

Дідківська Л.С.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА КРИТЕРІЇВ СТАЦІОНАРНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ

Анотація. Оцінка впровадження світлофорного регулювання через коефіцієнт завантаження дороги та його аналіз.

Ключові слова: світлофор, регулювання, інтенсивність руху.

Аннотация. Оценка внедрения светофорного регулирования через коэффициент загрузки дороги и их анализ.

Ключевые слова: светофор, регулирования, интенсивность движения.

Abstract. Evaluation of the implementation of traffic light control because the load factor and the way his analysis.

Keywords: traffic light regulation of traffic.

Сучасні умови, в яких функціонують перехрестя, дозволяють розглядати методи гнучкого регулювання (МГР) дорожнім рухом (ДР) як перспективні та актуальні. В той же час значна вартість обладнання, задіяна до реалізації таких алгоритмів, висуває задачу техніко-економічної доцільності їх впровадження. Ці питання ширше розглянуто в [1]/

Очевидним є той факт, що питання впровадження світлофорного регулювання (СФР) пов'язано з рівнем завантаження напрямків [2]. Оцінити його пропонується через коефіцієнт завантаження дороги рухом Z , що дорівнює відношенню фактичної інтенсивності до пропускної здатності напрямку. Коефіцієнт може приймати значення від 0 до 1 [3]. Крім того вводиться поняття стаціонарності транспортного потоку, що дає змогу оцінити відхилення у кількості надходження транспортних засобів до перехрестя за одиницю часу [4].

Сутність гнучких методів СФР полягає у тому, що режими світлофорного регулювання на перехрестях вулично-дорожньої мережі (ВДМ) не

характеризуються сталими у часі значеннями тактів, фаз і циклу регулювання, що звичайно задаються програмним шляхом, а автоматично змінюються у залежності від реальних умов і змін характеристик дорожньоруку руху (швидкості, інтенсивності, щільності, інтервалів тощо) в кожному циклі регулювання [5].

Для удосконалення оцінки стаціонарності інтенсивності $N(t)$ було застосовано елементи кореляційного аналізу. Зокрема, розраховано і проаналізовано значення функції кореляції на напрямках при різних рівнях завантаження. Збір статистичних даних відбувався під час дослідження на ВДМ м. Києва. З метою визначення і подальшого аналізу динаміки процесу $N(t)$ було проведено низку натурних експериментів. За класифікацією, наведеною в [6] їх можна охарактеризувати наступним чином: регулярність проведення – цільова, вид досліджуваного транспорту – автомобільний, характеристики, що визначаються – інтенсивність руху, кількість облікових пунктів – 2, місце проведення – трасовий, спосіб виконання – прямий (напівавтоматичний), обсяг досліджень – шляхом вибору з комплексу.

Зручними характеристиками динаміки випадкового процесу (до якого можна віднести і процес зміни інтенсивності руху $N(t)$) є його параметрична автокореляційна функція $R_x(t; \tau)$, надалі – функція кореляції. Вона відображає статистичну залежність значень процесу $N(t)$ в даний момент часу t від його значень в інші моменти часу $(t+\tau)$ і визначається виразом [4]:

$$R_x(t_1; t_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x_1 x_2 f(x_1; x_2; t_1; t_2) dx_1 dx_2 \quad (1)$$

Де t_1 і t_2 моменти часу, між якими визначається статистичний взаємозв'язок випадкових величин x_1 і x_2 . Для дослідження випадкових процесів, до яких відноситься і $N(t)$, застосовують формулу виду:

$$R_x(t_1; t_2) = M\{x(t_1)x(t_2)\} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^N x(t_1)x(t_2) \quad (2)$$

Де N – кількість реалізацій випадкового процесу; $x(t_1)$; $x(t_2)$ – значення $x(t)$ в моменти часу t_1 і t_2 , відраховуваний від початку кожної реалізації.

