

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ЯРУТА АНТОН МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 656.13

УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ
ДОРОЖНІМ РУХОМ У МІСТАХ

Спеціальність 05.22.01 – транспортні системи

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2016

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Левтеров Андрій Іванович,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, декан факультету комп'ютерних технологій та мехатроніки.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Лобашов Олексій Олегович,
Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, професор кафедри транспортних систем та логістики;

доктор технічних наук, професор
Лістровий Сергій Володимирович,
Харківський державний університет залізничного транспорту, професор кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем.

Захист відбудеться «08» червня 2016 року о 12.00 годині на засіданні спеціалізованої Вченої ради Д 64.059.02 при Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті за адресою: 61002, м. Харків, вул. Петровського, 25.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківського національного автомобільно – дорожнього університету за адресою: 61002, м. Харків, вул. Петровського, 25.

Автореферат розісланий «07» травня 2016 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



В.М. Павленко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Від якісної роботи транспортної системи у масштабі міст, регіонів та держави значною мірою залежить економіка та бюджет країни.

Через зростання темпів автомобілізації спостерігається зниження пропускної спроможності вулично-дорожньої мережі (ВДМ), особливо крупніших містах. Це призводить до великих економічних та екологічних втрат, а також до значних витрат часу АТЗ у заторах. Перед наукою постає гостра проблема протидії негативному впливу зростання числа АТЗ.

У зв'язку з цим для вирішення вказаної проблеми постає актуальне питання про можливість побудови або вдосконалення автоматизованої системи керування дорожнім рухом (АСКДР), що уможливить використати нову технологію керування АТЗ, сутність якої полягає у використанні оптимальної маршрутизації АТЗ, але не за існуючим критерієм мінімуму довжини маршруту, де матриця ваг заздалегідь відома, а за критерієм мінімуму часу його проїзду, де проблемою є оперативне визначення самої матриці ваг, тобто визначення часу проїзду всіх доріг за допомогою моніторингу. Як наслідок – збільшиться вартість АСКДР і тому потрібно провести оцінювання економічної доцільності її вдосконалення.

Оптимальні маршрути для двох критеріїв збігаються тільки для нічного часу за вимкнених світлофорів. Критерій мінімуму часу проїзду маршруту враховує критерій мінімуму довжини маршруту, а також завантаженість доріг, відповідні затримки АТЗ і має можливість передбачити й усунути затори. Ця можливість заснована на двох якостях задач класичної оптимальної маршрутизації АТЗ:

- вони допускають повну автоматизацію;
- за великої ваги ребра графа оптимальний маршрут його оминає.

Тому ідеальною технологією функціонування нової підсистеми керування для всіх водіїв АТЗ (які користуються інформаційним супроводом АСКДР) була б така, що обчислює і видає усім водіям за замовленням і чергою маршрути руху АТЗ, які не перехрещуються та оминають затори за критерієм мінімуму часу їхнього проїзду. Систем із такою технологією керування АТЗ поки не існує через такі причини:

- існуючі АСКДР не вирішують завдань оптимальної маршрутизації за критерієм мінімуму часу проїзду;
- висока вартість побудови АСКДР;
- неможливість обчислювати оптимальні маршрути у крупніших містах за короткий час (за 1с.);
- для вагової матриці маршрутизатора безперервно (до 1 хв.) потрібні оперативні дані про прогнозований час проїзду АТЗ на всіх регульованих перехрестях.

Майже у всіх крупніших містах існують АСКДР, які можна вдосконалити підсистемою моніторингу та маршрутизації з новою функцією оптимальної маршрутизації за критерієм мінімуму часу проїзду маршрутів АТЗ із використанням детекторів моніторингу АТЗ. Тому наше дослідження присвячене доцільності та можливості вдосконалення АСКДР за рахунок розробки підсистеми, що спроможна вирішити проблему заторів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження відповідає Закону України "Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки".

Дисертація виконувалася у Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті згідно з Державною програмою "Інформаційні та комунікаційні технології в освіті і науці" на 2006-2010 роки; Державною цільовою науково-технічною програмою створення державної інтегрованої інформаційної системи забезпечення управління рухомими об'єктами №834, затвердженою 17 вересня 2008 р. постановою Кабінету Міністрів України; Концепцією Державної цільової програми з підвищення рівня безпеки дорожнього руху на 2011-2015р. №1384-р. та згідно з Державним замовленням НДР № ДЗ/464-2011 на 2011-2012р. "Розробка та впровадження інформаційно-комунікаційної технології руху наземного транспорту міст".

Мета і завдання дослідження. Удосконалити АСКДР за рахунок створення підсистеми моніторингу та маршрутизації АТЗ, що зменшить час проїзду АТЗ, забезпечить підвищення фактичної пропускної спроможності дорожньої мережі міст і мінімізує проблему заторів.

Для досягнення поставленої мети слід вирішити такі завдання:

- провести аналіз методів і систем, у тому числі АСКДР, здатних реалізувати зменшення часу проїзду АТЗ у крупних і крупніших містах і зменшення заторів за рахунок розподілу АТЗ;

- розробити метод оцінювання економічної доцільності побудови чи вдосконалення АСКДР за рахунок її оптимізації за критерієм максимуму середньої ефективності за час експлуатації в умовах обмежень на грошові асигнування;

- удосконалити метод оптимальної маршрутизації у крупних і крупніших містах з метою скорочення часу обчислення маршрутів АТЗ;

- удосконалити метод оперативного моніторингу ТП та детектори для автоматизованої системи керування, визначити залежності часу проїзду АТЗ на регульованих перехрестях від їх параметрів і завантаженості.

Об'єктом дослідження є процес моніторингу та маршрутизації АТЗ.

Предметом дослідження є методи оптимізації підсистеми моніторингу та маршрутизації АТЗ для автоматизованої системи керування дорожнім рухом.

Методи досліджень. Дослідження ґрунтуються на загальнонаукових та спеціальних методах: системного підходу та системного аналізу, за допомогою яких формалізовано багатокритерійне завдання підвищення ефективності функціонування автоматизованої системи керування АТЗ; математичного аналізу та програмування для вирішення завдання удосконалення АСКДР методом невизначених множників Лагранжа; багатоетапний метод маршрутизації за критерієм мінімуму часу розрахунку оптимальних маршрутів; метод моніторингу ТП для оперативного оцінювання завантаженості і часу проїзду перехресть; теорія поширення хвиль для вдосконалення і розроблення нових засобів моніторингу.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у таких напрацюваннях:

- уперше для оцінювання економічної доцільності створення або вдосконалення АСКДР поставлена та розв'язана задача оптимізації за критерієм

максимуму середньої ефективності за гарантований час експлуатації в умовах обмежених асигнувань;

- отримав подальший розвиток метод багатоетапної маршрутизації для зменшення часу на розв'язання завдань оптимальної маршрутизації у крупних і крупніших містах за критерієм мінімуму часу проїзду маршрутів АТЗ;

- набув нове застосування метод визначення аналітичних залежностей для розрахунку часу проїзду й інтенсивності на регульованих перехрестях від їхніх параметрів та довжини черги перед світлофором за допомогою запропонованих засобів підвищення оперативності і точності моніторингу АТЗ відповідними детекторами.

