

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертаційну роботу Абрамової Людмили Сергіївни
на тему: «Теоретичні основи формування розподілених систем управління
дорожнім рухом у містах»,
представленої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи

Загальний аналіз дисертації

Представлена дисертація викладена на 418 сторінках та складається із анотації, вступу, шести розділів, висновків, переліку використаних джерел (244 найменувань) та 14 додатків. Основна частина роботи викладена на 345 сторінках та містить 103 рисунки та 12 таблиць.

Обсяг основного тексту, структура дисертації, порядок викладення та оформлення матеріалу у дисертації та авторефераті дисертації відповідають дійсним вимогам МОН України.

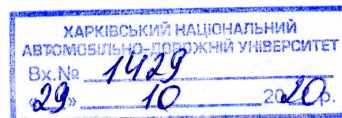
Дисертація виконана в Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті.

Загальний аналіз роботи і опублікованих праць автора дозволяє зробити наступні висновки по суті представленої до захисту дисертації.

Актуальність теми дисертаційної роботи

Велика кількість зупинок транспортних засобів створюють проблеми на вулично-дорожніх мережах. Значна кількість зупинок відбувається за неефективного проїзду регульованих ділянок доріг. Тому інфраструктура міст потребує створення інтегрованих систем управління нового покоління, що дозволяють визначати оптимальні режими руху транспортного засобу з урахуванням зміни дорожньої ситуації, ґрунтуючись на оперативному прогнозі та довготривалому спостереженні.

Однією з задач є підвищення ефективності функціонування транспортної мережі міста, що можливе за рахунок розвитку систем управління дорожнім рухом. Для застосування систем управління дорожнім рухом у містах необхідно знати інтенсивність руху транспортних засобів, режим роботи світлофорного об'єкта, пропускну здатність проїзної частини та кількість транспортних засобів, що знаходяться попереду досліджуваного транспортного засобу. На сьогодні немає достатньої кількості систем,



приладів і розробленого обчислювального апарата, що дозволяють оперативно збирати і опрацьовувати необхідну інформацію. Тому водії не можуть повністю користуватися перевагами дорожнього руху. Єдине, що може відрізнати окремих водіїв – це навички їзди та стаж водіння транспортного засобу. Навіть, коли водій зі стажем намагається проїжджати світлофорні об'єкти без зупинки, то без додаткового комплексу приладів або підказок це відбувається неефективно.

За таких умов розвиток систем управління дорожнім рухом для підвищення ефективності функціонування транспортної мережі міста є своєчасним і актуальним.

Дисертаційна робота виконана відповідно до Закону України «Про дорожній рух» від 30.06.1993 р. № 3353-ХІІ; Резолюцій Генеральної Асамблеї ООН № 64/255 від 10.05.2010, № 66/260 від 23.05.2012 і № 68/269 від 29.04.2014; Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року» від 30.05.2018 р. № 430-р.; Стратегії підвищення рівня безпеки дорожнього руху на період до 2020 року (схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14 червня 2017 р. № 481); Державної Програми підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2020 року (постанова Кабінету Міністрів України від 25 квітня 2018 р. № 435).

Ступінь обґрунтування наукових положень, висновків і практичних рекомендацій

Отримані автором положення, висновки, результати досліджень за дисертацією в цілому є достовірними та обґрунтованими, що обумовлено коректністю постановки й розв'язання поставлених завдань.

Достовірність отриманих результатів дисертаційних досліджень підтверджується результатами математичного моделювання, даними експериментів, збігом результатів теоретичних і експериментальних досліджень.

Усі висновки, що сформульовані по розділам роботи, загальні висновки по дисертаційній роботі виходять з її змісту та відображають нові положення, результати, отримані автором. Достовірність висновків та рекомендацій сумніву не викликає.

Наукова новизна результатів дисертаційної роботи

Наукова новизна одержаних у дисертації результатів полягає у тому, що вперше:

- розроблені теоретичні основи структурного синтезу, аналізу алгоритмів управління та розробки інтелектуальних агентів для проектування гібридних систем управління ДР за технологією розподілення інформаційних та технологічних складових об'єкту управління для підвищення соціально-економічних показників функціонування ВДМ міст;

- методологічно обґрунтовані та аналітично визначені параметри динамічного управління ТП у складних міських умовах на підставі визначення місця утворення та параметрів «ударних хвиль» як причини переходу ТП з детермінованого стану до стохастичного, що підвищує пропускну спроможність ВДМ;

- сформовано концепцію контурного управління ДР шляхом організації рівномірного руху ТП по магістралям контуру на підставі визначення параметрів руху груп АТЗ та оптимізації параметрів управління, що зменшує час пересування по мережі та рівень екологічного забруднення міст.

