

УДК 656.051

ОЦІНЮВАННЯ ДОВЖИНИ ЧЕРГИ ПЕРЕД СТОП-ЛІНІЄЮ ЗА ІНФОРМАЦІЄЮ З ТОЧКОВИХ ДЕТЕКТОРІВ ТРАНСПОРТУ

EVALUATION OF THE QUEUE LENGTH BEFORE STOP-LINE USING DATA FROM POINT
TRAFFIC DETECTORS

Ігор Могила^{1,2}, Ігор Шварик²

¹ Національний університет «Львівська політехніка»,
вул. Бандери, 12, м. Львів, 79013

² Львівське комунальне підприємство «Львівавтодор»
вул. Пасіки Галицькі, 7, м. Львів, 79035

There is proposed to use occupation of the part of network for the estimation of the queue length. There is shown that general occupation, which is recorded by detector, is a sum of movement occupation and queue occupation. The dependences between the occupation and the queue length before stop-line is established by the results of simulation.

Для керування рухом на регульованих перехрестях в Україні найчастіше використовують однопрограмне жорстке керування, рідше – багатопрограмне жорстке. Однак такий підхід не є ефективним, оскільки він не враховує короткострокових коливань інтенсивності транспортних потоків та призводить до зростання затримок транспортних засобів і виникнення заторів. Тому для ефективного керування рухом на регульованих перехрестях у містах доцільно використовувати адаптивне керування, за якого параметри роботи світлофорів розраховуються в режимі реального часу.

Першочерговим у створенні автоматичних систем адаптивного керування рухом є питання вибору алгоритму керування світлофорною сигналізацією [1]. У роботах [1-3] наведено принципи роботи, переваги та недоліки різних алгоритмів адаптивного керування, які використовують евристичні підходи, а в роботах [4-5] – алгоритми, які використовують штучний інтелект. У більшості з них, як і в запропонованому в [4] нечіткому алгоритмі керування, вхідним параметром є довжина черги перед стоп-лінією.

Довжина черги вказує також і на насичення вулично-дорожньої мережі та виникнення заторів. При цьому відомо, що перехід від нормального руху до затору є гістерезисним за своєю природою, тобто зворотний перехід відбувається за меншої щільності та більшої швидкості потоку [6-7]. Тобто, знаючи довжину черги, значно легше запобігти утворенню затору в режимі реального часу, ніж надалі його ліквідувати.

Вимірювання довжини черги є складним. Найпростішим способом є встановлення значної кількості детекторів, довжина чутливих елементів яких дорівнює середній довжині автомобіля. Проте такий спосіб є надзвичайно дорогим. Іншим способом є встановлення індукційного детектора з довгим чутливим елементом, який охоплює значну ділянку дороги. Сигнал на виході з такого детектора пропорційний до маси металу, що є в межах контрольованої зони. Довжину черги можна також визначити за допомогою двох детекторів, які фіксують автомобілі, що в'їжджають на певну ділянку дороги та виїжджають з неї. Проте такий метод не забезпечує достатньої точності.

Для вимірювання середньої довжини черги існує метод, що використовує величину зайнятості ділянки мережі, оскільки зміна довжини черги відбувається синхронно з циклом регулювання. Зайнятість ділянки мережі, яка визначається за формулою [2]:

$$\Theta_{\text{заг}} = \frac{\sum t_i}{T}. \quad (1)$$

де t_i – тривалість перебування одного автомобіля у контрольованій зоні; T – загальна тривалість вимірювань.

У роботах [2, 7] вказується на значну кореляцію між значенням зайнятості що визначається детектором, та довжиною черги у разі, коли детектор транспорту розташований в будь-якому місці на ділянці утворення черги. Тобто, зайнятість можна використовувати для оцінювання довжини черги. Однак в цих роботах не вказано умов проведення дослідження. Тому актуальним є встановлення такої залежності за різної інтенсивності транспортного потоку, частки дозвільного сигналу в циклі та відстані між детектором та стоп-лінією.

Для дослідження довжини черги перед стоп-лінією обрано імітаційне моделювання з використанням програмного продукту VISSIM. Було створено модель руху транспортного потоку на прямолінійній односмуговій ділянці дороги, на якій на відстані 400 м від початку ділянки встановлено світлофорний об'єкт з двофазним регулюванням та тривалістю циклу 50 с. Склад транспортного потоку однорідний (лише легкові автомобілі). Швидкість руху на даній ділянці – 40-60 км/год. На стоп-лінії було встановлено детектор, який фіксував довжини черг в момент ввімкнення дозвільного сигналу. Крім цього, було встановлено 15 детекторів транспорту з кроком 20 м, починаючи від стоп-лінії, які фіксували тривалість перебування автомобіля у контрольованій зоні (довжина зони детектора 2 м). Тобто ці детектори дали змогу отримати тривалість перебування транспортних засобів на них та за формулою (1) обчислити значення зайнятості ділянки мережі на різній відстані від стоп-лінії.

