

УДК 004.9+504.06

В.Б. Мокін, В.Г. Сторчак, О.В. Гавенко, І.В. Олександров
Вінницький національний технічний університет
vbmokin@gmail.com

Оптимізація параметрів геоінформаційних моделей об'єктів світлофорного регулювання дорожнього руху міста

Удосконалено метод глобальної оптимізації параметрів геоінформаційних моделей об'єктів світлофорного регулювання дорожнього руху міста, який дозволяє здійснити координацію роботи світлофорних об'єктів, що дозволить збільшити середню швидкість руху транспортних засобів, а також зменшити тривалість їх простою перед світлофорами. Розроблено та апробовано у місті Вінниці програмне забезпечення для розрахунку та оптимізації параметрів світлофорних об'єктів з використанням запропонованого методу

Глобальна оптимізація параметрів геоінформаційних моделей, світлофорне регулювання дорожнього руху

Вступ

Стрімке зростання інтенсивності дорожнього руху на вулично-дорожній мережі є однією із найбільш актуальних проблем у розвитку сучасних транспортних систем. Оскільки основна маса транспортних засобів зосереджується в містах, спричиняючи затори, зниження швидкості руху, хімічне та шумове забруднення, а також збільшення аварійності, то виникає питання підвищення ефективності використання вулично-дорожньої мережі у містах шляхом розробки та впровадження нових інформаційних технологій та програмних засобів, які дозволять, із використанням інструментів аналізу та оптимізації параметрів моделей, більш ефективно використовувати транспортні ресурси. Адже в наш час кількість транспортних засобів зростає набагато швидше, аніж розвиток транспортної інфраструктури, що наочно прослідковується на прикладі великих мегаполісів, де затори стали повсякденним явищем. У зв'язку з цим, необхідно розробити 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 повинно буде 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 об'єктів [1, 4].

Оптимізація параметрів світлофорних об'єктів не випадково є дуже важливою, оскільки,

по-перше, від ефективності їх роботи залежить ефективність роботи усієї транспортної мережі, а по-друге, режими їх роботи досить легко змінюються фізично, що практично не потребує фінансових інвестицій. Саме тому, розробка і впровадження інструментів оптимізації параметрів світлофорних об'єктів дозволить досягти значної ефективності в управлінні транспортними потоками.

Інтенсивний розвиток геоінформаційних технологій зумовив та забезпечив технологічні передумови широкого їх використання в управлінні транспортом. Геоінформаційна система (ГІС), що містить шари вулично-дорожньої мережі міста, дозволяє з великою точністю оцінювати параметри та відображати переміщення транспортних засобів і моделювати різного роду проблемні ситуації, що виникають на певних ділянках вулиць міста [6]. Така ГІС є гарним інструментом для підтримки прийняття рішень з управління дорожнім рухом. Зокрема, геоінформаційні моделі об'єктів світлофорного регулювання, дозволяють не лише продемонструвати поточний режим їх роботи, але й здійснити моделювання дорожньої ситуації при застосуванні оптимізованих параметрів світлофорних об'єктів, що, насамперед, дозволить відобразити доцільність застосування оптимізаційних методів для заданої дорожньої ситуації. Якщо оптимізовані параметри геоінформаційних моделей світлофорних об'єктів дозволяють суттєво покращити задану дорожню ситуацію, то їх відповідно встановлюють на реальні об'єкти світлофорного регулювання. Усе це зумовлює актуальність оптимізації параметрів геоінформаційних моделей об'єктів світлофорного регулювання дорожнього руху міста [2, 3].

Мета дослідження

Метою дослідження є оптимізація параметрів геоінформаційних моделей об'єктів світлофорного регулювання дорожнього руху міста. 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.

Постановка задачі

Основними задачами роботи є дослідження та удосконалення методів оптимізації параметрів геоінформаційних моделей об'єктів світлофорного регулювання. В залежності від кількості світлофорних об'єктів, параметри яких враховуються для здійснення оптимізації транспортних потоків, їх можна поділити на дві групи методів: локальної та глобальної оптимізації [5].