Практичне значення отриманих результатів:

- запропонований метод і розрахункові співвідношення для моніторингу параметрів транспортних потоків дозволяють застосовувати його в детекторах і в завданнях моніторингу транспортних потоків з іншими призначеннями. Наприклад, для керування інтелектуальними світлофорами, для виміру середньої швидкості АТЗ, для контролю руху АТЗ із довільно розташованого відносно дороги місця;

- запропонований метод моніторингу придатний для точного прогнозу розвитку і стану завантаженості та розвантаженості перехресть;

- запропоноване вдосконалення багатоетапного методу призначене для скорочення часу розрахунку оптимальних маршрутів у мережі міста для будь-яких багаторозмірних завдань маршрутизації, що використовують інформацію про категорію чи якість доріг;

- використання нових детекторів та АСКДР уможливило централізований збір статистичних даних завантаженості перехресть.

Практична значущість результатів роботи підтверджується відповідним актом упровадження у НДР № ДЗ/464-2011 на 2011-2012р. «Розробка та впровадження інформаційно-комунікаційної технології руху наземного транспорту великих міст».

Результати дисертаційної роботи використані у навчальному процесі під час викладання дисципліни "Технічні засоби організації дорожнього руху" для студентів денної та заочної форми навчання спеціальності 5.07010101 "Організація та регулювання дорожнього руху", що підтверджується відповідним актом упровадження.

Особистий внесок здобувача. Усі положення і результати, що виносяться на захист, подано в роботах [1-20]. У наукових роботах, опублікованих у співавторстві, особистий внесок здобувача полягає в такому:

- визначено головні проблеми створення удосконаленої автоматизованої системи керування дорожнім рухом та шляхи їх подолання [1, 2];

- запропонований метод такого вдосконалення АСКДР, за яким можна уникати перенавантажених ділянок та напрямків ВДМ, зменшивши час проїзду маршрутів, тобто забезпечити максимальну пропускну спроможність мережі [6, 19];

- запропоновані технічні способи моніторингу та визначення транспортних затримок на регульованому перехресті [4, 7, 10-15, 17, 18] у реальному масштабі часу;

- запропонована структурна схема вдосконалення автоматизованої системи керування дорожнім рухом у мегаполісах [16];
- визначено залежність часу проїзду регульованого перехрестя від довжини черги АТЗ та параметрів руху [5];
- запропонований критерій оцінювання ефективності функціонування АСКДР [8, 20].

Апробація результатів дисертації. Матеріали і результати дисертаційної роботи доповідалися на Міжнародній науково-практичній конференції "Удосконалення організації дорожнього руху і перевезень пасажирів і вантажів" (м. Мінськ, Білоруський національний технічний університет, 2011р.); на Всеукраїнській науково-методичній конференції "Проблеми використання інформаційних технологій у навчальному процесі технічного ВНЗ на етапі впровадження принципів Болонської декларації" (м. Харків, ХНАДУ, 2007 р.); 1-й міжнародній науково-технічній конференції "Автомобіль і електроніка. Сучасні технології" (м. Харків, ХНАДУ, 2009 р.); Міжнародній науково-технічній конференції, присвяченій 100-річчю з дня народження Никітіна Володимира Костянтиновича, 80-річчю з дня заснування кафедри автомобілів та 50-річчю з дня заснування лабораторії швидкісних автомобілів "Проблеми та перспективи автомобілебудування та автомобільного транспорту" (м. Харків, ХНАДУ, 2011 р.); 2-й міжнародній науково-технічній конференції "Наукові аспекти автомобільної і транспортно-дорожньої галузей" (м. Луцьк, Луцький національний технічний університет, 2012 р.); 15-й міжнародній науково-технічній конференції "Автомобільний транспорт: Проблеми та перспективи" (м. Севастополь, СевНТУ, 2012 р.).

Розділи дисертаційної роботи доповідалися на спільному науковому семінарі кафедр транспортних технологій, транспортних систем, організації та безпеки дорожнього руху, інформаційних технологій і мехатроніки Харківського національного автомобільно-дорожнього університету Міністерства освіти і науки України (м. Харків, 2015 р.).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 20 наукових праць: 9 з яких опубліковані у виданнях із переліку фахових видань МОН України, 3 статті – у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз; 1 стаття у закордонному виданні, отримано 1 патент на винахід та 7 патентів на корисні моделі; 2 тези доповідей на конференціях.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Повний обсяг роботи складає 189 сторінок, у тому числі 20 рисунків, 3 таблиці, список використаних джерел нараховує 81 найменування на 9 сторінках, 3 додатки на 49 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовані мета, завдання, об'єкт та предмет дослідження, зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, визначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

Перший розділ роботи присвячений аналізу існуючих різноманітних проблемних факторів і відповідних показників, завдяки яким у результаті побудови або вдосконалення АСКДР вирішуються згадані проблеми для зменшення часу проїзду всіх маршрутів АТЗ.

Проведений аналіз виявив, що більшість методів підвищення пропускної спроможності стосується вдосконалення елементів ВДМ та магістралей міст, і лише два розглянуті методи вдосконалюють мережу в цілому: метод незалежного проїзду з використанням систем інформаційного супроводу водіїв АТЗ (навігаторів-маршрутизаторів) та метод централізованого керування проїздом АТЗ. Визначено, що вдосконалення другого методу є найбільш доцільним.

Здійснений аналіз АСКДР та систем інформування водіїв АТЗ доводить, що подальшому підвищенню ефективності проїзду заважають такі недоліки:

- відсутність реагування на зміни дорожньої обстановки на ВДМ;
- взаємна незалежність при маршрутизації і неузгодженість маршрутів під час проїзду ВДМ АТЗ;
- значні витрати часу для розрахунків і складність у розв'язанні завдань маршрутизації за великого розміру графа ВДМ міст у реальному режимі часу;
- нездатність GPS-навігаторів впливати на підвищення пропускної спроможності та рівномірного розподілу транспортних потоків (ТП) на ВДМ;
- нездатність достовірного оперативного інформування водіїв АТЗ про затори.

У результаті аналізу недоліків підведена логічна основа вдосконалення АСКДР.

Для зменшення затримок руху та підвищення пропускної спроможності ВДМ міст, особливо у часи пік, за допомогою АСКДР є потреба вдосконалити такий її параметр, як можливість оминання заторів. Зазначене буде реалізовано, якщо: 1) АСКДР економічно доцільна й придатна до реалізації, 2) АСКДР буде централізовано й автоматично, почергово і швидко приймати від водіїв замовлення і видавати інформацію про оптимальні на певний час маршрути, 3) скоротити час оптимальної маршрутизації, АТЗ особливо у часи пік, 4) система моніторингу, методи і засоби будуть оперативними. Неможливість виконання будь-якої з чотирьох вимог унеможливує досягнення ефективної роботи підсистеми моніторингу та маршрутизації. Кожна з вимог є проблемою для реалізації.

Аналіз систем за першою вимогою доводить, що, по-перше, існуючі АСКДР високоякісні. Їхні переваги стосуються лише впровадження принципу «зеленої хвилі», моніторингу ТП, інтелектуальних світлофорів, диспетчеризації, сучасних детекторів АТЗ та ін. А основні недоліки – відсутність розрахунку оптимальної маршрутизації з урахуванням динамічної завантаженості та інформаційного супроводу водіїв.

