

УДК 004.94

К.В. Молодецька¹, І.І. Сугоняк², М.М. Шевчук¹¹ Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова НАУ, Житомир² Житомирський державний технологічний університет, Житомир

МОДЕЛЬ ПІДСИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ З УПРАВЛІННЯ РУХОМ ТРАНСПОРТУ НА РЕГУЛЬОВАНИХ ПЕРЕХРЕСТЯХ НА БАЗІ АПАРАТУ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Запропоновано модель підсистеми підтримки прийняття рішень з управління рухом транспорту на регульованих перехрестях на базі апарату нечіткої логіки, яка дозволяє проводити аналіз поточних параметрів транспортних потоків спираючись на інформаційні дані з детекторів транспорту та змінювати параметри світлофорного циклу, враховуючи динаміку зміни параметрів транспортних потоків. На основі розробленої моделі реалізовано програмний комплекс підсистеми, що здійснює візуалізацію результатів дослідження та керування функціонуванням.

Ключові слова: управління рухом, нечітка логіка, система підтримки прийняття рішень.

Вступ

Постановка проблеми. Стрімке зростання інтенсивності дорожнього руху на вулично-дорожній мережі є однією із найбільш актуальних проблем у розвитку сучасних транспортних систем. Адже в наш час кількість транспортних засобів зростає набагато швидше, ніж розвивається транспортна інфраструктура, що наочно прослідковується на прикладі великих мегаполісів, де затори стали повсякденним явищем. У зв'язку з цим необхідно розробляти ефективні інформаційні технології та системи моніторингу, збереження, аналізу та оптимізації параметрів транспортних систем. Перевагою таких інформаційних систем є невисока собівартість у порівнянні з модернізацією транспортної мережі, адже здійснення такої модернізації у містах не завжди є можливим. Одним із шляхів вирішення даної проблеми, на думку вітчизняних і закордонних фахівців, є удосконалення технологій управління світлофорною сигналізацією на перехрестях, яке має забезпечити як достатній рівень безпеки дорожнього руху, так і необхідний рівень обслуговування учасників руху, що і визначатиме ефективність дорожнього руху та оптимальність встановлених параметрів світлофорних циклів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз діючих автоматизованих систем управління дорожнім рухом (АСУ ДР) [2 – 4], дозволив визначити основні функційні можливості таких систем:

- ручне управління режимами роботи світлофорів за місцем;
- диспетчерське управління режимами роботи світлофорів з центрального пункту управління АСУ ДР, у разі потреби оперативного управління дорожнім рухом;
- режим "зеленої вулиці";
- жорстке координоване управління дорожнім рухом з центрального пункту управління АСУ ДР за

допомогою заданих програм координації дорожнього руху, причому вибір програм координації відбувається за запитом оператора АСУ ДР або автоматично залежно від часу доби;

– управління дорожнім рухом відповідно до резервної програми.

Основним недоліком розглянутих систем є відсутність засобів що дозволяють АСУ ДР реагувати на зміни параметрів транспортного потоку в реальному часі. Тому метою даної роботи є розробка проекту підсистеми оптимізації параметрів світлофорного циклу у відповідності до зміни параметрів транспортного потоку.

Метою даної статті є розробка підсистеми підтримки прийняття рішень з управління рухом транспорту на регульованих перехрестях на базі апарату нечіткої логіки. Під об'єктом дослідження розуміємо процеси руху транспортних засобів по вулицях міста. Предметом дослідження є методи оптимізації руху транспортних засобів, що базуються на оптимізації параметрів світлофорного регулювання.

Завданням даної роботи є: розробка структури системи підтримки прийняття рішень (СППР) з управління рухом транспорту на регульованих перехрестях на базі апарату нечіткої логіки; формалізація процесу підтримки прийняття рішень за допомогою математичних методів і алгоритмів; розробка концептуальної та об'єктно-орієнтованої моделей підсистеми; реалізація програмного комплексу СППР з врахуванням сучасних вимог до забезпечення багатокористувацького доступу до даних.