Удосконалено:

- методологію мікромоделювання руху окремого АТЗ у потоці підвищеної щільності із урахуванням його динамічних параметрів на відміну від існуючого логічного опису АТЗ за теорією клітинних автоматів як однакових клітин, однаково поєднаних між собою;

- процес макромоделювання параметрів ТП у міських умовах руху за рахунок визначення параметру локальної щільності ТП, на відміну від відомих моделей щільності ТП, які у складних умовах руху не надають конкретного результату.

Отримали подальший розвиток:

- моделі зміни основних параметрів ТП у вигляді діаграм ТП для калібрування геоінформаційної моделі міста шляхом поєднання нормативних характеристик руху з емпіричними даними на підставі фундаментальної діаграми ТП.

Практичне значення основних результатів дисертаційної роботи

Практичне значення одержаних результатів підтверджується відповідними актами впровадження і висновком про використання результатів дисертаційного дослідження.

Практичну цінність дисертаційного дослідження складає наступний інструментарій: запропоновані в роботі методики визначення параметрів управління придатні до використання на різних стадіях функціонування ДР у містах; розроблена геоінформаційна модель сприяє отриманню адекватної та точної моделі транспортної мережі міста для організації параметричного контролю за рухом транспорту; розроблені імітаційні моделі дозволяють на стадії проектування визначити параметри управління та оцінити їх вплив на ДР.

Результати дисертаційного дослідження прийняті до впровадження Департаментом інфраструктури Харківської міської ради (акт про прийняття до впровадження № 4146/0/78-19 від 20.12.2019 р.); відділом транспорту, зв'язку та енергетики Краматорської міської ради (акт про прийняття до впровадження від 22.01.2020 р.).

Окрім того, результати дисертаційного дослідження застосовуються у навчальному процесі Харківського національного автомобільно-дорожнього університету при підготовці фахівців за спеціальністю 275 «Транспортні технології».

Всі вище зазначені результати досліджень підтверджуються відповідними актами впровадження, що наведені у додатках дисертаційної роботи.

Повнота викладу наукових положень дисертації в опублікованих працях

Результати дослідження за темою дисертації з достатньою повнотою викладені у 51 друкованій праці, з них 48 наукових статей у фахових наукових виданнях України та інших держав (46 статей включені до міжнародних наукометричних баз, у т.ч. 2 статті у виданнях, що індексуються у Scopus та WoS); 19 праць апробаційного характеру, 12 авторських свідоцтв України на твір науково-практичного характеру.

Результати досліджень доповідалися та були схвалені на таких конференціях: міжнародній науково-практичній конференції «Наукові дослідження та їх практичне застосування» (Одеса, 2007); науково-технічній конференції із міжнародною участю Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна (Харків, 2010); IV Міжнародній науково-практичній конференції «Логістика промислових регіонів» (Донецьк, 2012); Міжнародній науково-практичній конференції «Удосконалення організації

дорожнього руху й перевезень пасажирів та вантажів» (Мінськ, Білорусія, 2012); VII Міжнародній науково-практичній конференції «Безпека дорожнього руху: правові та організаційні аспекти» (Донецьк, 2012); III Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми підвищення рівня безпеки, комфорту та культури дорожнього руху» (Харків, 2013); Міжнародній науково-практичній конференції «Модернізація та наукові дослідження у транспортному комплексі» (Перм, РФ, 2013); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Інформаційні технології і мехатроніки» (Харків, 2014); VII російсько-німецькій конференції з безпеки дорожнього руху (Санкт-Петербург, РФ, 2014); IV міжнародній науково-практичній конференції «Академічна наука - проблеми й досягнення» (Москва, РФ, North Charleston, SC, USA, 2014); Міжнародній науково-практичній конференції «Новітні технології в автомобілебудуванні та на транспорті» (Харків, 2015); науково-технічній конференції із міжнародною участю «Транспорт, екологія – сталий розвиток» (Варна, Болгарія, 2016); I Міжнародній науково-практичній конференції «Автомобільний транспорт та інфраструктура» (Київ, 2018); 48th International Scientific Conference «Experience of the past, practice of the future» (New York, USA, 2019); XI Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні інноваційні та інформаційні технології на транспорті» (Херсон, 2019); 1st International scientific and practical conference «Scientific achievements of modern society» (Liverpool, UK, 2019); XV науково-практичній міжнародній конференції «Міжнародна транспортна інфраструктура, індустріальні центри та корпоративна логістика» (Харків, 2019).