За другою вимогою: АСКДР повинна встигнути централізовано й автоматично розрахувати та передати водіям за час кореляції транспортних потоків тисячі оптимальних маршрутів АТЗ на всіх перехрестях за їхніми оперативними даними та за завантаженістю.

За третьою вимогою потрібна відповідна оперативність АСКДР під час вирішення оптимальних маршрутів, однак вона відсутня в сучасних системах. Але її

можна виконати за допомогою запропонованого вдосконалення багатоетапного методу маршрутизації, або настільки ускладнювати обчислювальний центр, що не буде виконуватись вимога перша.

За четвертою вимогою підвищення оперативності моніторингу ТП потрібно, щоб детектори були спроможні швидко видавати та прогнозувати інформацію про інтенсивність та час проїзду на перехрестях (майже за хвилину).

Вирішення цих проблем та завдань призводить до структурно-логічного ускладнення АСКДР та його здороження. Це порушує першу вимогу. Але в роботі показана можливість виконання усіх вимог не тільки ефективними, але й найбільш економічними способами.

Перша вимога призводить до пропозиції відповідного вдосконалення АСКДР і до класичної постановки завдань із використанням критерію ефективності для оптимізації АСКДР.

У другому розділі йдеться про формалізацію критерію ефективності АСКДР, зміст якого полягає у правильному підборі вимог до системи для оцінювання можливості й економічної доцільності її вдосконалення.

Оцінка мінімального середнього часу проїзду ВДМ усіма АТЗ, що використовується для оптимізації АСКДР, має вигляд:

$$\min \bar{\tau}_L^{sr} = \frac{1}{M} \sum_{L=1}^M \sum_{i=1}^{k_L} \tau_{ii+1L}^{sr} [\bar{n}_{ii+1L}(t), a_{ii+1L}(\bar{X})], \quad (1)$$

при $n_{ii+1L}(t) \leq n_{ii+1L\max}$,

де M – кількість маршрутів;

L – умовний номер оптимального маршруту за часи пік;

k_L – число перегонів у маршруті L , індекси sr означають початок та кінець для кожного маршруту L ;

τ_{ii+1L}^{sr} – час проїзду перегону $ii+1$ АТЗ за оптимальними маршрутами L з урахування категорій доріг та поточної ситуації, с.

$n_{ii+1L}(t)$ – підмножина вагової матриці інтенсивності для шляхів L у часи доби t , тобто це складова вектора $\bar{n}(t)$ – що є реальною динамічною завантаженістю доріг міста, яка визначає час проїзду перегону ВДМ;

$a_{ii+1L}(\bar{X})$ – категорія перегону $ii+1$ як функція від вектора параметрів \bar{X} перегону $ii+1$, що впливають на час його проїзду;

$n_{ii+1L}, n_{ii+1L\max}$ – реальна та максимальна інтенсивність перегону ij ВДМ;

Критерієм ефективності вдосконаленої АСКДР для тієї ж мережі доріг може слугувати різниця середнього часу проїзду АТЗ маршрутів Q за час пік без АСКДР і середнього часу проїзду оптимальних маршрутів L з АСКДР (2):

$$\max \Delta \bar{\tau}_{QL} = \bar{\tau}_{kk+1Q}^{sr} - \bar{\tau}_L^{sr} [\bar{n}_{ii+1}(t), a_{ii+1}(\bar{X})], \quad (2)$$

де $\bar{\tau}_{kk+1Q}^{sr}$ – середньостатистичний час проїзду АТЗ за критерієм мінімуму відстані без АСКДР маршрутами Q , с;

Вважаємо, що відмови ФЕ є незалежними і вихід з ладу будь-якого функціонального елемента АСКДР спричиняє повну відмову АСКДР.

Як модель залежності безвідмовної роботи систем або функціональних елементів від часу експлуатації t_0 і від середнього часу наробітку на одну відмову T_i часто використовують вираз $p_i(t_0, T_i) = \exp(-\frac{t_0}{T_i})$. Тоді ймовірність безвідмовної роботи АСКДР p_o є добуток ймовірностей безвідмовної роботи ФЕ системи:

$$p_o = \prod_{i=1}^n p_i(t_0, T_i) = \exp[-t_0(\sum_{i=1}^n \frac{1}{T_i})]. \quad (4)$$

Задачу оптимізації АСКДР за умовним критерієм надійності можна сформулювати таким чином:

$$\max p_o = \max \left\{ \exp[-t_0(\sum_{i=1}^n \frac{1}{T_i})] \right\} = \exp[-t_0(\min \sum_{i=1}^n \frac{1}{T_i})], \quad (5)$$

за умовою
$$\sum_{i=1}^n C_i(T_i) \leq C_o, \quad (6)$$

де $C_i(T_i)$ – це лінії середньоквадратичної регресії вартості функціональних елементів на параметр T_i за маркетинговими даними.

Задачу (5),(6) з урахуванням (4) можна подати у вигляді:

$$\min \sum_{i=1}^n \frac{1}{T_i}, \quad (7)$$

за умовою
$$\sum_{i=1}^n C'_i T_i = C_E, \quad (8)$$

де $C_E = C - \sum_{i=1}^n [C_i(T_{i0}) + C'_i(T_{i0})T_{i0}]$, T_{i0} - i -й елемент вектора параметрів, в околі значення якого здійснюється лінеаризація обмежень.

Для розв'язання задачі складаємо функцію Лагранжа:

$$L = \sum_{i=1}^n \frac{1}{T_i} + \lambda(\sum_{i=1}^n C'_i T_i - C_E).$$

Тоді з умови $\frac{\partial L}{\partial T_i} = 0$ для $i \in (1, n)$ отримуємо

$$T_{i(1)} = \frac{1}{\sqrt{\lambda C'_i(T_{i0})}}. \quad (9)$$

Підставимо отримані значення у залежність від множника Лагранжа із (9) в обмеження (8) і отримаємо

$$T_{i(1)opt} = \frac{1}{\sqrt{C'_i(T_{i0})}} \frac{C_E}{a}, \quad (10)$$

$$\text{де } a = \sum_{i=1}^n \sqrt{C'_i(T_{i0})} \quad (10).$$

Якщо $|T_{i(1)opt} - T_{i(0)opt}| \leq M$, де $M = 0,2 \frac{C_i(T_i)}{C_i^1(T_i)}$, то в формулу (10) підставляємо значення параметра T_{i0} , тоді процес ітерації продовжується. Якщо ні, то:

$$T_{i(1)opt} = T_{i(0)opt} \pm M. \quad (11)$$

Процес ітерації продовжується до стабілізації усіх обчислюваних параметрів. Вираз для оптимуму має аналітичний вигляд в околі оптимального рішення:

$$\min \sum_{i=1}^n \frac{1}{T_{iopt}} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sqrt{C'_i} \right)^2}{C_E} = \frac{a^2}{C_E}, \text{ а } \max p_0 = \exp\left(-t_0 \frac{a^2}{C_E}\right). \quad (12)$$

Жоден метод математичного програмування не дає такого аналітичного результату. Для цього ще потрібен системний аналіз результату.

Якщо відсутні залежності $C_i(T_i)$, то їх можна отримати за відомою техніко-економічною статистикою, наприклад, на рис.2.

