

Результати випробувань є задовільними і на їх основі можна зробити висновки про основні напрямки впровадження системи підтримки рішень:

по відношенню до завдань забезпечення нормального режиму: забезпечення статичної стійкості; регулювання перетоків; оперативне коректування режиму; відображення поточних параметрів режиму; контроль дій оперативного персоналу;

по відношенню до завдань прогнозування і ліквідації аварій: усунення порушень паралельної роботи; прогнозування аварійних ситуацій; загальне керівництво ліквідацією аварій;

по відношенню до завдань забезпечення роботи персоналу: рекомендації щодо безпечного режиму роботи перетинів; забезпечення якнайшвидшого доступу до оперативної інформації; забезпечення інтерфейсу з системою передачі та обробки оперативних даних;

з метою навчання і тренажу: навчання та перевірка професійних знань і навичок оперативно-диспетчерського та технологічного персоналу.

Рекомендованими напрямками впровадження системи підтримки рішень можуть бути автоматизовані робочі місця диспетчерського персоналу, інженера-технолога, інженера служби оптимізації електричних режимів, інженера по розробці і експлуатації математичного забезпечення. При цьому в подальшій роботі при впровадженні експертної системи слід враховувати специфіку конкретного програмного комплексу АСДУ.

Список літератури

1. Интегрированные экспертные системы диагностирования в электроэнергетике/ **Б.С. Стогний, В.А. Гуляев, А.В. Кириленко и др.**/ Под ред. **Б. С. Стогния.**– К.: Наук. думка, 1992.- 246 с.
2. **Лорьер Ж.-Л.** Системы искусственного интеллекта. – М.: Мир, 1991. – 586 с.
3. **Любарский Ю.Я.** Представление знаний об объекте управления в диспетчерских информационных системах//Программирование.–1978.–№1– С. 41–50.
4. **Змитрович А.И.** Интеллектуальные информационные системы. – Минск: НТООО "ТетраСистемс", 1997. – 368 с.
5. **Любарский Ю.Я.** Автоматизация анализа ситуаций в диспетчерских информационных системах // Электрические станции,–1978.–№ 11.– С. 13–17.
6. **Любарский Ю.Я., Моржин Ю.И.** Отечественные оперативно-информационные комплексы АСДУ энерго-системами. "Электрические станции", 2001г., №2, стр. 27-31.
7. **Башлыков А.А.** Проектирование систем принятия решений в энергетике.– М.: Энергоатомиздат, 1986.– 120 с.
8. **Сулейманов В.Н., Котов И.А.** Комплексный подход к представлению знаний в экспертных системах // Энергетика и электрификация.– 1991.– № 1– С. 52–54.
9. Представление и использование знаний / Под ред. **Уэно Т., Исидзука М.** – М.: Мир, 1989. – 230 с.
10. **Любарский Ю.Я.** Интеллектуальные информационные системы / **Любарский Ю.Я.** – М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. – 232 с
11. **Котов И.А.** Автоматизация интеллектуальных систем поддержки решений оперативного управления путем инкорпорации профессиональных онтологий / Вестник НТУ "ХПИ". Серия: Информатика и моделирования. - Харьков: НТУ "ХПИ". – 2016. – № 44 (1216) – С. 63 – 76
12. **Сулейманов В.Н., Котов И.А.** Инструментальная реализация представления знания в виде семантических сетей//Энергетика и электрификация.– 1992.– № 4.– С. 51–55.
13. **Котов И.А., Константинов Г.В.** Представление логических моделей принятия решений в производственных экспертных системах на основе аппарата сетей Петри / Разраб. рудн. месторожд., 2008. - Кривой Рог. КТУ. – Вып. 92. – С. 189–193.
14. **Чебан В.М.** Управление режимами электроэнергетических систем в аварийных ситуациях: Учеб. Пособие для электроэнергет. спец. вузов / **В.М. Чебан, А.К. Ландман, А.Г. Фишов.** – М.: Высш.шк., 1990. – 144с.
15. **Барин В. А. , Совалов С. А.** Режимы энергосистем: Методы анализа и управления. – Москва: Энергоатомиздат, 1990. – 440 с.

Рукопис подано до редакції 31.03.2017

УДК 65.011.56:656.054.1

О.В. МИКИТИН, магістрант, В.В. ТРОНЬ, канд. техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИННОГО ЗОРУ

Мета. Метою даної роботи є підвищення ефективності керування рухом транспорту на перехресті шляхом дослідження і розроблення автоматизованої системи інтелектуального керування на базі апарата нечіткої логіки; визначення критеріїв для знаходження тривалості зеленого та червоного тактів перемикачів світлофора; формалізація процесу підтримки прийняття рішень інтелектуальною системою керування за допомогою математичних методів та алгоритмів.