Виклад основного матеріалу

При описі організації управління транспортними потоками можна виділити кілька рівнів, на кожному з яких вирішуються певні завдання. Виділимо послідовно чотири рівні управління: локального

регулювання, локальної оптимізації, координації локальних систем оптимізації, оперативного управління та прийняття рішень (рис. 1).

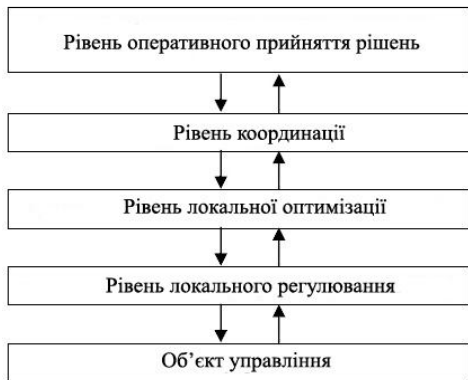


Рис. 1. Рівні управління дорожнім рухом

Розглянемо завдання, які вирішуються на кожному рівні ієрархії автоматизованої системи управління дорожнім рухом.

Рівень локального регулювання. На цьому рівні забезпечується вирішення завдань локального автоматичного регулювання, тобто стабілізації або програмної зміни параметрів об'єкта відповідно до параметрів, що задаються на рівні локальної оптимізації. В якості технічних засобів на рівні локального регулювання можуть бути використані як цифрові регулятори (у тому числі і мікропроцесорні), так і традиційні регулятори безперервної дії.

Рівень локальної оптимізації. Призначений для оптимізації управління обмеженим комплексом об'єктів, підпорядкованих відповідним оптимізаторам. Критерії мети управління, що розглядаються на цьому рівні, можуть відрізнятися від загального критерію функціонування всієї системи. В усякому разі, в них необхідно враховувати "власні інтереси" підлеглих оптимізаторам підсистем. Технічні засоби рівня локальної оптимізації, а також засоби більш високих рівнів ієрархії повинні використовувати сучасні комп'ютерні технології та засоби швидкісного зв'язку та обробки інформації.

Рівень координації. На цьому рівні здійснюється координоване, тобто узгоджене керування роботою локальних оптимізаторів з метою досягнення загального завдання функціонування всієї системи в цілому. При цьому для оптимізації використовується один або кілька критеріїв, що відображають "інтереси" всієї ієрархічної системи.

Рівень оперативного прийняття рішень. Як правило, цей рівень містить керівний орган (колектив фахівців або особа, яка приймає рішення), забезпечений сучасними комп'ютерними технологіями для проведення розрахунків можливих варіантів рішення. На цьому рівні загальні цілі і завдання, що стоять перед системою, перетворюються в конкретні

установки для нижніх рівнів управління. Крім того, відбувається розподіл ресурсів управління між окремими підсистемами і прийняття рішень в різних позаштатних ситуаціях.

Запропонована системна модель управління транспортними потоками (рис. 2) складається з універсальних детермінованих моделей розрахунку основних параметрів процесу координованого управління (T_d – цикл світлофорного регулювання; V – рекомендована швидкість руху транспортних засобів; φ – зрушення фаз включення зеленого сигналу світлофору), блоку переналаштування початкових моделей, а також стохастичних моделей, що оцінюють поведінку транспортного потоку по визначенню закону руху транспортних засобів за допомогою ентропії (H) як міри неупорядкованості сформованих груп транспортних засобів при координації. До складу системної моделі входить розв'язання оптимізаційної задачі по критерію мінімізації часових затримок транспортних засобів на магістралі.

