано навчальне середовище для моделі керування світлофорами за алгоритмами Q-learning, Deep Q-Network, Proximal

Policy Optimization і True Online Temporal-Difference Learning; виконано тренування і порівняльний аналіз результатів навчання. На основі проведених випробувань до впровадження в транспортну систему м. Києва рекомендовано True Online Temporal-Difference Learning та надано інструкцію щодо впровадженню інтелектуальної системи керування комплексом світлофорів в транспортну систему міста.

У висновках зазначені отримані наукові результати, які повністю відповідають завданням дисертаційного дослідження.

Зауваження

У цілому позитивно оцінюючи дисертацію, яку можна використовувати в якості новітнього посібника для розробки для створення інтелектуальних систем керування трафіком великого міста вважаю за потрібне звернути увагу на окремі непорозуміння, помилки, недоліки і питання, що потребують роз'яснень автора:

1. У вступі не зазначена наукова новизна, яка сформульована і наведена в анотації.

2. У розділі 1 зазначається можливість використання даних Traffic Index, карт стану трафіку та дані GPS в якості інформаційного ресурсу для інтелектуальної системи керування трафіком великого міста. Надалі в роботі не зрозуміло, як саме при моделюванні трафіку міста використовувалися ці дані.

3. У розділі 2 при формалізації задачі керування комплексом світлофорів розглянуто питання впровадження моделей і методів штучного інтелекту в комплекси керування дорожнім рухом великого міста, однією з суттєвих характеристик якого є наявність аномалій. Не зовсім зрозуміло яким чином ця частина дослідження використовується (чи буде використано) в подальших дослідженнях.

4. В розділі 2 надаються онтологія та автомат Мура, як складові гібридної моделі прийняття рішень для керування комплексами світлофорів. Однак їх взаємозв'язок та доцільність їх використання не є очевидними і потребують додаткових роз'яснень.

5. У розділі 3 при виборі баз даних для інтелектуальної системи керування трафіком великого міста розглядалися архітектури, що вже добре зарекомендували себе серед користувачів і належать до нереляційних баз даних різних типів, а саме Монго, Редіс і Касандра. Чому в цьому списку немає ArangoDB?

6. У розділі 4 порівнюються моделі керування світлофорами за алгоритмами Q-learning, Deep Q-Network, Proximal Policy Optimization і True Online Temporal-Difference Learning; виконано тренування і порівняльний аналіз результатів навчання. На основі проведених симуляційних експериментів автором надано рекомендацію впровадження у систему керування транспортними потоками моделі, навченої за алгоритм True Online Temporal-Difference Q-learning. В той же час існують роботи, в яких показано доцільність використання моделі, навченої за алгоритмом Q-learning, що містить протиріччя, яке потребує обґрунтування та пояснення.

7. В роботі присутні незначні друкарські, граматичні, стилістичні помилки, є неузгодженість в нумерації формул.

Висновок

Дисертація Мазуренка Романа Володимировича «Інтелектуальна система керування трафіком великого міста» присвячена вирішенню важливої науково-практичної задачі автоматизації керування трафіком великого міста.

Дисертація є результатом самостійних досліджень здобувача. Ідеї, і тексти інших дослідників мають належним чином оформлені посилання на відповідні джерела інформації. Матеріал і всі етапи роботи сформовані і описані послідовно і логічно українською мовою.

Вважаю, що дисертаційна робота Мазуренка Р. В. є завершеною науковою працею, в якій вирішується актуальна задача. Робота має теоретичну і практичну цінність, виконана на високому науковому рівні і не порушує принципів академічної доброчесності. Сформульована в дисертації мета дослідження досягнута, а зауваження не зменшують цінність результатів роботи в цілому.

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,
завідувачка кафедри інформаційних технологій
Київського національного університету
будівництва та архітектури
докторка технічних наук, доцентка



Тетяна ГОНЧАРЕНКО

Особистий підпис завідувачки кафедри інформаційних технологій, докторки технічних наук, доцентки Тетяни ГОНЧАРЕНКО засвідчую.

Вчений секретар Вченої ради
Київського національного університету
будівництва та архітектури
кандидат технічних наук, доцент



Микола КЛИМЕНКО