Методи дослідження. У роботі використані методи математичної статистики і теорії ймовірності для обробки результатів експериментів, методи аналітичного конструювання і комп'ютерного моделювання при синтезі та аналізі систем керування транспортними потоками та методи нечіткої логіки для формалізації процесу керування.

Наукова новизна. Запропонований підхід до розроблення автоматизованої системи інтелектуального керування транспортними потоками із застосуванням технології машинного зору відрізняється від відомих тим, що формування керуючих впливів здійснюється на основі показника кількості транспортних засобів, які знаходяться на відстані, не меншій за розраховане значення, від перехрестя, що дозволяє зменшити навантаження на підсистему машинного зору і підвищити якість керування.

Практична значимість. Отримані аналітичні залежності значень довжини відстані, на якій встановлюється відеодетектор, від кількості смуг автодороги. Дане рішення дає змогу системі детектування транспортних засобів враховувати лише значимі автомобілі, кількість яких впливає на формування нечіткого висновку щодо задання тривалості тактів світлофора. Реалізація інтелектуальної системи надає можливість ефективніше керувати рухом автотранспорту в умовах дорожньої мережі міста. Розроблені алгоритми забезпечують при наявності транспортних засобів в області видимості камери підрахунок їх кількості із урахуванням чисельності смуг дороги, а розроблена підсистема прийняття рішень здійснює керування тактами зеленого та червоного світла світлофора.

Результати. Результатом роботи є математична модель та підсистема прийняття рішень щодо керування тривалістю тактів світлофора на регульованому перехресті. Розрахунок відстані, на якій буде встановлено камеру для детектування автомобілів, дає можливість брати до уваги лише корисні для системи транспортні засоби, які несуть вплив на тривалість тактів світлофора. Для формування керуючих впливів у системі запропоновано систему, побудовану на основі нечіткої логічного висновку.

Ключові слова: інтелектуальна система, автоматичне керування, нечітка логіка, імітаційна модель, регульоване перехрестя, керування світлофором на перехресті

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Керування потоком транспортних засобів у міських районах є складним процесом, що залежить від багатьох факторів, які не пов'язані між собою: пікові періоди доби, дорожньо-транспортна пригода, непостійна щільність потоку транспортних засобів. Обмежені можливості дорожньої мережі і використовувані стратегії міського управління дорожнім рухом не дозволяють уникнути перевантаження транспортної мережі і, як наслідок, тривалого часу простою автомобілів на перехресті, що також приводить до незапланованих витрат коштів на паливо та значних токсичних викидів.

Аналіз досліджень і публікацій. Інтелектуальні транспортні системи (ІТС) на сьогодні досягли достатньо великих успіхів у своїй роботі, але все ще не забезпечують необхідну якість керування через відсутність адекватної реакції на постійну мінливість чинників дорожньої мережі. Основною причиною заторів є як приріст кількості автомобілів у пікові періоди доби, так і нездатністю управляти транспортним потоком світлофорами, які мають жорсткий режим роботи, тобто, працюють в режимі, параметри якого задані після визначення щільності транспортних потоків на даній ділянці дороги [1]. У працях [2-4] запропоновано розв'язання даної проблеми шляхом впровадження мультиагентної системи керування рухом транспортних засобів на перехресті. Водночас, для того, щоб реалізувати даний підхід необхідно масово і враз обладнати відповідним устаткуванням усі бортові системи керування автомобілями. Даний процес є достатньо складним оскільки має регламентуватись усіма виробниками автомобілів. Крім того, мультиагентна система передбачає широку мережу одночасно підключених пристроїв, що збільшує вразливість системи і підвищує імовірність одержання зловмисниками доступу до неї. Слід відзначити, що при перетині перехрестя всі агенти-автомобілі мають налагоджувати зв'язок із агентом-перехрестям, що призведе до суттєвого зростання навантаження та мережеве обладнання і, як наслідок, до помилок у реєстрації усієї множини агентів-автомобілів через те, що деякі з них з об'єктивних причин не встигнуть за обмежений інтервал часу встановити зв'язок. Можливим рішенням даної проблеми є впровадження протоколу

DSRC, який би задовольняв вимогам необхідним при використанні в транспортних системах, зокрема, роботі на великих швидкостях транспортних засобів (до 200 км/год), проте, технологія наразі знаходиться тільки на стадії розробки [4]. Таким чином, впровадження мультиагентної системи ускладнюється через довготривалість даного процесу, необхідність забезпечити високу швидкодію мережевого обладнання та безпеку при обміні даними між усіма учасниками системної мережі.