Методи локальної оптимізації базуються лише на параметрах транспортних потоків, які здійснюють рух на перехресті вулиць, що оптимізується. Методи ж глобальної оптимізації здійснюють оптимізацію параметрів світлофорного регулювання на групі перехресть і базуються на параметрах усіх перехресть, що оптимізуються. Методи локальної та глобальної оптимізації мають свої переваги та недоліки і, в залежності від цілей оптимізації, а також параметрів транспортних мереж, вибираються найбільш доцільні з них для тієї чи іншої задачі.

Визначення базових понять

Для однозначної інтерпретації базових характеристик транспортних систем та потоків введемо такі позначення:

I – *інтенсивність руху* – кількість автомобілів, що проїжджає через переріз дороги за одиницю часу (авт/год);

I_i – *інтенсивність руху i -го напрямку перехрестя* – кількість автомобілів, що проїжджає через i -й напрям перехрестя за одиницю часу (авт/год);

P_i – *загальна пропускна здатність i -го напрямку перехрестя* (авт/год);

P_{zi} – *пропускна здатність i -го напрямку перехрестя у момент горіння зеленого світла* (авт./год);

I_{Si} – *інтенсивність утворення заторів i -го напрямку перехрестя* (авт/год).

Зрозуміло, що $I_{Si} = I_i - P_i$. При $I_{Si} > 0$ довжина затору буде збільшуватися, а при $I_{Si} < 0$ – зменшуватися на величину $I_{Si} \cdot t$ за кожен період часу t . У випадку, коли $I_{Si} = 0$, усі машини встигатимуть вчасно подолати досліджувану

ділянку дороги, що дозволить уникнути явища формування заторів.

Критерієм оптимізації J роботи світлофора буде:

$$J = \sum_{i=1}^n I_{Si} \rightarrow \min,$$

де n – загальна кількість напрямків руху, які є можливими на перехресті вулиць (або у місці, де встановлено світлофор — теоретична мінімальна кількість $n = 1$, що відповідає не перехрестю, а світлофору, встановленому на вулиці з одностороннім рухом).

Довжину циклу світлофора позначимо через T . Тоді, наприклад для двофазного циклу, T можна визначити за допомогою наступної формули:

$$T = T_{\text{focn1}} + T_{\text{fпром1}} + T_{\text{focn2}} + T_{\text{fпром2}}, \quad (1)$$

де:

- T_{focn1} - тривалість горіння зеленого світла на напрямках 1 та 3 (див. рис. 1);

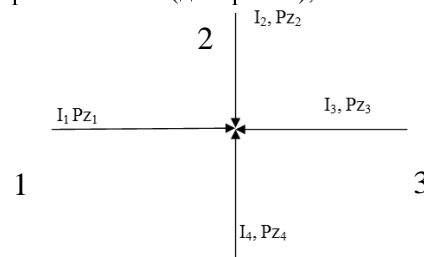


Рисунок 1 – Схема перехрестя

- T_{focn2} - тривалість горіння зеленого світла на напрямках 2 та 4 (див. рис. 1);

- $T_{\text{fпром1}}, T_{\text{fпром2}}$ – тривалість горіння допоміжного світла, тобто сумарна тривалість горіння зеленого мигаючого та жовтого світла при переключенні фаз. Слід зазначити, що даний параметр однозначно визначається розміром перехрестя, який можна визначити за даними ГІС і його не можна зменшувати для зменшення довжини циклу світлофора роботи світлофорного об'єкту.

Отже, фактично регулювання параметрів світлофорного об'єкта при конкретній структурі фаз світлофора зводиться лише до можливості зміни тривалості горіння зеленого світла на протилежних напрямках руху.