Одержані дані від проведених натурних експериментів проаналізовано, а результати обчислень за формулою (2) приведені до одиниці і наведені у графічному вигляді (Рис.1) (для дослідження на одному об'єкті ВДМ) :

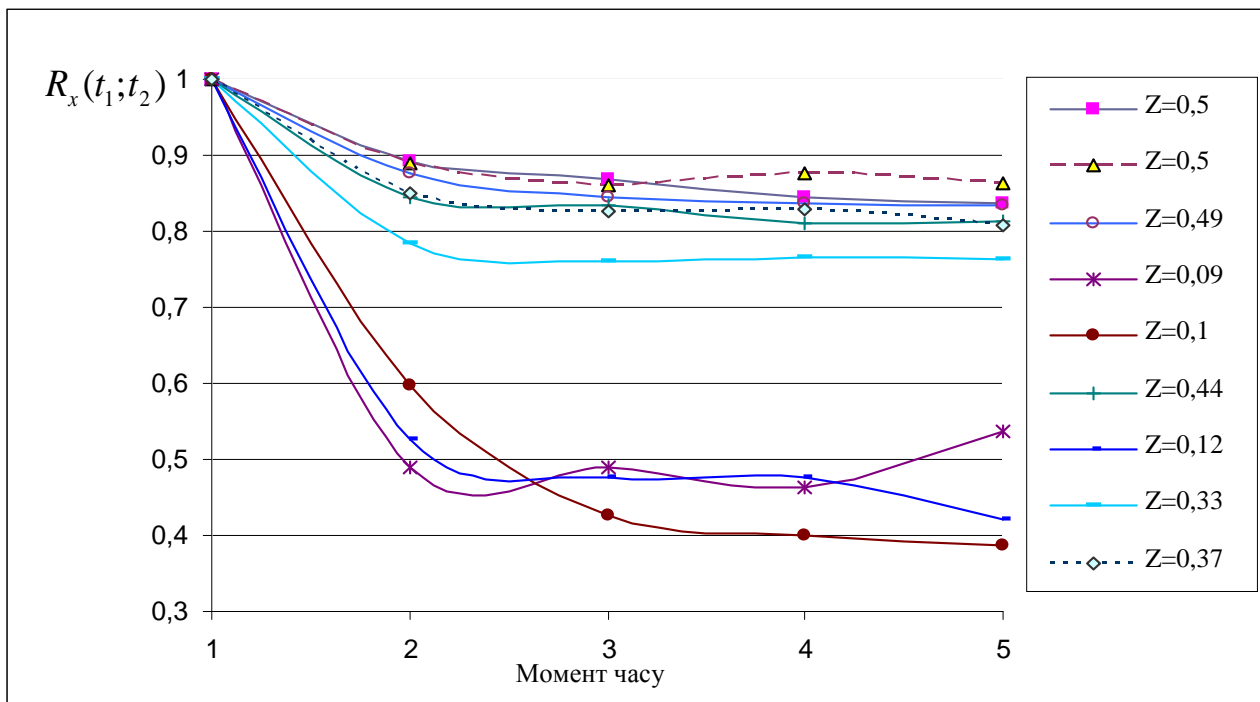


Рис.1. Графіки функцій кореляції випадкового процесу $N(t)$ для обраного об'єкту ВДМ

З графіка витікає, що зі збільшенням завантаження ВДМ (відображає значення коефіцієнту Z) сімейство кривих функції кореляції вказує на підвищення рівня стаціонарності процесу зміни інтенсивності $N(t)$. В аспекті обґрунтування доцільності впровадження гнучких методів СФР це підтверджує некоректність існуючих рекомендацій наведених в [7].

Оскільки основною задачею МГР є оптимізація режиму СФР шляхом дозавантаження ненасичених фаз циклу, доцільно проаналізувати зміни інтенсивності транспортного потоку протягом проміжків часу, близьких до тривалості фази та циклу СФР. В процесі проведення експеримента приймалися інтервали 50 секунд, що розбивалися на 5 відрізків часу з дискретністю 10 с. Розглянутий транспортний потік є вільним від впливу збурення сусідніми світлофорними та іншими об'єктами ВДМ (забезпечується значною віддаленістю, що становить – 1 км 800 м).

Поведінку випадкового процесу $N(t)$ можливо кількісно оцінити і за допомогою інших, більш простих характеристик. Задача кількісної оцінки динаміки випадкового процесу $N(t)$ може бути оцінена і більш простим способом, наприклад, за коефіцієнтом рівномірності, описаним в [8]. Установлено, що за декілька послідовних часових інтервалів рівність результатів при вимірюванні інтенсивності руху практично не спостерігається.