У роботі [5] запропоновано використовувати для фіксації густоти транспортного потоку на перехресті індуктивні та інфрачервоні датчики, встановленні біля полотна дороги, що може показувати постійне заповнення дороги при вимушеній зупинці будь-якого автомобіля або дорожньо-транспортній пригоді у той час, коли на інших смугах можливе безперешкодне пересування транспортних засобів.

У працях [6-7] наведені такі характеристики впроваджених систем: керування світлофорами проводиться в ручному режимі безпосередньо на місці встановлення конструкції світлофора; керування роботою світлофорів з центрального пункту керування диспетчером; режим "зеленої вулиці". У роботі [8] показано, що програмна реалізація алгоритму працює за підрахунком кількості проїжджаючих через перехрестя автомобілів, а світлофор переходить на червоний такт тоді, коли останній автомобіль на одній з доріг покине перехрестя. Разом з тим, даний алгоритм не враховує, за якими напрямками прибувають і від'їжджають автомобілі, а також пропускну здатність кожного з напрямків потоків [9].

Постановка задачі. Задачею представленої роботи є дослідження процесу руху транспортного потоку на перехресті в міських районах і розробка математичної моделі та системи прийняття рішень для знаходження оптимальної тривалості циклу світлофорів на перехресті, визначення критеріїв для знаходження тривалості зеленого та червоного тактів світлофора та формалізація процесу підтримки прийняття рішень за допомогою математичних методів та алгоритмів.

Викладення матеріалу та результати. Об'єктами керування (ОК) виступають процес руху транспортних потоків на перехресті у місті. На кожному перехресті встановлено світлофори, які мають три такти перемикачів: «початок руху», «увага», «кінець руху». Оцінка роботи системи керування світлофорами на перехресті залежить від результатів її пропускну здатності, тобто від кількості автомобілів, що будуть стояти в заторі на перехресті.

Система має наступні обмеження. По-перше, запропонована система розрахована для керування транспортним потоком на чотирьохсторонньому перехресті. По-друге, зелене світло світлофора дає старт початку руху автомобіля в напрямки: вперед, вправо, вліво.

Вхідні дані системи: оцінка дорожньої ситуації на даному перехресті (на повздовжній та поперечній дорогах), що залежить від завантаженості кожного з напрямків руху в поточний момент часу [10]. Вихідні дані: тривалість такту зеленого світла для досліджуваної дороги. Таким чином, в загальному вигляді об'єкт керування описується оператором f

$$[t_1] = f(n_1, n_2, n_3, n_4), \quad (1)$$

де t_1 – тривалість такту зеленого світла; n_1 – кількість транспортних засобів у заторі в східному напрямі; n_2 – кількість транспортних засобів у південному напрямі; n_3 – кількість транспортних засобів у заторі у західному напрямі; n_4 – кількість транспортних засобів в заторі у північному напрямі.

Для зменшення кількості вхідних параметрів системи обрано середні значення кількості транспортних засобів по кожному напрямку

$$\bar{n}^1 = \frac{n_1 + n_2}{2}; \bar{n}^2 = \frac{n_3 + n_4}{2}. \quad (2)$$

Оптимізована функція залежності вихідних змінних від вхідних (2) матиме вигляд

$$[t_1] = f(\bar{n}^1, \bar{n}^2). \quad (3)$$

Зазначимо, що наведені нижче розрахунки проводяться для останнього транспортного засобу, який встигне проїхати на зелене світло світлофора.

Прийmemo мінімальну тривалість зеленого такту: $t_{зел.} = 15$ с. Навіть якщо машин немає, то $t_{зел.}$ є мінімальним часом, що необхідний пішоходам для перетину вулиці із двома смугами [10]. Тривалість $t_{зел.}$ може буди збільшена в ручному режимі при налаштуванні системи безпосередньо на місці встановлення в залежності від кількості смуг на дорозі.