Загальну пропускну здатність i -го напрямку перехрестя можна визначити за допомогою наступної формули:

$$P_i = P_{zi} \cdot T_{\text{focni}} / T. \quad (2)$$

Формулу (2) можна подати у вигляді:

$$P_i = P_{zi} \cdot k_{zi}, \quad (3)$$

де

$$k_{zi} = T_{\text{фосні}}/T, \quad (4)$$

тобто пропускна здатність i -го напрямку перехрестя залежить від відношення тривалості зеленого світла на даному напрямку до довжини циклу світлофора (коефіцієнт k_{zi}), а також від пропускної спроможності даного напрямку у момент горіння зеленого світла. Отже, оптимізація роботи світлофорного регулювання можлива лише шляхом зміни коефіцієнта k_{zi} .

Очевидно, що чим більшою є пропускна здатність у порівнянні з інтенсивністю руху, тим меншою є ймовірність утворення заторів. Отже, для того, щоб на i -му напрямку перехрестя не утворювались затори, повинна виконуватись умова $P_i \geq I_i$. Проте, якщо інтенсивність руху та пропускна здатність є сталими величинами протягом деякого періоду часу або є усередненими на цьому проміжку величинами, тоді мінімально можливою пропускною здатністю при якій не утворюються затори, буде інтенсивність руху, яка забезпечується співвідношенням: $I_i = P_i$. Обмеженням даної задачі є вимоги безпеки дорожнього руху, будівельні норми та інші нормативні вимоги до параметрів транспортної інфраструктури – будемо вважати, що усі обмеження виконуються (наприклад, вибором $T_{\text{фпром}}$, коли мінімальна тривалість горіння зеленого світла для пішоходів визначається шириною вулиці), а тому, в даній статті, не будемо приділяти окрему увагу аналізу умов виконання таких обмежень.

З формули (3) отримуємо $I_i = P_{zi} \cdot k_{zi}$, звідки

$$k_{zi} = I_i / P_{zi}. \quad (5)$$

З формули (4) отримаємо:

$$T_{\text{фосні}} = T \cdot k_{zi}. \quad (6)$$

Тобто, підставивши у формулу (1) $T_{\text{фосні}}$ та $T_{\text{фосні}}$ з формули (6), наприклад для напрямків 1 та 2, отримаємо:

$$T = T \cdot k_{z1} + T_{\text{фпром1}} + T \cdot k_{z2} + T_{\text{фпром2}}.$$

Тоді:

$$T(1 - k_{z1} - k_{z2}) = T_{\text{фпром1}} + T_{\text{фпром2}}.$$

Тобто мінімальна довжина циклу роботи світлофорного об'єкту при якій на перехресті не утворюються затори, визначається за формулою:

$$T = (T_{\text{фпром1}} + T_{\text{фпром2}}) / (1 - k_{z1} - k_{z2}). \quad (7)$$

Роботу світлофорного об'єкту можна розглядати з точки зору двох тактів:

- такт основного світла (тривалість горіння зеленого світла світлофора, під час якого на заданих напрямках відбувається рух ТЗ);

- такт допоміжного світла (сумарна тривалість горіння зеленого мигаючого та жовтого світла - цей допоміжний такт необхідний для того, щоб усі ТЗ звільнили проїжджу частину перехрестя для руху ТЗ з наступної фази).

Позначимо через $T_{\text{фпром}}$ допоміжний такт:

$$T_{\text{фпром}} = T_{\text{фпром1}} + T_{\text{фпром2}}. \quad (8)$$

Через k позначимо коефіцієнт основного такту у напрямках 1 та 2 разом узятих (див. позначення на рис. 1):

$$k = k_{z1} + k_{z2}. \quad (9)$$

Тоді з формул (7)-(9) отримаємо:

$$T = T_{\text{фпром}} / (1 - k).$$

Звідки:

$$k = 1 - T_{\text{фпром}} / T. \quad (10)$$

Тобто формула (10) показує залежність тривалості основного такту k від довжини циклу T . Так, наприклад при $T_{\text{фпром}} = 21$ с і $T = 65$ с, $k = 0,68$, а при $T = 120$ с – $k = 0,82$, тобто $\Delta k = 0,82 - 0,68 = 0,14$, отже при збільшенні тривалості циклу світлофорного об'єкту з 65 с до 120 с основний такт збільшиться на величину 0,14, тобто пропускна спроможність перехрестя збільшиться на 14%.

