

УДК 625.72:656.11

## МЕТОДИ І ЗАСОБИ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ ВЕЛИКИХ МІСТ

А.М. Ярута, аспірант, ХНАДУ

*Анотація.* Розроблено новий метод маршрутизації та засоби моніторингу для удосконалення елементів системи управління дорожнім рухом великих міст.

*Ключові слова:* транспортна мережа, моніторинг транспортних засобів, управління рухом.

## МЕТОДЫ И СРЕДСТВА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ БОЛЬШИХ ГОРОДОВ

А.Н. Ярута, аспирант, ХНАДУ

*Аннотация.* Разработан новый метод маршрутизации и средства мониторинга для совершенствования элементов системы управления дорожным движением крупных городов.

*Ключевые слова:* транспортная сеть, мониторинг транспортных потоков, управление движением.

## METHODS AND MEANS FOR IMPROVING OF TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEMS IN CITIES

A. Yaruta, postgraduate, KhNAHU

*Abstract.* A new method for routing and monitoring tools to improve the elements of traffic management systems in cities is developed.

*Key words:* road network, transports flows monitoring, traffic control.

### Вступ

У зв'язку зі зростанням автомобілізації спостерігається зниження пропускної спроможності вулично-дорожньої мережі (ВДМ), особливо у великих містах. Це призводить до неспроможності швидко, у темпі проїзду транспортних засобів (ТЗ), реагувати на зміну дорожньої обстановки одночасно на всіх елементах ВДМ. Як показують дослідження вітчизняних та іноземних авторів, це призводить до великих втрат, пов'язаних з безпекою руху ТЗ, до великих втрат часу у заторах та економічних і екологічних втрат.

Впровадження інформаційно-комунікаційних технологій несе з собою поширення функціональних можливостей усіх складових дорожньо-транспортних систем і підвищення якості функціонування ВДМ великих міст.

Існуючі системи управління рухом у великому місті (в тому числі автоматизовані (АСУДР)) не вирішують всіх проблем, пов'язаних з ефективністю функціонування дорожньо-транспортної системи великого міста.

### Аналіз публікацій

Було розглянуто роботу існуючих систем управління дорожнім рухом у великому місті, таких як централізоване управління за типом «Мегаполіс» фірми «ВАТ Елістар» [1] у м. Ставрополі; «Спектр» фірми «ЗАТ Ріпас» – у м. Санкт-Петербург [2]; система інформування водіїв про стан ВДМ за допомогою Інтернет-сервісу Яндекс [3] та індивідуальна система GPS або «Глонасс», наприклад, модель навігатора Street Pilot i3 [4]. Проаналізувавши існуючі системи, було визначено такі недоліки:

– мала ефективність у порівнянні з витратами коштів; досягнення підвищення ефективності функціонування ВДМ полягає у керуванні лише технічними засобами організації дорожнього руху, відсутність двостороннього зв'язку між водіями ТЗ та системою;

– відсутність удосконалених спеціалізованих технічних засобів, достатньо ефективних для визначення параметрів транспортних потоків;

– неспроможність оптимального розподілу транспортних засобів по ВДМ міста з урахуванням зміни середнього часу проїзду ТЗ залежно від завантаженості. Критерієм оптимальності удосконаленої АСУДР на тій самій мережі доріг може служити

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

для  $\forall s, r \in V$  при  $n_{ijL}(t) \leq n_{ijL \max}$ ,

де  $L$  – кількість шляхів за усіма оптимальними маршрутами;  $\tau_{ijL}^{sr} [\bar{n}_{ijL}(t)]$  – час проїзду ТЗ ВДМ упродовж доби  $t$ ;  $M$  – кількість маршрутів;  $n_{ijL}, n_{ijL \max}$  – реальна та максимальна пропускна спроможність елементів ВДМ;  $\bar{n}_{ijL}(t)$  – підмножина вагової матриці пропускної спроможності для потрібних водіям шляхів  $L$  у періоді доби  $t$ , тобто це складова вектора  $\bar{n}(t)$ , що є реальною динамічною обстановкою у ВДМ великого міста, яка визначає час проїзду перегону ВДМ і повинна враховуватись при визначенні ефективного маршруту за заданим критерієм;  $a_{ijL}(\bar{X})$  – категорійність доріг як функція від вектора факторів  $\bar{X}$ , що впливають на час проїзду перегону;

– неоперативність врахування і реагування на зміни у дорожньо-транспортній мережі великого міста на аварії і виникнення передзаторових ситуацій та заторів, тобто на зменшення пропускної спроможності доріг, що робить неоптимальними розраховані заздалегідь маршрути.

### Мета і постановка задачі

Метою статті є підвищити ефективність функціонування ВДМ великого міста за рахунок удосконалення АСУДР за вимогами обмеженої вартості АСУДР з урахуванням категорії доріг та їх динамічної у часі завантаженості, підвищення надійності, оптимальної маршрутизації ТЗ.

Система має застосовувати не тільки організаційно-технічні заходи типу «зеленої хвилі», отримувати оптимальний маршрут у даній динамічній обстановці тощо, але й оперативно надавати водіям інформацію про оптимальний для них у даний час маршрут, що оминає затори. Удосконалення АСУДР є по суті методом комплексного розв'язання динамічних задач маршрутизації.