Розрахуємо мінімальну кількість транспортних засобів $n_{допуст.}$, для такту зеленого тривалістю 15 с. Інтервал зрушення з місця [11] становить $t_{зруш.} = 2,1$ с. Припустимий час руху, при якому транспортний засіб встигне проїхати на зелене світло

$$t_{руху} = t_{зел.} - t_{зруш.} = 12,9 \text{ .} \quad (4)$$

Середня довжина легкового автомобіля, адже саме такі рухаються по центру міста, окрім громадського транспорту, дорівнює [12]: $l_{авто} \approx 5$ м. Відстань між транспортними засобами в черзі: $l_{промж.} \approx 1$ м. Прискорення транспортних засобів до швидкості 45 км/год (середня швидкість виходу транспортного потоку з перехрестя)

$$a = \frac{45000}{t_{руху} \cdot 3600} = 0,97 \frac{м}{с^2} \text{ .} \quad (5)$$

Визначимо приблизну довжину ділянки, яку встигне проїхати автомобіль до того, як наступить червоний такт

$$l_{діл.} = \frac{a \cdot t_{руху}^2}{2} \approx 80,7 \text{ , м.} \quad (6)$$

В загальному випадку формула 6 матиме наступний вигляд

$$l_{діл.} = \frac{a \cdot (t_{зел.} - t_{зруш.})^2}{2} \text{ .} \quad (7)$$

Визначимо допустиму кількість автомобілів, які встигнуть проїхати перехрестя на зелене світло

$$n_{допуст.} \approx \frac{l_{діл.}}{(l_{авто} + l_{промж.})} \approx 13 \text{ ,од.} \quad (8)$$

Загальна структура запропонованої системи керування зображена на рис. 1.

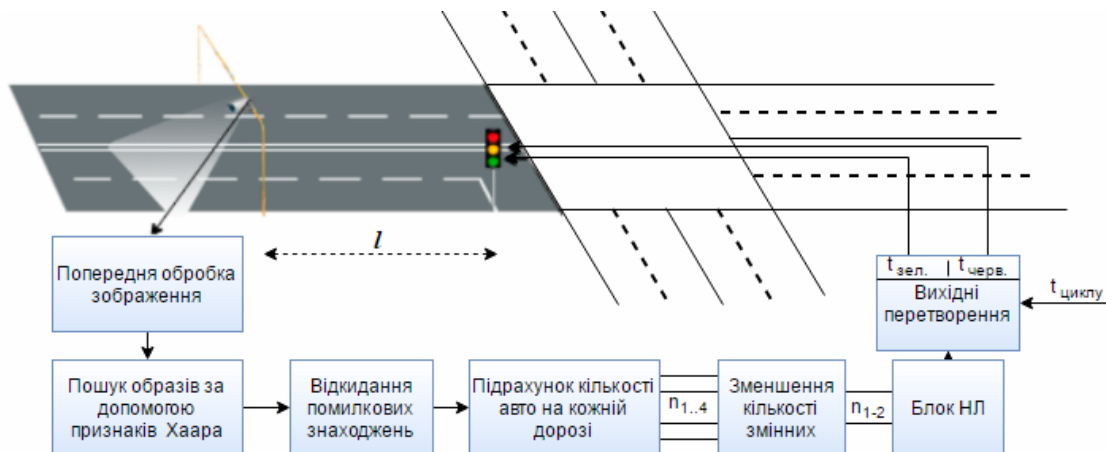


Рис. 1. Спроектвана модель макету ІТС: l – мінімальна довжина ділянки

Саме транспортні засоби, що розташовуються за межею відстані l є необхідною інформацією для ІТС. Після попередньої обробки зображень відбувається розпізнавання та підрахунок кількості авто, далі блок нечіткої логіки формує сигнал управління (тривалість тактів червоного та зеленого), що надходить до світлофорів через канали зв'язку.

Розглянемо реалізацію інтелектуальної експертної систему на базі апарату нечіткої логіки. Сутність лінгвістичних змінних «багато», «мало», «середнє» допоможе оцінити кількість транспортних засобів на перехресті та вибрати рішення по збільшенню чи зменшенню тривалості такту

світлофора. В залежності від значень, що надходять від вхідних змінних після фазифікації система приймає рішення на основі наперед сформованої бази правил. Після дефазифікації отримуємо вихідну змінну, значення якої і буде управляючим сигналом на об'єкт керування.

Взявши за основу вираз (3) побудуємо експертну систему (рис. 2).