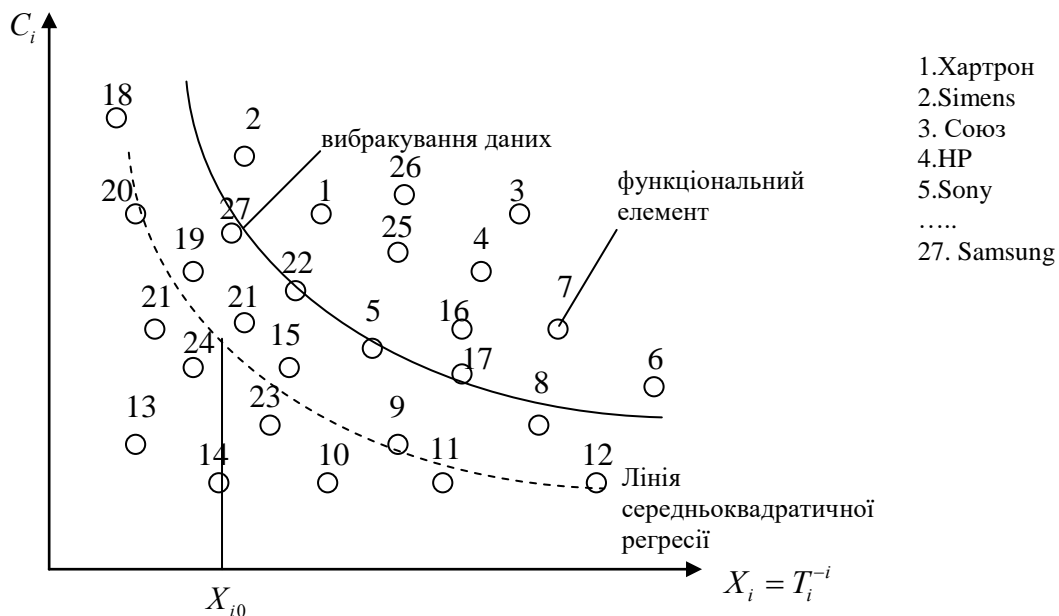


Рисунок 2 – Отримання залежностей $C_i(T_i)$

Оптимізація АСКДР має такі переваги перед існуючими:

1. Універсальність алгоритму оптимізації для довільних обмежень.
2. Проблема багатомірності майже не впливає.
3. Ітеративний процес швидко зходиться.
4. Рішення отримане у загальному вигляді.
5. Аналітичний вигляд рішення дозволяє прогнозувати розвиток виробництв АСКДР та їх функціональних елементів.

У третьому розділі було запропоновано вдосконалення методу скорочення часу розрахунку оптимальних маршрутів в задачі маршрутизації АТЗ, а також оперативний метод моніторингу ТП.

Розв'язання задачі маршрутизації для крупніших міст потребує значних витрат часу і коштів, що також унеможливує її реалізацію. Тому пропонується таке вдосконалення багатоетапного методу маршрутизації АТЗ, яке суттєво скорочує час вирішення задач за рахунок декомпозиції графа міста на підграфи трьох етапів, виведення АТЗ на дороги з покращеною якістю і масштабування підграфів рис.3.

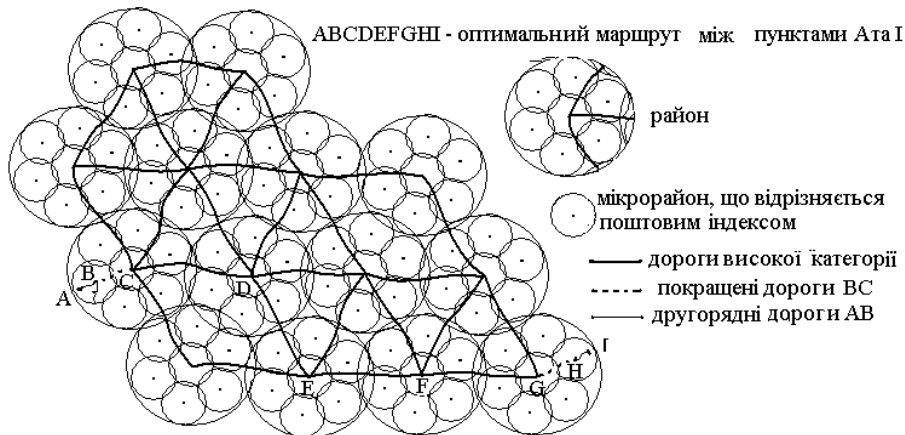


Рисунок 3 – Ієрархія підграфів ВДМ

Уся ВДМ заздалегідь розбивається на таке число підграфів першого етапу, щоб число елементів у цих підграфах-мікрорайонах дозволяло вкластися у заданий час обчислення оптимальних маршрутів.

На підграфах першого етапу початку руху А та з кінця І розраховуються одночасно оптимальні маршрути з урахуванням вагових матриць до центральних вершин цих мікрорайонів.

На підграфах другого етапу залишаються у разі масштабування тільки центральні вершини мікрорайонів (В і Н) і розраховуються одночасно з першим етапом оптимальні маршрути до центральних вершин цих районів (С і G).

На третьому етапі за рахунок масштабування залишаються центральні вершини районів, між якими розраховується оптимальний маршрут.

Обчислення оптимальних маршрутів виконується одночасно на всіх підграфах, тому що вибір центральних вершин етапів був евристичний.

Число вершин із ребрами підграфів будь-якого етапу не повинно перебільшувати число елементів, яке забезпечує заданий час обчислення оптимальних маршрутів. Якщо воно мале, то можна до цього підграфу додати доцільні вершини та ребра.

Третій розділ роботи присвячений удосконаленому оперативному методу моніторингу та отриманню залежностей інтенсивності і часу проїзду регульованих перехресть від їхніх параметрів та завантаженості у вигляді черги перед вихідним світлофором для типової моделі руху АТЗ.

Метод дозволяє обчислювати інтенсивність руху або час проїзду АТЗ у статичному стані за довжиною черги перед світлофором під час закінчення червоного світла.

Прийнята модель руху АТЗ, що знаходиться в черзі: 1) при відкритті зеленого світла світлофора послідовно (за чергою) починають рухатись АТЗ з інтервалом зрушення з місця t_1 , 2) з моменту зрушення з місця останній АТЗ починає рівномірно прискорюватись за час t_p до дозволеної швидкості V_p і 3), далі він проїжджає перехрестя рівномірним рухом за час t_{np} .

Для доріг зі світлофорним регулюванням необхідний час проїзду t_{cm} (i -го світлофора) АТЗ з номером черги n_{cm} .

$$t_{cm} = n_{cm}t_1 + t_p + t_{np}, \quad (13)$$

де t_1 – затримка часу зрушення наступного АТЗ (с);

t_p – час розгону АТЗ на цьому перехресті (с);

t_{np} – час проїзду АТЗ на цьому перехресті (с).

Розрахунки доводять, що зазвичай $t_p \succ t_{np}$ біля світлофора.

Середньостатистичні значення довжини легкових АТЗ приблизно дорівнюють $l_m = 4$ м-5 м, відстані між АТЗ у черзі $\Delta l_{cm} = 1$ м, значення $t_1 = 1$ с-1,3 с і $t_p = 6$ с-8 с.

За час зеленого світла світлофора T_{ij3} при заданій моделі руху АТЗ із статичного стану встигає проїхати перехрестя лише максимальна кількість $n_{ij \max}$ АТЗ.