Наведений перелік публікацій та їх зміст відповідають темі дисертації і в достатньому обсязі відображають основні положення і наукові результати, що отримані в дисертації.

Ідентичність змісту автореферату та основних положень дисертації

Зміст дисертації, її основні положення, результати та висновки повністю відображені у авторефераті. Зміст автореферату та дисертації ідентичний.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому

Структура та обсяг дисертації відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів».

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовані мета і задачі, об'єкт та предмет дослідження, викладені основні положення наукової новизни, практичної цінності одержаних результатів та особистий внесок автора, наведені відомості про апробацію, публікації та впровадження результатів дослідження.

В першому розділі проведено аналіз сучасних систем управління дорожнього руху; визначено наявність класифікаційних ознак систем та проведено їх систематизацію. Встановлено, що найбільш ефективною є ієрархічна система управління з елементами децентралізації, що реалізує технологію ситуаційного управління. Виявлена доцільність розподілення функцій керуючих функцій за визначеними рівнями: стратегічний рівень; тактичний та локального управління, що впливає на ефективність розподілу ресурсів управління. Автором зазначено, що синтез функціональних та організаційних заходів має тільки теоретичний характер, тому розробка методологічних підходів до проектування повинна поєднувати сучасні складові математичного та програмного забезпечення системи управління із ознаками Інтелектуальної Транспортної Системи (ІТС).

У другому розділі розроблено концепцію проектування гібридного управління, що надає можливість зберігати, шукати, виконувати аналітичні розрахунки на підставі формалізації знань у поєднанні із традиційним підходом до процесу управління ДР.

Розроблено ромбовидну архітектуру ієрархічної системи управління дорожнім рухом, що дозволяє розподілити не тільки методи управління за цілями, а й відокремити інформаційні та технологічні параметри за алгоритмами управління при наявності двох центрів управління – технічного центру та органу прийняття рішень.

Автором обґрунтована доцільність проектування гібридної інтелектуальної системи, яка у порівнянні із екстраполяцією концепцій існуючих систем є більш ефективною для процесу управління дорожнім рухом у містах. Запропоновано принципову схему гібридної системи управління дорожнім рухом із застосуванням робастного адаптивного регулятора.

Також у розділі визначені задачі та функції СППР як складової інформаційного забезпечення ІСУ, які полягають у реалізації параметричного та ситуаційного контролю ДР.

У третьому розділі розроблена стратегія гібридного управління ДР у містах. Отримано результат взаємодії параметрів дорожнього руху із параметрами управління системи на різних рівнях управління із урахуванням їх нормативних їх значень.

Обрано у якості критерію ефективності на стратегічному рівні параметр дорожньо-транспортних витрат, у якому поєднуються параметри ТП та ВДМ. Проведено формалізацію випереджаючого управління дорожнім рухом на підставі прогнозування зміни вхідних параметрів із урахуванням попередніх керуючих впливів та визначенням горизонту прогнозу, який впливає на точність та вибір методу прогнозування. Автором запропоновано для прогнозування застосовувати методи часових рядів. Також запропоновано альтернативний метод апроксимації даних часового ряду, який дозволяє одержувати короткостроковий прогноз параметрів, наданий кусочно-гладкою функцією – безперервною регресійною залежністю високого ступеню. Запропоновано застосування інтервального прогнозування для довгострокового прогнозування.

Визначено, що причиною заторового стану при міських умовах руху є «ударна хвиля», яка формується при зміні дистанції безпеки між АТЗ у потоці. Отримано математичний опис процесу формування «ударної хвилі» на підставі запропонованої моделі зміни локальної щільності на перегоні, що дозволяє виявити місце її виникнення.