Оптимізація роботи перехрестя

Можливими критеріями локальної оптимізації перехрестя можуть виступати такі:

- пропускна здатність перехрестя як в цілому, так і по конкретних напрямках;
- мінімальна тривалість простою ТЗ як в цілому на перехресті, так і по конкретних напрямках.

Збільшення пропускної здатності заданого напрямку перехрестя можливе двома способами:

- збільшення пропускної здатності напрямку перехрестя за рахунок зменшення пропускної здатності протилежного напрямку перехрестя - даний підхід можливий лише за умови, коли протилежний напрям дозволяє зменшити свою пропускну здатність;

- збільшення пропускної здатності напрямку перехрестя за рахунок збільшення довжини циклу роботи світлофорного об'єкта.

Мінімізація ж тривалості простою ТЗ на перехресті здійснюється шляхом мінімізації довжини циклу роботи світлофорного об'єкту.

Розглянемо залежність тривалості простою автомобілів t_{Si} від налаштування роботи світлофорного об'єкту. Розглянемо i -й напрямок перехрестя. Нехай є відомим k_{zi} , а також довжина циклу світлофора T . Тоді тривалість горіння зеленого світла на i -му напрямку дорівнює:

$$T_{\text{фосні}} = k_{zi} \cdot T, \quad (11)$$

а тривалість іншого світла на i -му напрямку:

$$T_{\text{фпром}} = T - T_{\text{фосні}}. \quad (12)$$

За рівномірного прибування ТЗ до перехрестя середній час простою ТЗ дорівнює:

$$t_{si} = T_{\text{фпроми}} \cdot k_p, \quad (13)$$

де k_p – коефіцієнт простою ТЗ, який, як легко показати, для рівномірного руху транспорту дорівнює 0,5 [1/авт].

Підставивши у формулу (12) $T_{\text{фосні}}$ з формули (11) отримаємо:

$$T_{\text{фпроми}} = T - k_{zi} \cdot T = T(1 - k_{zi}). \quad (14)$$

Підставивши $T_{\text{фпроми}}$ з формули (14) у формулу (13) отримуємо залежність між середнім простом ТЗ на i -му напрямку та довжиною циклу світлофорного об'єкту T , а також коефіцієнтом зеленого світла k_{zi} :

$$t_{si} = T(1 - k_{zi}) \cdot k_p. \quad (15)$$

В даному випадку вважалось, що інтенсивність руху ТЗ є сталою, але зазвичай це - не так. Адже при одній і тій самій інтенсивності протягом години інтенсивність ТЗ, що припадає на кожну конкретну фазу світлофора, може бути різною.

Зрозуміло, що для оптимізації руху ТЗ на заданому перехресті за даними критеріями можна постійно фіксувати ТЗ на кожному з напрямків, наприклад за допомогою відеокамери, а далі – корегувати тривалість основного світла для кожної конкретної ситуації. Також можливий варіант здійснення заміру добової інтенсивності руху ТЗ по заданих напрямках, а далі – розрахунок оптимальних фаз світлофора. Проте, наприклад, якщо, у середньому, водій за день проїжджає, наприклад, 10 перехрестів і на кожному, у середньому, вдається скоротити тривалість простою на 10 с, то в цілому, відношення зменшення загальної тривалості руху ТЗ суттєво не зменшиться. Тобто оптимізація локальних перехрестів не веде до суттєвого збільшення пропускної здатності та ефективності транспортних мереж.