Тоді виконується співвідношення

$$n_{ij \max} = \frac{T_{ij3} - t_p}{t_1}. \quad (14)$$

У режимі рівномірного прискорення АТЗ за нульових початкових умов справедливе рівняння $m\ddot{x} = F$ і співвідношення $\dot{x} = 2\frac{F}{m}t_p$, m навантаження чи маса АТЗ, а F силова характеристика двигуна.

При цьому після старту кожного АТЗ час розгону t_p останнього АТЗ залежить від його черги n_{ij} , чи від відстані $x = (l_m + \Delta l_{cm})n_{ij}$ до виїзду з перехрестя, від навантаження і силової характеристики двигуна (від $\frac{m}{F}$):

$$t_p = \sqrt{\frac{m(l_m + \Delta l_{cm})n_{ij}}{F}} = b\sqrt{n_{ij}}, \quad (15)$$

$n_{ij \max}$ отримаємо з рівняння:

$$T_{ij3} = n_{ij \max}t_1 + b\sqrt{n_{ij \max}} = q_1^2 t_1 + bq_1, \quad (16)$$

де $q_1 = \sqrt{n_{ij \max}}$.

З рівняння (16) визначається уточнене максимальне число АТЗ з черги, при якому з попереднього світлофорного об'єкта динамічні АТЗ взагалі не зможуть проїхати перехрестя за цей цикл світлофора. З похибкою до 1% отримаємо

$$n_{ij\max} = \left(\sqrt{\frac{T_{ij3}}{t_1} - \frac{b}{2t_1}} \right)^2, \quad (17)$$

а з похибкою, меншою 15%,

$$n_{ij\max} \approx \frac{T_{ij}}{t_1}. \quad (18)$$

Тоді

$$t_{ijcm} = n_{ij}t_1 + b\sqrt{n_{ij}}, \quad (19)$$

де

$$n_{ijcm} \leq n_{ij\max}, t_{ijcm} \leq T_{ij3}.$$

Час проїзду перехрестя останнім АТЗ з черги є нелінійною функцією від розміру черги, але через мализну параметра b - майже лінійну залежність.

Якщо виконується умова $t_{ij\bar{d}} \leq T_{ij3}$, то з'являється інтервал часу

$$\Delta t_{ij\bar{d}} = T_{ij3} - n_{ij}t_1 - b\sqrt{n_{ij}}, \quad (20)$$

у якому можуть проїхати перехрестя n_{ijd} динамічних АТЗ. Тоді

$$n_{ij\bar{d}} = \frac{V_p(T_{ij3} - n_{ij}t_1 - b\sqrt{n_{ij}}) - l_{ij}}{l_m + \Delta l_{\bar{d}}}. \quad (21)$$

Залежність числа динамічних АТЗ від довжини черги також нелінійна, але допускає лінійну апроксимацію з точністю приблизно 15%.

Максимальне число d динамічних АТЗ, що проїжджають перехрестя, можна визначити з виразу (21) при $n_{ij} = 0$. Тоді

$$d = \frac{V_p T_{ij3} - l_{ij}}{l_m + \Delta l_{\bar{d}}}. \quad (22)$$

За деякого «критичного» значення розміру черги n_{ijkp} число динамічних АТЗ дорівнює нулю. За умови дорівнювання нулю виразу (21) отримаємо рівняння

$$t_1 q_2^2 + b q_2 - t_2 d = 0, \quad (23)$$

де $q_2^2 = n_{ijkp}$ - критичний для динамічних АТЗ розмір черги, $t_2 = \frac{l_m + \Delta l_{\bar{d}}}{V_p}$.

Розв'язкою є вираз:

$$q_2 = \sqrt{\frac{t_2 d}{t_1} \left(1 + \frac{b^2}{8t_1 t_2 d} \right)} - \frac{b}{2t_1} \quad (24)$$

Таким чином, ефективність функціонування регульованого перехрестя залежить від числа АТЗ у черзі n_{ij} , параметрів перехрестя $n_{ij\max}$, режиму світлофорного об'єкта T_u , інтенсивності руху та числа динамічних АТЗ $n_o(n_{ij})$.

Залежність у першому наближенні числа АТЗ, що зможе проїхати світлофорний об'єкт за один цикл, від його завантаження подано на рис.4. (ламана *fa*g).

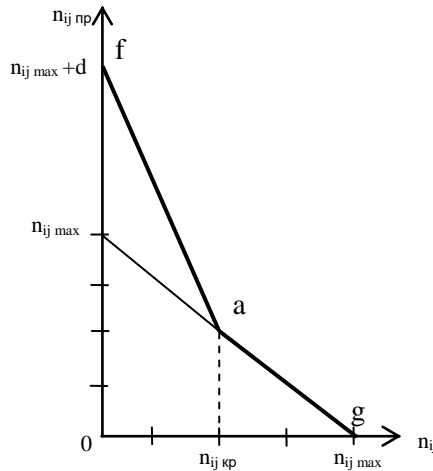


Рисунок 4 – Залежність можливого числа АТЗ, що проїдуть перехрестя за один цикл світлофору, від його завантаження

Тоді гарантований час проїзду перехрестя АТЗ:

$$t_{ijze} = \bar{\mu}T_{ijz} + n_{ij\max}(\mu - \bar{\mu})t_1 + T_{жс} + T_{кр}, \quad (25)$$

де $\mu = \frac{n_{ij}}{n_{ij\max}}$, символ зверху $\bar{\mu}$ означає ціле число, менше μ .

Тоді інтенсивність проїзду перехрестя за циклу світлофора T_u має вигляд

$$\eta = \frac{n_{ij\max} - n_{ij} + n_o(n_{ij})}{T_u} \quad \text{для } n_{ij} \leq n_{thr}. \quad (26)$$

Четвертий розділ присвячений розробці алгоритму роботи підсистеми маршрутизації, побудові засобів моніторингу АТЗ та експериментальному оцінюванню ефективності задачі маршрутизації.

Для оцінювання надійності (достовірності) і точності часу проїзду АТЗ перехресть був проведено спочатку експеримент №1. Для підтвердження працездатності алгоритму проведено експеримент №2 імітаційного моделювання обчислення оптимальних маршрутів на етапах маршрутизації, а для приблизного оцінювання ефективності маршрутизації оцінено зменшення часу проїзду АТЗ своїх маршрутів.

Експеримент №1 присвячений дослідженням надійності (достовірності) і точності оцінювання часу проїзду АТЗ перехрестя.

Мета експерименту – перевірка статистичної надійності оцінювання параметра \bar{t}_1 – середнього часу затримки (зрушення) чергового АТЗ порівняно з попереднім АТЗ з початку руху за вмикання зеленого світла світлофора перехрестя.

Оцінювання надійності вимірів параметра t_1

Для оцінювання надійності вимірів параметра t_1 рекомендовано розрахувати необхідний обсяг вибірки величини $\bar{t}_{1(k)}$.

Необхідний обсяг вибірки розраховується за формулою:

$$n_{\text{номр}} = \beta_{\alpha}^2 \cdot \sigma^2 / \eta^2, \quad (27)$$

де β_{α} – коефіцієнт Стюдента (або квантіль), який залежить від потрібної довірчої ймовірності α , що називається надійністю або потужністю критерію;

σ – одноразове оцінювання середньоквадратичного відхилення, с;

η – крайня дозвільна похибка або максимальна похибка, с.