Для удосконалення АСУДР необхідно розробити методи і засоби удосконалення елементів АСУДР, які надають можливість оминати оптимальним маршрутом затори за динамічною інформацією про стан завантаженості перегонів доріг і можливість оперативно доставляти водіям інформацію про оптимальний для нього у даний час маршрут.

### Принцип дії удосконаленої АСУДР

При розв'язанні задачі використовується принцип взаємної розв'язки маршрутів ТЗ, створення інформаційної системи моніторингу ТЗ і оперативний багатоетапний спосіб визначення оптимальних за заданим критерієм маршрутів ТЗ великих міст.

Після розгляду логічної основи створення удосконаленої АСУДР великих міст, було визначено, що основною проблемою є досягнення найвищої оперативності в умовах великої розмірності задач маршрутизації у великих містах і потреба послідовного обслуговування великої кількості ТЗ. Тим більше, що для прийняття кінцевого рішення водієм або АСУДР про оптимальний маршрут спочатку доцільно:

- отримати оптимальний маршрут і загальний час його проїзду для певного часу доби і для середньостатистичних даних часу проїзду сегментів;
- отримати оптимальний маршрут у даній динамічній обстановці;
- отримати час проїзду за ним;
- порівняти різницю і прийняти рішення;
- для водіїв вантажних ТЗ – оцінити довжину маршрутів і прийняти рішення.

Для цього було запропоновано багатоетапний метод декомпозиції задачі оптимальної маршрутизації великих міст, що враховує також інші критерії якості проїзду ТЗ і категорії доріг.

За цим методом на першому етапі масштаб районів збільшується, тільки в районі витоку та стоку, за рахунок чого забезпечується зменшення часу розрахунку оптимального маршруту. Оскільки відомі адреси витоку і стоку першого етапу й обрано центральні вершини, рішення виконується одночасно на всіх етапах. При багатетапному методі маршрутизації [5] на останньому  $m$ -му етапі обирається такий масштаб мапи, за якого залишаються лише вершини і ребра графа для магістральних доріг найвищої категорії.

Пропонується трирівнева система АСУДР, до складу якої входять такі елементи: центр обчислень та управління із системою прийому та передачі даних; розподілена система детекторів транспорту та мережа рухомих транспортних засобів.

Принцип дії АСУДР полягає у тому, що [6] водій за допомогою навігатора, який працює за домовленістю з оператором зв'язку, за допомогою каналу передачі даних задає адресу витоку і стоку маршруту руху, а також потрібний йому критерій оптимальності, наприклад, мінімум часу проїзду. Дані поступають на АСУДР, де в обчислювальному пристрої розв'язується задача з урахуванням інформації із системи моніторингу завантаженості перехрестя та перегонів. Результат розв'язку водій отримує у вигляді маршруту в навігаторі, використовуючи координати місця знаходження система супроводжує ТЗ по оптимальному маршруту. В разі виникнення заторового стану, який збільшить час існуючого маршруту, в порівнянні з іншими, система надасть новий маршрут (об'їзду) з урахуванням поточного місцезнаходження ТЗ.

Система може бути найпростішою у реалізації за рахунок оренди у провайдерів дешевих каналів для передачі малого обсягу даних з низькою швидкістю (SMS, GSM, GPRS тощо). Наприклад, водії можуть передавати: символ заказу, номер ближнього (витоку) і номер кінцевого (стоку) перехрестя, що виконується навігатором, або електронною картою, або навіть одним мобільним телефоном; а на прийом – водій отримує на будь-який датчик або мобільний телефон послідовність вузлів маршруту, оптимального на певний поточний момент часу. Зі сторони детекторів транспорту – це адреса детектора транспорту і два числа: число легкових і вантажних (або пасажирських) транспортних засобів.

## Висновки

Запропоновано трирівневу структуру АСУДР великого міста та підведено логічну основу її створення. Запропоновано як один із рівнів системи передачу даних через орендовані канали мобільного зв'язку для передачі замовлення оптимального маршруту та послідовності вузлів маршруту, який більш вигідний на певний поточний момент часу для замовника. Запропоновано використовувати як детектори транспорту у розподіленій системі детектори з ультразвуковим або з інфрачервоним випромінюванням.

## Література

1. Интеллектуальные транспортные системы и АСУДД [Електронний ресурс]: ООО «Елїстар» <http://www.elsystar.ru/megapolis.htm>.
2. АСУДД «СПЕКТР 2.0» Система управления дорожным движением следующего поколения [Електронний ресурс] <http://www.ripas.ru/index.php?option/content/task/view/id/105>.
3. Как работают Яндекс. Пробки <http://company.yandex.ru/technologies/yarobki/>.
4. Компактный GPS-навигатор Garmin StreetPilot i3 [Електронний ресурс] <http://www.microsystem.ru/article/kompaktnyj-gps-navigators-garmin-streetpilot-i3>.
5. Алешин Г.В. Многоэтапный метод маршрутизации / Г.В. Алешин, А.И. Левтеров, А.Н. Ярута // Системы управления навигации та зв'язку. – 2012. – Вип. 1(21), Т.2. – С. 165–169.
6. 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.
7. Левтеров А.І. Способи та пристрої для визначення швидкості транспортних засобів і складу транспортного потоку / А.І. Левтеров, А.М. Ярута // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2012. – Вып. 55. – С. 90–99.

Рецензент: Є.М. Гецович, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 17 квітня 2013 р.