Інтенсивність руху протягом послідовних вибірок коливається в певних межах причому на одному з інтервалів вона приймає максимальне значення. Для врахування явища розкиду значень інтенсивності руху за внутрішньогодинні відрізки часу використовується коефіцієнт внутрішньогодинної рівномірності дорожнього руху. Він визначається як відношення фактичної годинної інтенсивності руху до максимально можливої, тобто розрахованої з припущення, що за усі послідовні вибірки інтенсивність руху однакова і дорівнює максимально зафіксованій, тобто:

$$f_s = \frac{\Delta n_1 + \Delta n_2 + \Delta n_3 + \dots + \Delta n_m}{m \Delta n_{\max}}, \quad (3)$$

де Δn_i – інтенсивність руху, зафіксована у вибірці Δi ; $i = 1, 2, 3, \dots, m$,

Δn_{\max} – максимальне значення інтенсивності в серії з m вибірок.

Ще однією з величин, здатних характеризувати динаміку інтенсивності дорожнього руху є коефіцієнт варіації інтенсивності [3]. Коефіцієнт варіації I_N визначається як відношення середнього квадратичного відхилення інтенсивності руху до її математичного очікування в діапазоні вимірювання (реалізації), тобто

$$I_N = \frac{\sigma_N}{M[N(t)]}, \quad (4)$$

де σ_N – середнє квадратичне відхилення (стандарт) інтенсивності руху.

Коефіцієнт варіації $0 \leq I_N \leq 1$ характеризує ступінь відносного відхилення випадкової величини від її середнього значення. Чим менше коефіцієнт варіації, тим більш детермінований стохастичний процес і навпаки – чим більший коефіцієнт варіації, тим більша випадкова складова процесу $N(t)$ [9].

Також проведено оцінку стаціонарності процесу $N(t)$ методом запропонованим в роботі [4]. на базі розрахунків за формулою (5) шляхом порівняння одержаних результатів з заданим граничним значенням критерію $\alpha_{\text{дон}}$.

$$\frac{\sigma_M}{M\{M[N(t)]\}} \leq \alpha_{\text{дон}}, \quad (5)$$

де $\alpha_{\text{дон}} = 0,05$ – задане граничне значення критерію.

$M[N(t)]$ – середнє значення для інтервалу;

$M^*\{M[N(t)]\}$ – середнє значення для всієї реалізації процесу $N(t)$; σ_M - середнє квадратичне відхилення отриманих значень $M[N(t)]$ відносно $M^*\{M[N(t)]\}$. Позначимо критерій стаціонарності за [4] як $\frac{\sigma_M}{M\{M[N(t)]\}} = \alpha$.

Графіки параметрів f_s , I_N та α до Z , що в свою чергу характеризує рівень стаціонарності, зображено на рис.2.