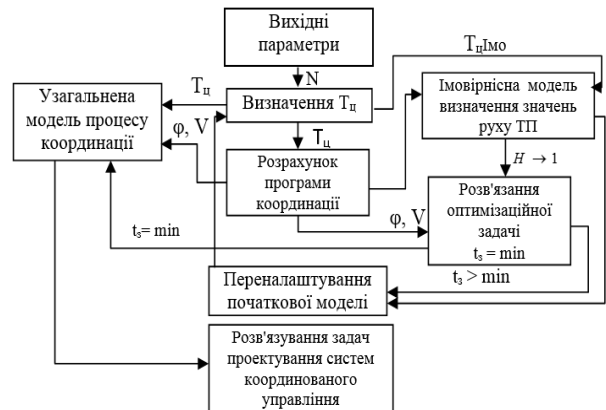


Рис. 2. Модель процесу координованого управління транспортним потоком

Надана у такому вигляді системна модель координованого управління транспортними потоками є гнучким інструментом дослідження і проектування, який дозволяє реалізувати комплексний опис процесу координованого управління.

Розглянемо управління з використанням нечіткої логіки, що відноситься до рівня локальної оптимізації. Використаємо апарат нечіткої логіки як базис для побудови підсистеми оптимізації. У запропонованому нечіткому світлофорі час циклу залишається постійним, проте, час його роботи в режимі зеленого світла повинен змінюватися в залежності від кількості машин, що під'їжджають до перехрестя. Необхідно встановити датчики руху транспорту Д1 – Д4 (рис. 3).

Вхідними параметрами даної моделі є число машин на вулиці 1 по закінченню чергового циклу (x_1), число машин на вулиці 2 по закінченню циклу (x_2) і тривалість зеленого світла нечіткого світлофора (x_3).

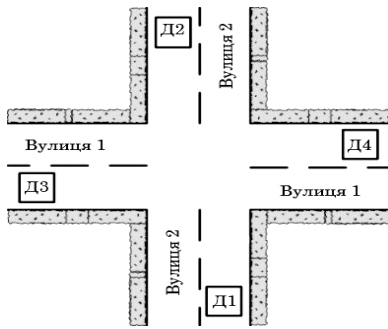


Рис. 3. Розташування датчиків на перехресті

Вихідним параметром моделі є змінна y – зміна тривалості часу зеленого світла. Для змінної x_3 інтервал зеленого світла набуває трьох лінгвістичних значень {короткий, середній, подовжений}. Ступінь належності чітких значень термів описується за допомогою функцій належності (y нашому випадку функції вхідних змінних мають форму трапеції), що описується виразом:

$$\mu(x, a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } x \leq a, \\ (x - a)/(c - a), & \text{якщо } a < x < c, \\ 1, & \text{якщо } c \leq x \leq d, \\ (b - x)/(b - d), & \text{якщо } d < x < b, \\ 0, & \text{якщо } x \geq b, \end{cases}$$

де x – вхідне значення; a, b, c, d – параметри опису нечіткої множини (терму), що визначаються за експертними оцінками, для чого в системі передбачено режим роботи "навчання" (рис. 5). Вихідна змінна y набуває лінгвістичних значення {зменшити, не змінювати, збільшити}. Терми в цьому випадку будуть наступні (рис. 4), що апроксимуються згідно виразу:

$$\mu(x, a, b) = \exp\left[-(x - a)^2 / (2b^2)\right].$$

Значення змінної y визначаються на основі правил, що формуються пfгим чином:

ЯКЩО ($x_1 = \text{мале}$) І ($x_2 = \text{велике}$) І ($x_3 = \text{короткий}$) ТО ($y = \text{збільшити}$).

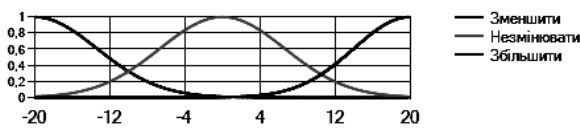


Рис. 4. Функція належності вихідної змінної y

Даний алгоритм використовується в режимі нечіткого управління АСУ ДР. Тестовий приклад наведено на рис. 5 (а, б).