У четвертому розділі отримані аналітичні залежності формування та взаємодії груп АТЗ при русі на перегонах магістралей міста в результаті макромодельовання ступеневих функцій інтенсивності ТП. Формалізовано задачу контурного управління ДР на мережі ВДМ із урахуванням основ координованого управління дорожнім рухом, що дозволяє отримати набір значень швидкості руху за умови їх вирівнювання на суміжних перегонах магістралей. Також автором вирішено завдання підвищення ефективності використання часу дозволяючих фаз світлофорного регулювання на перехрестях контуру за рахунок оптимального розподілу часу основного такту світлофорного регулювання між довжиною стрічки часу та часовими інтервалами до її початку та після її закінчення, шляхом визначення аналітичних залежностей інтервалів часу та формалізації процесу їх мінімізації, що сприяло визначенню нового параметру контурного управління – балансу часу світлофорного регулювання.

У п'ятому розділі розроблено методологію динамічного управління дорожнім рухом для тактичного рівня СУДР. Обґрунтовано та доведено доцільність зменшення інтенсивності ТП за рахунок управління швидкістю руху АТЗ у потоці для запобігання виникнення заторових режимів руху на ВДМ. Проведені дослідження параметрів умов руху АТЗ у ТП дозволили отримати аналітичні залежності взаємодії параметрів макро- та мікромодельовання на підставі формалізації впливу перешкод, що формують складні умови руху у щільному потоці, та визначити переваги управляючої

дії наприкінці сформованого потоку у порівнянні із відомими керуючими впливами на його початок. Розроблено імітаційну модель руху АТЗ, що належить до типу мікромоделей з урахуванням основних параметрів руху в потоці. Автором запропоновано методику визначення параметрів динамічного управління ДР на підставі отриманих мікромоделей параметрів руху АТЗ у щільному потоці.

У шостому розділі проведено модельні та натурні експерименти визначення керуючих впливів для підвищення ефективності функціонування транспортної мережі міст. Для забезпечення рівномірного руху ДР на контурі ВДМ для стратегічного рівня СУДР розроблено спеціальне програмне забезпечення для моделювання параметрів системного управління на контурі магістралей центральної ділової частини м. Харків. В результаті моделювання визначено, що застосування запропонованого підходу до управління ДР забезпечує зменшення часових затримок руху АТЗ на 13% та витрат палива на 15% за рахунок скорочення часу пересування АТЗ, а також зменшення викидів забруднюючих речовин у навколишнє середовище на 15 %.

З метою формування керуючих впливів на дорожній рух на тактичному рівні управління проведено модельний експеримент реалізації динамічного управління ДР на просп. Науки, м. Харків. Під час проведення експерименту було досліджено природу формування «ударних хвиль» та довжину їх розповсюдження по перегонам просп. Науки, які впливають на формування заторів та зменшення пропускної спроможності ВДМ. Доведено, що в результаті впровадження динамічного управління ДР шляхом усунення заторових ситуацій час проїзду експериментальної ділянки зменшується у середньому на 22 % за чотири години дослідження. З метою формування баз моделей взаємодії основних параметрів ТП для рівня прийняття рішень в СУДР побудовані вибіркові моделі калібровки перегонів центральної ділової частини ВДМ м. Харків. Результати представлено у вигляді основних діаграм транспортного потоку.

У загальних висновках підсумовано всі вагомні результати, що отримані у дисертаційній роботі.

У додатках представлені результати натурних вимірювань, результати розрахунків параметрів, алгоритми та опис процесу моделювання, приклад опису перегонів та перехресть, схема досліджуваної ділянки просп. Науки, вікна інтерфейсу, отримані свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір, довідки про впровадження та використання результатів дослідження, список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації.