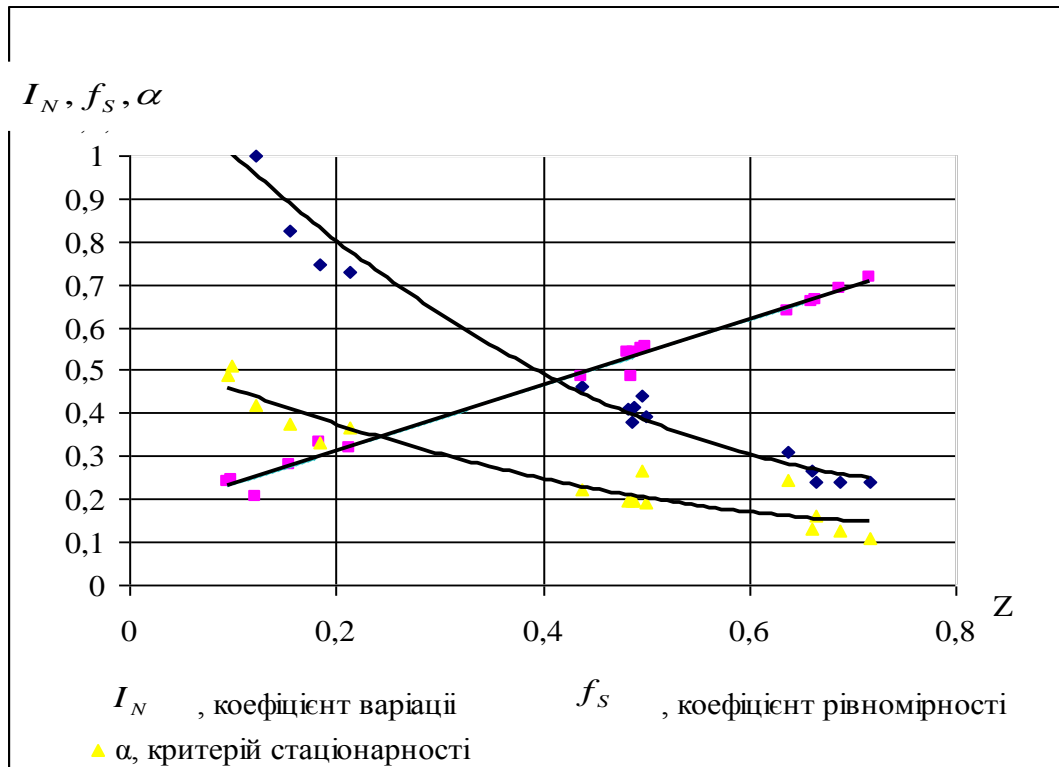


Рис.2. Графіки залежності коефіцієнту варіації I_N , коефіцієнту рівномірності f_s та критерію стаціонарності α від рівня завантаження Z

З графіка видно, що характер залежності $f_s(Z)$ носить лінійний характер, а величини Z та f_s прямо пропорційні, натомість залежності $I_N(Z)$ і $\alpha(Z)$ нелінійні, обернено пропорційний. Значення критерію α у полі значень вибірки екперимента змінюються від 0,1 до 0,5, тобто повністю в нестаціонарному режимі згідно рівняння (5).

Порівняльний аналіз величин $\frac{\Delta f_s}{\Delta Z}$, $\frac{\Delta I_N}{\Delta Z}$, $\frac{\Delta \alpha}{\Delta Z}$ показав, що коефіцієнт варіації найбільш чутливий до зміни рівня завантаження, а отже, і ступеню стаціонарності.

Висновки

1. Чим вище рівень завантаження ВДМ, тим вище ступінь стаціонарності випадкового процесу $N(t)$.
2. Дані натурного спостереження показали, що при рівні завантаження від 0,1 до 0,7 процес $N(t)$ зберігає нестаціонарний характер з тенденцією описаною в пункті першому даних висновків.
3. Характер залежності $f_s(Z)$ носить лінійний характер, а величини Z та f_s прямо пропорційні, натомість залежності $I_N(Z)$ і $\alpha(Z)$ нелінійні, обернено пропорційний.
4. Аналіз чутливості обраних параметрів оцінки характеру транспортного потоку показав, що коефіцієнт варіації є найбільш чутливим до зміни рівня завантаження ВДМ, а значить і рівня стаціонарності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дидковская Л.С. Определение критериев целесообразности внедрения методов гибкого регулирования. Вместе к эффективному дорожному движению. Сборник научных статей Международной научно-практической конференции. БНТУ. Минск – 2008. - С. 80-85.
2. Єресов В.І., Дідківська Л.С. Ефективність засосування гнучких технологій світлофорного регулювання на перехрестях. Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту. Науковий журнал. – Д.: ПП «РВФ Молнія», 2009. -№1. – С. 92-97.
3. Сильянов В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог.- М.: Транспорт, 1984.- 287 с
4. Михайленко В.И., Четверухин Б.М. Управление дорожным движением на автомобильных дорогах.-Урожай, 1991-200с.
5. Єресов В.І., Дідківська Л.С. Оцінка стабільності потоків надходження в інтелектуальних технологіях світлофорного регулювання. Сборник научных статей Международной научно - практической конференции «Безопасность движения и автомобильные дороги. Проблемы, перспективы». Харьков: ХНАДУ, 2009.
6. Гаврилов Е.В., Дмитриченко М.Ф., Лановий О.Т., Поліщук В.П. Системологія на транспорті. У 5 кн./за заг. Ред. М.Ф.Дмитриченка. Кн. IV: Організація дорожнього руху. - Київ: Знання України, 2006.
7. Руководство по проектированию и внедрению АСУД на базе АСС-УД. – М.: ВНИИБД, 1981
8. Рэнкин В.У., Клафи П., Халберт С. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения. Пер. с англ.-М.:Транспорт, 1981.-592с.