Середнє значення \bar{t}_1 параметра t_1 дорівнює

$$\bar{t}_1 = \frac{1}{18} \sum_{k=1}^{17} t_k = 1,207 \text{ с.} \quad (28)$$

Оцінювання середньоквадратичного вибіркового відхилення розраховується за формулою:

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (t_{1k} - \bar{t}_{1(k)})^2}{n(n-1)}}, \quad (29)$$

де $t_{1(k)}$ – значення затримки в k -му вимірі, с;

\bar{t}_1 – середньо арифметичне значення інтенсивності в n вимірах;

n – кількість вимірів.

Згідно з формулою (29) та табл.1 з урахуванням (28) середній квадрат відхилення дорівнює $0,009 \text{ с}^2$, а середнє квадратичне відхилення $\sigma_0 = 0,095 \text{ с}$.

Таблиця 1– Значення функції довірчої ймовірності

α	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99	0,999
β_{α}	1,282	1,645	1,96	2,326	2,576	3,291

Крайня дозвільна похибка, яка називається також максимальною і за якої істинна величина повинна бути в довірчому інтервалі із заданою надійністю, розраховується за формулою:

$$\eta = \Delta \cdot \bar{t}_{1(k)} = \beta \sigma_0 = 0,03 \cdot 1,207 = 0,0362 \text{ с.}, \quad (30)$$

де Δ – відносна точність обліку (при технічних розрахунках $\Delta = 0,03$).

Згідно з формулою (31) за довірчою ймовірністю 0,9, тобто за квантилем $\beta = 1,72$ (при $n = 17$), розраховуємо потрібне число вимірів параметра t_1

$$n_{номр} = \beta_{\alpha}^2 \cdot \sigma^2 / \eta^2 \approx 18.$$

Оскільки $n \approx n_{номр}$, то проведеної кількості вимірів достатньо для забезпечення необхідної надійності результатів.

За критерієм Аббе, за критерієм χ^2 , знайдемо довірчий інтервал для дисперсії вимірів за формулою (31):

$$\gamma_1^2 \sigma_0^2 \leq \sigma^2 \leq \gamma_2^2 \sigma_0^2, \quad (31)$$

де σ^2 – дисперсія генеральної вибірки, параметри γ_1^2, γ_2^2 визначаються відповідно як (0,624; 1,92) згідно з наведеними даними $\alpha = 0,9; n = 18$, а вибіркова дисперсія – з формули (29).

Таким чином,

$$0,0035c^2 \leq \sigma^2 \leq 0,0173c^2, \text{ або } 0,059c \leq \sigma \leq 0,131c. \quad (32)$$

Це означає, що отримана істинна (генеральна) дисперсія відповідає потрібній надійності.

Як об'єкт експерименту №2 обрано процес впливу роботи системи на визначення часу проїзду АТЗ перехресть.

Мета експерименту №2 – імітаційне натурне моделювання функції маршрутизації удосконаленої АСКДР – визначення спроможності обчислення оптимальних маршрутів на етапах маршрутизації за 1с. та приблизне оцінювання ефективності маршрутизації.

Експериментальне дослідження проводилось за такими етапами:

- збір даних про умови руху з метою обстеження формування показників, які впливають на час проїзду маршруту;
- виявлення залежності часу проїзду перехрестя від довжини черги перед світлофором;
- оцінювання якості отриманих результатів.

Точної оцінки ефективності задач маршрутизації для задач якості мережі принципово не може бути, тому що з кожним розрахунком змінюються умови і випадкові фактори (наприклад, число перехресть та їх характеристики). Отже, ці фізичні величини є нечіткими і не мають відповідного закону розподілу.

Для проведення експерименту було обрано найбільш завантажений сегмент ВДМ в м. Харкові на вулицях Шевченка, Весніна, Академіка Павлова та ін, де найчастіше виникають затори, особливо у часи пік або у разі виникнення ДТП.

У результаті експерименту був отриманий набір точок таблиця 2.

Таблиця 2 – Дані, отримані за GPS -трекером

Номер виміру	Довгота	Широта	Висота над рівнем моря	Заг. відстань	Відстань, подолана за 1 с	Заг. час
1	36,32410	50,01220	138,80	0,29	5,02	00:00:01
2	36,32410	50,01224	140,50	5,30	1,24	00:00:02
...
1480	36,22535	50,02979	169,10	12867,94	0,00	00:25:08

Аналіз результатів дозволив виявити також: 1) залежності швидкості руху від якості дорожнього полотна; 2) затримки АТЗ, що визначаються залежно від кількості АТЗ у черзі перед світлофором; 3) максимальну фактичну інтенсивність кожної смуги руху на перехресті.

Обробка та введення даних проводилась за допомогою програми EXCEL рис.5. Після отримання даних, проводився розрахунок маршрутів за критерієм мінімуму часу проїзду, серед яких обирався найменший та надавався водію, який користувався послугою інформаційного супроводу.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	Фактический результат							Эталонные данные													
2	Номер вершины	Индекс измерения	Пройденное расстояние	Расст. пройденное за ед. времени	Время в пути	Время работы Светофора	Сред задержка на свет		Номер вершины	18:00:00	18:01:30	18:03:00	18:04:30	18:06:00	18:07:30	18:09:00	18:10:30	18:12:00	18:13:30	18:15:00	
280	N	277	1707,39	4,29	0:04:37																
281	Средн. скорость авто м/с			$x(V_{ср})$	7,10	38	21														
282	Ср. кв. откл.			$\sigma(V_{ср})$	4,36	3		Прог. спос.		6	5	6	6	5	6	5	6	6	6	5	
283	Коеф. вариат. %			V	61,49	18		Кол-авто		6	6	7	6	8	9	7	8	6	8	7	
284	Время задержки на светофоре с.			t _{Др}	37					38	46	44	38	61	57	53	51	38	51	53	
285	Время прох. участка без задержек			V _{дв}	240			Прог. врем. зад	N	38	46	44	38	61	57	53	51	38	51	53	

Рисунок 5 – Аналіз результатів руху АТЗ за маршрутами

Після проведення 15 заїздів і обробки більше 10000 одиниць даних (рис.5) було визначено:

1) час розрахунку оптимальних маршрутів для підграфу, меншого 104 елементів, не перевищує 1 секунди, 2) час у дорозі АТЗ за критерієм мінімуму часу проїзду маршрутів мають затримку на 20% менше, навіть коли довжина маршруту більша, ніж у інших водіїв АТЗ, які їхали за критерієм мінімуму довжини маршруту. Це означає, що ефективність функціонування удосконаленої АСКДР є суттєвою.

ВИСНОВКИ

У дисертаційному дослідженні розв'язано науково-технічне завдання удосконалення АСКДР для реалізації нової підсистеми керування АТЗ в крупних і крупніших містах, що зменшує можливість виникнення заторів і часу проїзду АТЗ своїми маршрутами за рахунок підвищення оперативності і точності систем моніторингу з урахуванням якості доріг та їхнього завантаження, знаходження максимуму середньої ефективності за обмеженої вартості та надійності за час експлуатації і мінімізації часу розрахунку оптимальних маршрутів АТЗ.

За рахунок реалізації нової підсистеми в удосконаленій АСКДР забезпечується можливість зменшення заторів і часу проїзду АТЗ маршрутів приблизно на 20%, особливо у часи пік, що доведено поданими нижче науковими результатами.