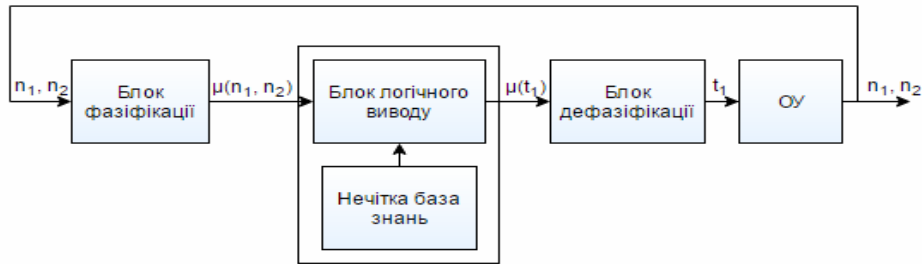


Рис. 2. Структура системи нечіткого керування

Проведемо вибір та опис лінгвістичних змінних системи нечіткої логіки. Структура експертної системи нечіткої логіки має два входи та один вихід. З використанням Fuzzy Logic Toolbox математичного пакета MatLab реалізуємо систему нечіткої логіки. В системі для формування нечіткого логічного виводу по базі знань застосовано алгоритм Мамдані.

Вхідні лінгвістичні змінні системи є: \bar{p}^1 середнє значення кількості транспортних засобів на головній дорозі; \bar{p}^2 середнє значення кількості транспортних засобів на побічній дорозі. Передбачимо ширину діапазону для головної дороги (street1=[0, 60]) більшим, аніж побічної (street2=[0, 45]). Вихідною лінгвістичною змінною системи є: t_1 – тривалість такту зеленого світла (рис. 3). В якості функції термів вхідних (рис. 3а-б) та вихідних (рис. 3в) нечітких змінних обрано функції Гауса

$$f(x) = e^{-\frac{(x-b)^2}{2c^2}} \quad (4)$$

де b, c – параметри функції належності.

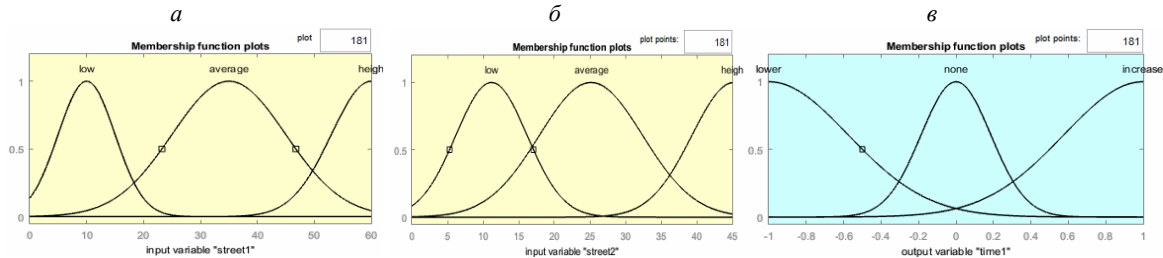


Рис. 3. Функції належності вхідних та вихідних змінних

Розробимо продукційні правила нечіткої системи керування. Вихідна змінна (time1) може приймати дев'ять варіацій різних значень в залежності від того, які значення матимуть вхідні змінні (street1 та street2).

База знань системи представлена у табл. 1.

Візуалізація залежності значень вихідної величини від вхідних за допомогою Surface Viewer показано на рис. 4.

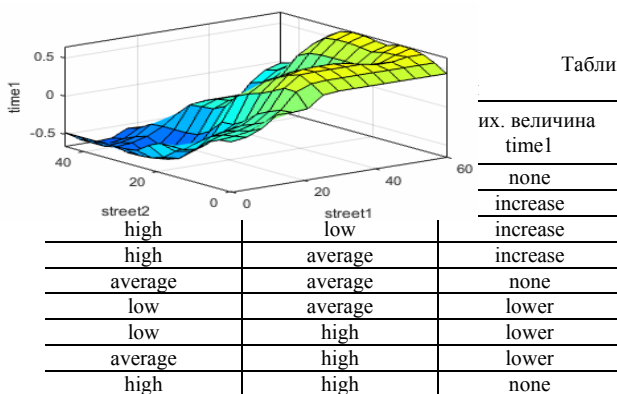


Рис. 4. Візуалізація поверхні "входи-вихід" для ІТС

Отже, одержана нечітка система дозволяє врахувати кількісний вплив транспортних засобів перед перехрестям при заданні тривалості (збільшення або зменшення часу) червоного та зеленого тактів світлофора, зекономивши при цьому невинуватий час простою водіїв на перехресті.