Дискусійні положення і зауваження до поданої дисертаційної роботи

1. Розділ 1, п.1.4, с.102 – підкреслено ефективність функціонування системи Intelligent Transportation System (ITS), однак в роботі не показано яким чином проведені автором дослідження та отримані результати узгоджуються з сучасними системами ITS.
2. Розділ 2, п. 2.2, с. 129 – надане визначення гібридної інтелектуальної системи, але не зрозуміло чи це поняття вже існуюче чи запропоноване автором.
3. На с. 141 зазначено, що «оптимізацію функцій корисності проводимо методами теорії ігор», однак математичної формалізації такої оптимізації та відповідного моделювання в роботі не наведено.
4. П. 2.4, на с. 148 зазначено, що «координати перехресть потребують необхідного ступеню точності для визначення довжини перегонів в метрах, що, при середній швидкості руху транспортних засобів 30 км/год дає похибку при розрахунку циклів світлофорного регулювання у секундах», однак не зазначено чи цю похибку визначено, чи автор спирається на загальновизнані результати досліджень.
5. Розділ 3, п. 3.1, с. 158 - зазначено, що якість дорожнього руху та ефективність ВДМ треба визначати показником завантаження дороги, який виступає кількісною оцінкою критерію ефективності. При цьому виходить, що якість дорожнього руху та ефективність ВДМ – це ідентичні показники, однак таке твердження є некоректним.
6. С. 165, ф-ла (3.5) – не наведено розмірність величин формули. При цьому, враховуючи фізичний зміст цих величин, розмірність результуючого показника (дорожньо-транспортні витрати) не відповідає змісту цього показника.
7. П. 3.2, с. 167. Не наведено відповідні данні натурних спостережень та джерела первинної статистичної інформації, яка використовувалась для визначення дорожньо-транспортних витрат. При цьому не зрозуміло для яких значень параметрів транспортного потоку і транспортної мережі досліджуваної частини м. Харкова визначено дорожньо-транспортні витрати, що представлені в Додатку Б.
8. С. 181 – при прогнозуванні знайдено поліном функції (четвертого, п'ятого та шостого ступеня) зміни інтенсивності транспортного потоку у часі. Доведено, що моделі більш високого ступеню мають найменше відхилення, тому доцільно використовувати модель з найменшим значенням середньої помилки апроксимації, тобто поліном функції зміни інтенсивності транспортного потоку у часі шостого ступеня. Не зрозуміло, чому не

знайдено поліноми 7, 8, 9, 10-го ступенів, які можуть дати ще меншу помилку прогнозу.

9. Розділ 4, п.4.1 - не приділено увагу наданню аналітичної формалізації процесу координації беззупинного проїзду світлофорних об'єктів, в той час як цьому питанню приділяється суттєва увага у публікаціях вітчизняних та іноземних вчених.

10. П. 4.2. В роботі запропоновано реалізувати на ВДМ установку керованих дорожніх знаків із відображенням рекомендованої швидкості руху транспортного потоку на поточній ділянці контуру магістралей ВДМ. В той же час, не взято до уваги наявні дослідження, які доводять доцільність представлення рекомендованої швидкості руху на панель управління конкретного транспортного засобу з метою практичної реалізації процесу беззупинного проїзду світлофорних об'єктів.

11. Розділ 5, п. 5.1 – зазначено, що «параметри зміни швидкісного режиму на ділянці ВДМ для підвищення його пропускної спроможності мають ґрунтуватися на вимірах параметрів ТП в режимі реального часу». Однак, в роботі не зазначено як застосовуються при цьому сучасні методи та техніки аналізу великих даних (Big Data).

12. П. 5.3 - на рис. 5.17 представлена блок-схема імітаційної моделі ТП, однак в наведеній блок-схемі відсутні такі обов'язкові блоки як «початок», «введення даних», «кінець».

Загальна оцінка дисертації

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, побудована за класичною схемою, містить корисні результати, які мають наукову новизну та знайшли практичне впровадження.

Розділи роботи є логічно пов'язаними між собою, надають цілісне уявлення щодо методів дослідження та отриманих результатів.

Наведені зауваження по роботі в основному носять рекомендаційний характер і не ставлять під сумнів вихідні наукові положення та результати дослідження, які апробовані та впроваджені.

Висновок

Дисертаційна робота Абрамової Людмили Сергіївни є завершеною науковою працею. У дисертації отримані нові наукові результати, що полягають у розвитку теоретико-методологічних основ управління дорожнім

рухом із позицій визначення взаємозв'язку параметрів ДР при зміні режимів міського руху. Зміст автореферату та дисертації ідентичний.

Актуальність, достатній науковий рівень, практична цінність та впровадження результатів досліджень свідчать, що рецензована дисертаційна робота на тему: «Теоретичні основи формування розподілених систем управління дорожнім рухом у містах» відповідає паспорту спеціальності 05.22.01 – транспортні системи та вимогам п. п. 9, п.11, п.12, п. 13, п. 14 “Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника”, що затверджений постановою КМУ № 567 від 24 липня 2013 р. (зі змінами), а її автор – Абрамова Людмила Сергіївна – заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи.

Офіційний опонент

професор кафедри транспортних технологій і логістики

Харківського національного технічного

університету сільського господарства

імені Петра Василенка,

доктор технічних наук, професор

Н. Ю. Шраменко