Розроблений програмний комплекс моделі АСУ ДР дозволяє: переглядати/редагувати дані про перехрестя, де встановлено дорожній контролер (ДК); переглядати/редагувати таблиці правил для роботи підсистеми прийняття рішення на основі нечіткої логіки; розраховувати оптимальні параметри циклу світлофорного регулювання на основі статистичних даних про інтенсивність руху транспортних засобів, з якими працює ДК; моделювати прийняття рішення на основі нечіткої логіки за вхі-

дними даними; розраховувати програму координації. Результат роботи програми подано на рис. 6.

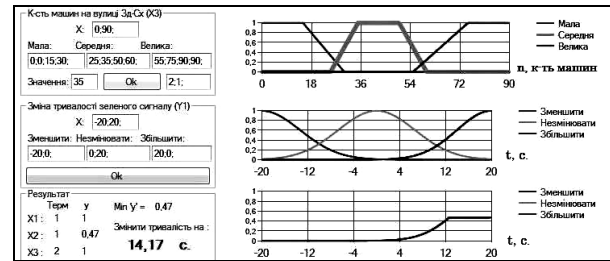
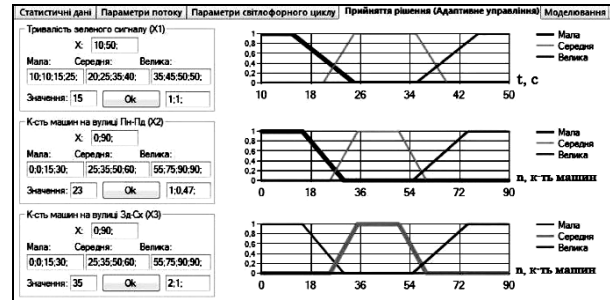
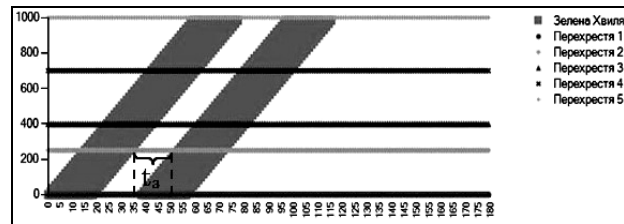


Рис. 5. Екранні форми програмного комплексу: а – режим прийняття рішення; б – режим навчання системи



Назва	Відстань	t_s	t_c
Київська - Щорса	0	19	19
Київська - Московська	250	19	19
Київська - Хлібна	400	19	19
Київська - Шелушкова	700	19	19
Київська - Мануїльського	1000	19	19

Рис. 6. Результати роботи програмного комплексу моделі: а – графічне зображення режиму зеленої хвилі; б – результат прийняття рішень у вигляді таблиці

Програмний комплекс встановлюється на сервер, що підключений до локальної мережі АСУ ДР. Для цього було спроектовано та перевірено схему мережі у середовищі Packet Tracer. Схема мережі АСУ ДР наведена на рис. 7.

Для керування параметрами світлофорних циклів на перехресті, розроблено модель блоку управління (БУ), що керує світлофорами та отримує дані з детекторів транспорту (ДТ), які в подальшому використовуються для формування статистичної інформації. Для підключення БУ до мережі використовується пристрій спряження, сукупність цих двох пристроїв називається дорожнім контролером.