Тобто, дана оптимізація добре підходить для тих випадків, коли на певному перехресті утворюються затори - саме в даних випадках і доцільно здійснювати перерахунок фаз, адже це може призвести до їх зникнення або, хоча б, до їх мінімізації.

Глобальна оптимізація перехрестів

Під глобальною оптимізацією перехрестів розуміється, як було зазначено вище, така оптимізація параметрів геоінформаційних моделей об'єктів світлофорного регулювання, яка враховує параметри транспортних потоків не лише на конкретному перехресті, а й на усіх прилеглих перехрестях. Оскільки дана оптимізація враховує більшу кількість параметрів у порівнянні з локальною, то цілком очевидним є те, що вона дозволяє досягти кращих оптимізаційних результатів.

Критерієм оптимізації є середня тривалість простою ТЗ на перехресті, який, як правило, є одним з основних при локальній оптимізації і не є головним для оптимізації транспортних потоків. Головним критерієм оптимізації з точки зору водія ТЗ є середня швидкість руху, при умові заданого рівня безпеки руху. Адже, чим вища середня швидкість руху, тим швидше автомобіль долає заданий маршрут. Одним із можливих підходів до збільшення значення даного критерію є підхід координованої роботи перехрестів, тобто рух автомобіля через групу перехрестів без зупинки. У такому випадку середня тривалість простою ТЗ на координованих перехрестях, якщо, принаймні, не дорівнює нулю, то наближається до нього.

Координація роботи світлофорних об'єктів у заданому напрямку руху

Розглянемо можливість координації роботи світлофорних об'єктів на прикладі рисунку 2. Нехай є три перехрестя з відомими відстанями між ними, а також інтенсивністю руху на кожному з них. Необхідно розрахувати такі фази світлофорного регулювання, при яких автомобіль, стартуючи на перехресті 1 та їдучи із зазначеною швидкістю, проїжджав 2-ге та 3-тє без зупинки.

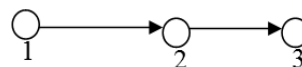


Рисунок 2 – Схематичне зображення перехрестів

Нехай t_{pqi} – час, за який ТЗ доїжджає від перехрестя p до q , рухаючись в i -му напрямку з боку перехрестя p (год) (далі індекс « i » опустимо). Тоді t_{12} і t_{23} – час, за який ТЗ доїжджає від світлофору 1 до перехрестя 2, та з перехрестя 2 до 3, відповідно. Тоді зелене світло на перехресті 2 повинно включатись через час t_{12} з моменту включення зеленого світла на перехресті 1. А зелене світло на перехресті 3 через t_{23} після включення зеленого світла на перехресті 2. Тобто з цього випливає, що довжини циклів усіх світлофорів зеленої хвилі повинні дорівнювати одна одній. Тоді визначити довжину циклів T_z координованих світлофорів для перехрестя z можна за допомогою наступної формули:

$$T_z = \text{MAX}(T_{\text{min1}}, T_{\text{min2}}, T_{\text{min3}}),$$

де T_{min1} , T_{min2} , T_{min3} – мінімальні довжини циклів світлофорів на перехрестях 1, 2 та 3, відповідно – за формулою (7).

Тобто для кожного координованого світлофора визначається мінімальна довжина циклу, а далі – довжини циклів координованих світлофорів стають такими, що дорівнюють максимальній довжині циклу світлофора, що

входить до переліку світлофорних об'єктів, які координуються.

Проте, необхідно точно визначити час зсуву t_{12} та t_{23} . Для цього детальніше розглянемо розподіл ТЗ на кожній фазі світлофора.

Фаза 1: (на світлофорі 1 вмикається зелене світло для напрямку ТЗ, в якому здійснюється координація, і вони через час t_{12} досягають світлофора 2 (див. рис. 3). В цей час на світлофорі 2 в даному напрямку не повинно вже бути жодного ТЗ).