Спрацювання детектора відбуватиметься під час вільного руху автомобіля та під час його сповільнення чи зупинки. Тому доцільно виділити такі види зайнятості: від руху потоку транспортних засобів Θ_p та від черги Θ_q , які в сумі дають загальну зайнятість $\Theta_{\text{заг}}$:

$$\Theta_{\text{заг}} = \Theta_p + \Theta_q. \quad (2)$$

Зважаючи на це, було змодельовано декілька ситуацій із змінними параметрами руху та транспортної мережі. Перше моделювання проводилося без світлофорного об'єкта, інтенсивність вхідного потоку від 100 авто/год до 1800 авто/год з кроком 100 авто/год. Друге моделювання проводилося з встановленим світлофорним об'єктом із однаковою структурою світлофорного циклу ($T_{\text{ц}} = 50$ с, $t_{\text{зел}} = 25$ с) та змінною інтенсивністю. Третє моделювання проводилося з встановленим світлофорним об'єктом з однаковою тривалістю світлофорного циклу, але змінною тривалістю дозвільного сигналу (від 10 с до 40 с), та вхідним потоком інтенсивністю 800 авто/год.

За першого моделювання черги не утворювались, проте було отримано значення зайнятості Θ_p за різних значень інтенсивності потоку. В результаті другого та третього моделювання отримано значення загальної зайнятості ділянки мережі $\Theta_{\text{заг}}$ на різній відстані від стоп-лінії та відповідні довжини черги. Після цього, маючи значення зайнятості від руху потоку та значення загальної зайнятості, було обчислено значення зайнятості ділянки мережі від черги Θ_q на різній відстані від стоп-лінії.

За малих значень інтенсивності черга на відстані понад 100 м до перехрестя практично ніколи не утворюється ($\Theta_q \rightarrow 0$). Тому для встановлення залежності зайнятості від довжини

черги було використовувались дані з детекторів, встановлених на відстані 20, 40 60 80 та 100 м перед стоп-лінією. Крім цього, з результатів другого та третього моделювання було відкинуто значення зайнятості, які відповідали затору, коли в кожному циклі були автомобілі, які не встигали проїхати перехрестя за перший дозвільний сигнал світлофора.

Встановлено, що залежності довжини черги від місця розташування детектора та значення зайнятості є лінійними. Рівняння прямих, які апроксимують експериментальні результати, встановлено з використанням регресійного аналізу (x – значення зайнятості ділянки мережі від черги):

$$\text{- для 20 м:} \quad y_{20} = 216,57 \cdot x + 4,895; \quad (3)$$

$$\text{- для 40 м:} \quad y_{40} = 307,46 \cdot x + 16,567; \quad (4)$$

$$\text{- для 60 м:} \quad y_{60} = 379,20 \cdot x + 23,302; \quad (5)$$

$$\text{- для 80 м:} \quad y_{80} = 520,37 \cdot x + 26,053; \quad (6)$$

$$\text{- для 100 м:} \quad y_{100} = 631,82 \cdot x + 34,519. \quad (7)$$

Отже, існує тісний зв'язок між зайнятістю ділянки мережі перед стоп-лінією та довжиною черги. Детектор транспорту доцільно встановлювати на відстані 20-100 м перед перехрестям, оскільки при цьому є можливість оцінити довжину черги як за малої інтенсивності руху (менше 600 авто/год), так і за великої. Для цього потрібно від значення загальної зайнятості $\Theta_{заг}$, яке розраховується за інформацією з детектора, відняти значення зайнятості від руху Θ_p , яке є постійним значенням і визначається поточним значенням інтенсивності руху, яка фіксується цим же детектором. Після цього, маючи значення Θ_q та відстань між детектором та стоп-лінією, за рівняннями (3)-(7) можна оцінити довжину черги.

Прогнозоване значення довжини черги можна використовувати для адаптивного керування рухом на регульованому перехресті, зміни програми керування та для виявлення блокування попереднього перехрестя.

Література:

1. Брайловский Н.О. Управление движением транспортных средств / Н.О. Брайловский, Б.И. Грановский. - М.: Транспорт, 1975. – 112 с.
2. Иносэ Х. Управление дорожным движением; пер. с англ. / Х. Иносэ, Т. Хамада // под ред. М.Я. Блинкина - М.: Транспорт, 1983. – 248 с.
3. Могила І.А. Адаптивний алгоритм керування рухом на регульованому Т-подібному перехресті та його ефективність / І.А. Могила, М.А. Дяк, І.Є. Шварик // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – 2013. – № 1. – С. 61-68.
4. Могила І.А. Підвищення ефективності функціонування ізольованих регульованих перехресть з адаптивним алгоритмом керування: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01 / Ігор Андрійович Могила. – К.: НТУ, 2014. – 168 с.
5. Syed Masiur R. Review of the fuzzy logic based approach in traffic signal control: prospects of Saudi Arabia / Rahman Syed Masiur, Ratroun Nedal T. // Journal of transportation Systems engineering and information Technology. – 2009. – Vol. 9 (5). – pp. 58-70.
6. Єресов В.І. Аналіз перехідних процесів в транспортному потоці / В.І. Єресов, О.В. Григор'єва // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – 2014. – № 45. – С. 176-182.
7. Пржибыл П. Телематика на транспорте; пер. с чешского / П. Пржибыл, М. Свитек // под ред. проф. В.В. Сильянова - М.: МАДИ (ГТУ), 2003. – 540 с.