1. Проведений аналіз існуючих методів, засобів і АСКДР визначив перспективні напрямки її удосконалення для подолання проблем високої вартості системи для визначення затримок руху на світлофорних об'єктах і підвищення оперативності розрахунку оптимальних маршрутів. Визначено, що для удосконалення, і саме для реалізації нової підсистеми непримусового керування АТЗ, найбільш придатні існуючі АСКДР, оскільки вже мають капітальні споруди і розгалужену мережу детекторів з контролерами і потребують лише недорогих

комп'ютерів та нескладних додаткових вузлів, що згадані у патенті на удосконалену АСКДР.

2. Уперше поставлена та вирішена задача оптимізації АСКДР за критерієм максимуму її середньої ефективності за обмеженої вартості, що дозволяє проводити оцінювання економічної доцільності вдосконалення АСКДР, визначити оптимальний склад функційних елементів і скоротити обсяг обчислень. Задача сепарабельного програмування проста за розв'язком і системним аналізом, а також має такі переваги перед звичайними методами математичного програмування: універсальний характер як метод Вульфа; збіжність ітерацій як у методах градієнтного спуску першого або другого порядку; використовує показник вартості, що забезпечує адекватність опису якості та технологічності АСКДР, перетворює нечітку множину вартості у випадкову множину; вирішує проблему багатомірності задачі; за наявності техніко-економічних маркетингових даних дає впевненість у реалізації оптимальної АСКДР.

3. Отримав подальший розвиток метод моніторингу ТП, у тому числі детектори й аналітичні залежності, що дозволяють швидко (до 1с.) оцінювати і прогнозувати час проїзду перехресть АТЗ та інтенсивність руху за параметрами світлофорного об'єкту та за вимірюванням черги перед світлофором. Системний аналіз двох взаємозалежних моделей руху АТЗ, динамічних та статичних на перехресті, дозволив виявити нову закономірність для моніторингу ТП: аналітичну залежність гарантованого часу проїзду перехрестя АТЗ, інтенсивність смуг руху, характер зміни ТП від динамічної завантаженості та параметрів і режиму перехрестя. Вимірювання черги, або завантаженості, дозволяє прогнозувати час заторів та їхнє вивільнення. Оперативні детектори групових вимірів подані у відповідних 7 патентах.

4. Отримав подальший розвиток удосконалений багатоетапний метод для скорочення часу розрахунку оптимальних маршрутів (до 1с.) без підвищення часу оптимального проїзду АТЗ своїх маршрутів крупніших містах, особливо у часи пік за рахунок декомпозиції, вибору доріг підвищеної якості та масштабування, що відрізняється від існуючих малим часом обчислення маршрутів і часом проїзду. Підвищення оперативності багатоетапного методу маршрутизації та почергове обчислення маршрутів АТЗ в АСКДР дає можливість оминати затори на певних перехрестях за рахунок прогнозу та керування. Оптимальна маршрутизація за критерієм мінімуму часу проїзду маршруту автоматично враховує як складник оптимальну маршрутизацію за критерієм довжини маршруту і збігається з нею лише в нічні часи за умови вимкнених світлофорів.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Альошин Г. В. Проблеми багатоцільової векторної оптимальної маршрутизації транспортних засобів в умовах обмеженої пропускнуєї спроможності елементів транспортної мережі / Г. В. Альошин, А. М. Ярута // Наук.-техн. журнал «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті». – Х.: УкрДАЗТ, 2008. – №1. – С. 15 – 19.

2. Альошин Г. В. Принципи побудови централізованого, оптимального регулювання рухом транспортних засобів у містах і регіонах / Г. В. Альошин, В. Г. Сословський, А. М. Ярута // Сборник научных трудов. Автомобильный транспорт. – Харьков: ХНАДУ, 2009. – Выпуск 25. – С.70–75.

3. Ярута А. М. Проблеми створення централізованої автоматизованої системи управління рухом великих міст / А. М. Ярута // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: наук. - техн. Журнал – Х.: УкрДАЗТ, 2011. – № 6. – С. 60–66.

4. Левтеров А. І. Способи та пристрої для визначення швидкості транспортних засобів і складу транспортного потоку / А. І. Левтеров, А. М. Ярута// Сб. науч. тр. – Х. Издательство ХНАДУ, 2011. – Вып. 55 – С. 90-99.

5. Левтеров А. И. Определение зависимости времени проезда перекрестка от величины очереди транспортных средств и параметров дорожной сети /А. И. Левтеров, А. Н. Ярута // Проблемы автомобильного транспорта. Интеллектуальные системы на транспорте: Сб. науч. тр. – Х.: 2011. – Вып. 29. – С. 264–267.

6. Алешин Г. В. Многоэтапный метод маршрутизации / Г. В. Алешин, А. И. Левтеров, А. Н. Ярута // Системи управління навігації та зв'язку. – К. : Центр. наук.-досл. інст. навіг. і управл., 2012. – Вип. 1(21). – Т.2. – С. 165 – 169.

7. Левтеров А. И. Способ мониторинга транспортных потоков /А. И. Левтеров, Г. В. Алешин, А. Н. Ярута // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: наук. - техн. журнал. – Х.: УкрДАЗТ, 2012. – № 3. – С. 56–60.

8. Альошин Г. В. Відбір статистики для задач оптимізації автоматизованої системи управління дорожнім рухом / Г. В. Альошин, А. І. Левтеров, А. М. Ярута // Зб. наук. праць. – Севастополь: СевНТУ, 2012. – Вип. 134/2012 – С. 209 – 211.

9. Ярута А. М. Методи і засоби удосконалення системи управління дорожнім рухом великих міст / А. М. Ярута // Зб. наук. пр. – Х: Видавництво ХНАДУ, 2013. – Вип. 61-62. – С. 289 – 292.

10. Левтеров А. И. Измеритель скорости и габаритных параметров транспортных средств / А. И. Левтеров, О. В. Денисенко, А. М. Ярута // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов: сб. науч. тр. – Минск, 2011. С. 12–19.

11. Пат. 56069 Україна, МПК(2011.01) G 01 V 15/00. Звукодальний мір з оцінкою черги транспорту / Г. В. Альошин, А. О. Коваль, О. В. Коломійцев, А. М. Ярута, О. А. Наконечний, О. В. Вікторова; заявник та патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № u201007426; заявл. 14.06.2010; опубл. 27.12.2010, Бюл. № 24.

12. Пат. 60154 Україна, МПК G 08 G 1/09 (2006.01). Пристрій для вимірювання параметрів транспортних потоків / А. І. Левтеров, О. В. Денисенко, А. М. Ярута.; заявник та патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет . – № u201014353; заявл. 30.11.2010; опубл. 10.06.2011, Бюл. № 11.

13. Пат. 62015 України, МПК G 08 G 1/052, G 01 S 11/00. Пристрій для вимірювання параметрів транспортних засобів / Г. В. Альошин, А. І. Левтеров,

О. В Коломійцев, А. М. Ярута; заявник та правовласник ХНАДУ. – № u201100247; дата подання 10.01.2011; опубл. 10.08.2011, Бюл. № 15.