Отже, одержана нечітка система дозволяє врахувати кількісний вплив транспортних засобів перед перехрестям при заданні тривалості (збільшення або зменшення часу) червоного та зеленого тактів світлофора, зекономивши при цьому невиправданий час простою водіїв на перехресті.

Висновки та напрямки подальших досліджень. У результаті виконання досліджень було розроблено математичну модель та підсистему прийняття рішень щодо керування тривалістю тактів світлофора на регульованому перехресті.

Аналіз результатів дослідження дозволяє зробити висновок про те, що реалізація інтелектуальної системи надасть можливість ефективніше керувати рухом транспорту в умовах дорожньої мережі міста.

Встановлено, що із розрахунку тривалості зеленого такту світлофора величиною 15 с встановити детектор транспортних засобів доцільно на відстані 81 м.

При їх наявності в області видимості камери відбуватиметься підрахунок кількості автомобілів із урахуванням чисельності смуг дороги та за допомогою підсистеми прийняття рішень відбуватиметься керування тактами зеленого світла світлофора.

Список літератури

1. **Кременец Ю.А.** Технические средства организации дорожного движения: Учебник для вузов / **Ю.А. Кременец, М.П. Печерский, М.Б. Афанасьев** - М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. - 279 с.
2. **Алексеев В.О.** Многоагентная система управления движением транспортных средств на перекрестках дорог / **В.О. Алексеев, Ю.А. Ковтунов, С.В. Пронин** // Информационные технологии и мехатроника. Освіта, наука та працевлаштування: зб. наук. пр.- Х.: Стиль-Издат, 2016. – С. 6–8.
3. **Шуть В. Н.** Мультиагентное управление движением транспортных средств в улично-дорожной сети города / **В. Н. Шуть** [Электронный ресурс] // Штучний інтелект. - 2014. - № 4. - С. 123-128. - Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/II_2014_4_15. – Назва з екрану.
4. **Климович А. Н., Рыщук А. С., Шуть В. Н.** Современные подходы и алгоритмы управления транспортными потоками // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2015. – № 3.
5. **Макаров В.В.** Проект адаптивной системы управления движением транспортных средств и пешеходов на перекрестке по технологии MDD/MDA. «Системы проектирования технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM-2012)». Труды 12-й международной конференции. Под ред. Е.И.Артамонова. М., Институт проблем управления РАН.– 2012.
6. **Воробьев Э.М.** АСУ дорожным движением: монография / **Э.М. Воробьев, Д.В. Капский**. – Мн. : УП НИИ-СА, 2005. – 88с.
7. Оборудование для управления дорожным движением [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://komkon.ua/ru/products/tr_cntr_equipmt. - Назва з екрану.
8. **Андронов С.А.** Разработка и исследование имитационной модели светофорного регулирования на основе нечеткой логики в среде Anylogic : тезисы доп. научно-практической. конф., 21–23 октября 2015 г. / Седьмая всероссийская научно-практическая конференция «ИММОД». – М : ФЭН, 2015. – С. 443-449.
9. **Кретов А.Ю.** Обзор некоторых адаптивных алгоритмов светофорного регулирования перекрестков. Известия Тульского государственного университета, Технические науки Выпуск 7, часть 2. – Тула : Издательство ТулГУ, 2013. – 390 с.
10. **Кадиленко Е.С.** Определение оптимальной траектории движения транспортного средства на определенном участке карты / **Е. С. Кадиленко, О. П. Тимофеева** // XI Международная молодежная конференция «Будущее технической науки» - 2012. – С. 45-46.
11. **Живоглядов В. Г.** Теория движения транспортных и пешеходных потоков – Ростов-на-Дону. : журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки», 2005. – 1094 с.
12. **Нойферт Э.** Строительное проектирование – М. : Архитектура-С, 2014. – 592 с.

Рукопис подано до редакції 17.04.2017

УДК 65.012.2

С.О. ПОПОВ, д-р техн. наук, профессор, О.О. ПОПРОЖУК, аспірантка,
Криворізький національний університет

ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ МЕТОДИКИ РЕСУРСНОГО ПЛАНУВАННЯ ПРОЄКТІВ РЕМОНТІВ І МОДЕРНІЗАЦІЇ СКЛАДНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Мета. Метою даної публікації є обґрунтування доцільності застосування нової методики ресурсного планування проєктів ремонтів і модернізації складного технологічного обладнання, яка враховує специфіку діяльності вітчизняних машинобудівних підприємств у сфері здійснення ремонтної діяльності та дозволяє більш точно сплану-