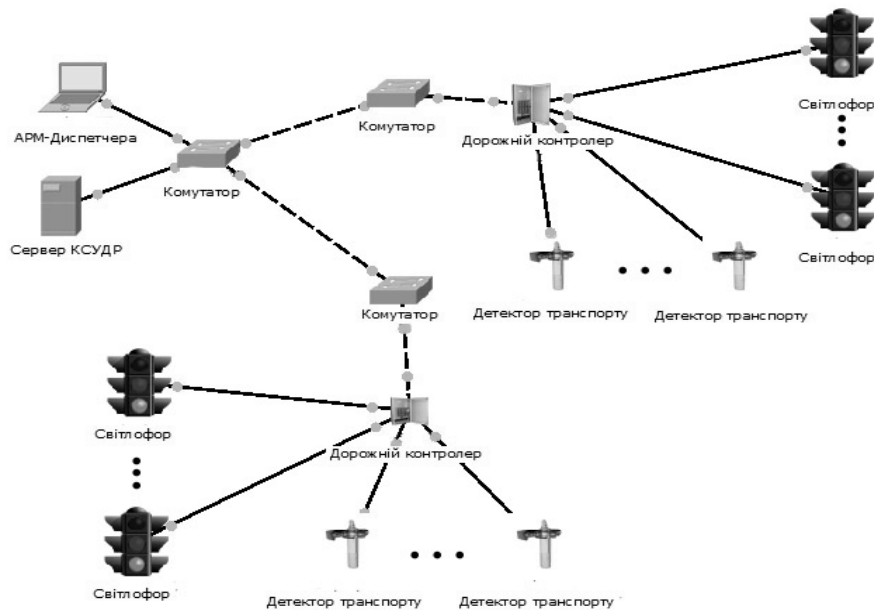


Рис. 7. Структура локальної мережі АСУ ДР

За результатами аналізу було вибрано в якості детекторів транспорту детектори марки ДТ-1, основані на пасивній інфрачервоній технології. Блок обробки датчика, дозволяє налаштувати його чутливість, та забезпечує легку інтеграцію з контролером.

Світлофори можна використовувати, як звичайні світлодіодні, з попереднім підсиленням сигналів керування, так і транспортні модифіковані інформаційні, що на відміну від звичайних містять ще й таймер зворотного відліку, який інформує водія про час до закінчення поточної фази регулювання.

Висновки

Проведені дослідження дозволили здійснити проектування та реалізацію програмного комплексу СППР що здійснює оптимізацію параметрів світлофорного циклу та працює на рівні локальної оптимізації управління дорожнім рухом. Застосування цієї підсистеми у складі автоматизованої системи управ-

ління дорожнім рухом дозволить відшукувати оптимальні параметри світлофорного циклу що в свою чергу підвищить ефективність управління дорожнім рухом на регульованих перехрестях.

Список літератури

1. Кременец Ю.А. Технические средства регулирования дорожного движения: Учебник для вузов / Кременец Ю.А. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 279 с.
2. Муниципальное учреждение «Автоматизированная система управления дорожным движением» г. Казани. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://asudd.ru/>
3. ООО «Система Сервис». Электронный ресурс. Режим доступа: <http://kotkon.ua>
4. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление и др. / Дрю Д. – М.: Транспорт, 1972. – 424 с.

Надійшла до редколегії 19.04.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.А. Пількевич, Житомирський національний агроєкологічний університет, Житомир.

МОДЕЛЬ ПОДСИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ДВИЖЕНИЕМ ТРАНСПОРТА НА РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕКРЕСТКАХ НА БАЗЕ АППАРАТА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

К.В. Молодецкая, И.И. Сугоняк, М.М. Шевчук

Предложена модель подсистемы поддержки принятия решений по управлению движением транспорта на регулируемых перекрестках на базе аппарата нечеткой логики, позволяющая проводить анализ текущих параметров транспортных потоков, опираясь на информационные данные с детекторов транспорта и изменять параметры светофорного цикла, учитывая динамику изменения параметров транспортных потоков. На основе разработанной модели реализовано программный комплекс системы, осуществляющий визуализацию результатов исследования и управления функционированием.

Ключевые слова: управление движением, нечеткая логика, система поддержки принятия решений.

MODEL OF DECISION SUPPORT SUBSYSTEM THE ADOPTION OF SOLUTIONS FOR THE MANAGEMENT OF TRANSPORT MOVEMENT ON REGULATING CROSSROADS BASED ON FUZZY LOGIC

K.V. Molodetska, I.I. Sugonyak, M.M. Shevchuk

The model subsystem support management decisions traffic at traffic lights based on fuzzy logic, which allows to analyze the current parameters of traffic flow based on the information data from detectors transport and modify the traffic light cycle, given the dynamics of traffic flow parameters. Based on the developed model is implemented complex software system that provides visualization of the study and control operation.

Keywords: traffic control, fuzzy logic, system of making support a decision