14. Пат. 65119 Україна, МПК(2011.01) G 08 G 1/00. Пристрій для вимірювання параметрів транспортних потоків / А. І. Левтеров, А. М. Ярута; заявник та патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № u201106035; заявл. 16.05.2011; опубл. 25.11.2011, Бюл. № 22

15. Пат. 68088 Україна, МПК G 08 G 1/09(2006.01). Пристрій для вимірювання параметрів транспортних потоків / А. І. Левтеров, Г. В. Альошин, О. В. Денисенко, А. М. Ярута.; заявник та патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № u201111324; заявл. 26.09.2011; опубл. 12.03.2012, Бюл. № 5.

16. Пат. 71692 Україна, МПК G 08 G 1/09(2006.01). Автоматизована система керування дорожнім рухом мегаполісу / А. І. Левтеров, Г. В. Альошин, А. М. Ярута.; заявник та патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № u201115433; заявл. 27.12.2011; опубл. 25.07.2012, Бюл. № 14.

17. Пат. 71913 Україна, МПК G 08 G 1/09(2006.01). Спосіб визначення параметрів транспортних потоків у зоні перехрестя / А. І. Левтеров, О. В. Денисенко, А. М. Ярута.; заявник та патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № u201201909; заявл. 20.02.2012; опубл. 25.07.2012, Бюл. № 14.

18. Пат. 100660 Україна, МПК G 08 G 1/09(2006.01). Спосіб визначення транспортних затримок на регульованому перехресті та пристрій для його здійснення / А. І. Левтеров, О. В. Денисенко, А. М. Ярута.; заявник та патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № u201101931; заявл. 18.02.2011; опубл. 10.01.2013, Бюл. № 1.

19. Алешин Г. В. Дорожно-сетевая система информирования водителей об оптимальных маршрутах движения / Г. В. Алешин, В. Г. Сословский, А. Н. Ярута // Проблеми використання інформаційних технологій в навчальному процесі технічного ВНЗ на етапі впровадження принципів болонської декларації: Всеукраїнська наук. - мет. конф., 2007 р.: [матеріали]. – Х., ХНАДУ, 2007. – С. 102–114.

20. Альошин Г. В. Метод оптимізації автоматизованої системи управління дорожнім рухом за умовним критерієм надійності / Г. В. Альошин, А. І. Левтеров, А. М. Ярута// Наукові аспекти автомобільної і транспортно-дорожньої галузей: 2-й міжнар. наук.-техн. конф. травень 2012 р.: [матеріали]. – Луцьк, ЛНТУ, 2012. – Вип. 37. – С. 4–7.

АНОТАЦІЯ

Ярута А.М. Удосконалення автоматизованої системи керування дорожнім рухом у містах. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи. – Харківський національний автомобільно-дорожній університет, МОН України, Харків, 2016.

Дисертація присвячена розв'язанню науково-технічного завдання з удосконалення АСКДР, що зменшить час проїзду маршрутів АТЗ, підвищить пропускну спроможність ВДМ крупних і крупніших міст особливо у часи пік.

У дисертаційній роботі вирішено наукову-технічну проблему, що уможлиблює зменшення часу руху АТЗ і заторів, особливо у часи пік, за рахунок удосконалення АСКДР. Для цього було поставлено та розв'язано завдання оптимізації АСКДР за критерієм максимуму середньої ефективності за гарантований час експлуатації за обмеженого асигнування, що дозволяє оцінити економічну доцільність удосконалення, визначити оптимальний склад функціональних елементів і скоротити обсяг обчислень. Удосконалено метод багатоетапної маршрутизації для зменшення часу розв'язання задач оптимальної маршрутизації у крупніших містах за критерієм мінімуму часу проїзду маршрутів АТЗ за рахунок декомпозиції, вибору доріг підвищеної якості (категорії) та масштабування. Розроблено та вдосконалено метод і засоби моніторингу для визначення аналітичних залежностей часу проїзду АТЗ на регульованих перехрестях від їх параметрів та довжини черги перед світлофором, що підвищать оперативність розрахунків (до 1 секунди) і точність моніторингу.

Ключові слова: вулично-дорожня мережа, оптимальна маршрутизація, автоматизована система керування, пропускну спроможність, моніторинг.

АННОТАЦІЯ

Ярута А.М. Усовершенствование автоматизированной системы управления дорожным движением в городах – На правах рукописи.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.01 – транспортные системы – Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, МОН Украины, Харьков, 2016.

Диссертация посвящена решению научно-технической задачи – усовершенствования автоматизированной системы управления дорожным движением (АСУДД), которая, позволяет уменьшить время проезда маршрутов авто транспортными средствами (АТС), повысить пропускную способность улично-дорожной сети особенно в часы пик.

В диссертационной работе решена научно-техническая задача оптимизации АСУДД определения возможности уменьшение времени проезда АТС и заторов, особенно в часы пик за счет усовершенствования АСУДД. Для этого была поставлена и решена задача оптимизации АСУДД по критерию максимума средней эффективности за гарантированное время эксплуатации при ограниченной стоимости, которая позволяет оценить экономическую целесообразность усовершенствования, определить оптимальный состав функциональных элементов и сократить объем вычислений. Усовершенствован метод многоэтапной маршрутизации для уменьшения времени решения задач оптимальной маршрутизации в крупных и крупнейших городах по критерию минимума времени проезда маршрутов АТС за счет декомпозиции, выбора дорог повышенного качества (категории) и масштабирования. Разработаны и усовершенствованы метод,

и средства мониторинга для определения аналитических зависимостей времени проезда АТС на регулируемых перекрестках от их параметров и длины очереди перед светофором, которые повысят оперативность расчетов (до 1 секунды) и точность мониторинга.

Практическая значимость результатов работы подтверждается соответствующим актом внедрения в НИР № ДЗ/464-2011 в 2011-2012г. «Разработка и внедрение информационно-коммуникационной технологии движения наземного транспорта в городах».

Ключевые слова: улично-дорожная сеть, оптимальная маршрутизация, автоматизированная система управления, пропускная способность, мониторинг.

ABSTRACT

Yaruta A.M. Improvement of an automated control system for traffic in the cities. – Manuscript.

Thesis for obtaining the scientific degree of candidate of technical sciences on specialty 05.22.01 – transport systems. – Kharkiv National Automobile and Highway University, Ministry of Education of Ukraine, Kharkiv, 2016.

The thesis is devoted to the solution of a scientific and technical task – improvements of the automated control system for traffic (ACST) which, allows to reduce time of journey of routes of the car vehicles (ACV), to increase the capacity of a street road network especially in rush hours.

In the dissertation work the scientific and technical problem is solved - optimization of ASUDD of definition of an opportunity reduction of time of ATS Drive and jams, especially in rush hours due to improvement of ACST.

For this purpose the task was set and solved - optimization of ASUDD of criterion of a maximum of average efficiency for the guaranteed operation time at the limited cost which allows to estimate economic feasibility of improvement, to define optimum structure of functional elements and to reduce the volume of calculations. The method of multi-stage routing for reduction of time of the solution of problems of optimum routing in the large and largest cities by the criterion of a minimum of time of journey of routes of ACV due to decomposition, the choice of roads of the increased quality (category) and scaling is improved. The method and monitors for determination of analytical dependences of time of ACV at adjustable intersections from their parameters and length of turn in front of the traffic light which will increase efficiency of calculations (till 1 second) and monitoring accuracy are developed and improved.

Keywords: street road network, optimum routing, automated control system, capacity, monitoring.