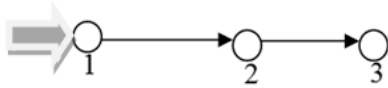


Рисунок 3 – Фаза 1

Фаза 2 (на світлофорі 1 вмикається зелене світло для ТЗ з бокових напрямків і вони через час t_{12} досягають світлофора 2 (див. рис. 4).

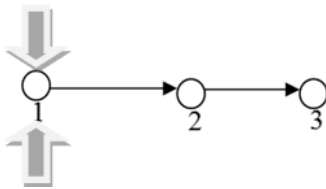


Рисунок 4 – Фаза 2

Для того, щоб боковий транспорт не заважав транспорту, що рухається в координованому напрямку, вони повинні проїхати перехрестя 2 до того, як туди доїдуть ТЗ з першої фази (див. рис. 3). Тобто зелене світло на перехресті 2 повинно вмикатись через час $(t_{12} - \Delta t_{12})$, де Δt_{12} – час, необхідний для того, щоб усі автомобілі з бокових напрямків перехрестя 1 проїхали перехрестя 2, причому так, щоб автомобілі координованого напрямку не зменшували свою задану швидкість, наздогнали автомобілів бокових напрямків 1 і на наступному перехресті вже однією групою його проїхали на зелене світло.

Координація роботи світлофорних об'єктів у двох напрямках руху

Координацію роботи світлофорних об'єктів у двох напрямках руху розглянемо для випадку трьох перехресть на прикладі світлофора 2, який узгоджує рух від світлофорів 1 та 3 (див. рис. 2).

Тоді для координації роботи світлофорних об'єктів зліва направо (напрямок 1-2) зелене світло на перехресті 2 повинно вмикатись через t_{12} по відношенню до світлофора 1. А для реалізації координованої роботи світлофорних об'єктів справа наліво (напрямок 3-2) зелене світло на перехресті 2 повинно вмикатись через t_{32} по відношенню до світлофора 3.

Нехай S_{pq} – довжина шляху між перехрестями p і q (км), а v_{pq} – середня швидкість руху ТЗ на перегоні між перехрестями p та q для того періоду доби, для якого виконується оптимізація (км/год) (в загальному випадку, ця

швидкість є різною у різний час). Тоді мають місце співвідношення:

$$t_{12} = S_{12}/v_{12}; \quad t_{23} = S_{23}/v_{23}.$$

Зрозуміло, що умовою максимально безперешкодного (без простою) проїзду ТЗ, які рухаються групою від перехрестя 1 і 3 до перехрестя 2, буде таке співвідношення:

$$T_2 = t_{12} = t_{23} = S_{12}/v_{12} = S_{23}/v_{23}. \quad (16)$$

Отже, для реалізації координованої роботи світлофорних об'єктів для випадку трьох перехресть необхідно, щоб виконувалось співвідношення (16) для відстаней між усіма трьома перехрестями та середньої швидкості руху ТЗ на перегонах між ними. У разі ж невиконання умови (16) не можливо здійснити повноцінну двобічну координацію світлофорних об'єктів із заданими параметрами. Проте, можливо реалізувати, наприклад в одну сторону, повноцінну координацію світлофорних об'єктів, а в іншу – координацію між деякими перехрестями, причому зі змінною швидкістю на кожному з них.

З використанням запропонованих співвідношень та методів оптимізації було розроблено і програмно реалізовано алгоритм розрахунку оптимальних параметрів геоінформаційних моделей об'єктів світлофорного регулювання. Вхідними даними для розрахунку є геометричні параметри перехрестя та інтенсивності потоків, а також розподіл транспортних засобів на перехресті.

Програма здійснює зчитування необхідної інформації із бази даних геоінформаційної системи, розраховує оптимальні періоди світлофорів заданої координаційної групи, а також встановлює необхідне значення зсуву фази роботи світлофорів, у відповідності до параметрів сусідніх світлофорних об'єктів.

На рисунку 6 наведено приклад результату розрахунку оптимізованих параметрів геоінформаційних моделей об'єктів світлофорного регулювання.



Рисунок 6 – Результати роботи програми

Зокрема, зображені рекомендовані значення тривалості горіння зеленого, проміжного та червоного світла для заданих напрямків перехрестя. Ця інформація може бути експортована в геоінформаційну систему і застосована до геоінформаційних світлофорних об'єктів з метою подальшого моделювання зміни оптимізованих параметрів на динаміку дорожнього руху та визначення ефективності реалізації цих змін на практиці.

Висновки

Розроблено та програмно реалізовано метод глобальної оптимізації параметрів геоінформаційних моделей об'єктів світлофорного регулювання дорожнього руху міста. Доведено, що найкращих результатів

оптимізації пропускної здатності транспортної мережі в цілому та середньої тривалості простою ТЗ на кожному напрямку перехрестя міста зокрема, можна досягти, використовуючи координацію тривалості фаз світлофорних об'єктів у кожному напрямку, в залежності від усереднених параметрів руху ТЗ між перехрестями та геометричних параметрів вулично-дорожньої мережі. Розроблено та апробовано у м. Вінниця програмне забезпечення, яке дозволяє автоматизувати процес розрахунку та оптимізації параметрів моделей об'єктів світлофорного регулювання дорожнього руху міста з використанням геоінформаційних технологій та карти міста.

Список літератури

1. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. / Дрю Д. – М.: Транспорт, 1972. – 424 с.
2. Сторчак В.Г. Технология побудови інформаційної моделі транспортної мережі міста на основі геоінформаційних моделей її елементів / В.Г. Сторчак, В.Б. Мокін // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2010. – №2. – С. 64–67.
3. Сторчак В.Г. Інформаційна технологія автоматизації обробки параметрів геоінформаційних систем з геометричними мережами / В.Г. Сторчак, В.Б. Мокін // [Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2010. — № 5. — С. 79-83.
4. Сильянов В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц / В.В. Сильянов, Э.Р. Домке. – М.: Академия, 2008. – 349 с.
5. Payne H.J. Models of freeway traffic and control Mathematical models of Public Systems / Payne H.J., Ed. Bekey G. A. V. La Jolla, CA: Simulation Council. – 1971. – P. 51– 61.
6. Zeiler M. Modeling our World / Zeiler Michael. – ESRI: Redlands, USA, 1999. – 202 p.

Надійшла до редколегії 22.08.2011

**В.Б. МОКИН, В.Г. СТОРЧАК, О.В. ГАВЕНКО,
И.В. АЛЕКСАНДРОВ**

Винницкий национальный технический университет

**V.B. MOKIN, V.G. STORCHAK, O.V.
GAVENKO, I.V. OLEKSANDROV**

Vinnitsa national technical university

Оптимизация параметров геоинформационных моделей объектов светофорного регулирования городского дорожного движения

Усовершенствован метод глобальной оптимизации параметров геоинформационных моделей объектов светофорного регулирования дорожного движения, позволяющий скоординировать работу объектов, увеличить среднюю скорость движения транспортных средств и уменьшить продолжительность их простоя на светофорах. Разработано и апробировано в городе Виннице программное обеспечение для расчета и оптимизации параметров светофорных объектов с использованием предложенного метода

Глобальная оптимизация параметров геоинформационных моделей, светофорное регулирование дорожного движения

Global optimization of parameters of GIS models of objects of traffic lights control of the city

The method for global optimization of parameters of GIS models of objects of traffic lights control of the city, which allows to coordinate of traffic lights objects, are improved. It will increase the average speed of vehicles and reduce the duration of downtime before the traffic lights. Developed and tested in Vinnitsia software to calculate and optimize parameters of light objects using the proposed method.

Global optimization of parameters of GIS models, traffic lights control of the city