

УДК 625.7

**ОРГАНІЗАЦІЯ ЗБОРУ ІНФОРМАЦІЇ ПРО СТАН ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ  
В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ РУХУ****Є.Б. Угненко, професор, д.т.н., О.Н. Тимченко, аспірант,  
Ю.К. Угненко, студент, ХНАДУ**

*Анотація.* Пропонується удосконалення методики організації дискретного за часом збору інформації про стан транспортного потоку відповідно заданій дисперсії похибки оцінки їх стану.

*Ключові слова:* транспортний потік, автоматизована система управління, автокореляційна функція, збір інформації, дисперсія.

**ОРГАНИЗАЦИЯ СБОРА ИНФОРМАЦИИ О СОСТОЯНИИ ТРАНСПОРТНЫХ  
ПОТОКОВ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ  
ДВИЖЕНИЯ****Е.Б. Угненко, профессор, д.т.н., О.М. Тимченко, аспирант,  
Ю.К. Угненко, студент, ХНАДУ**

*Аннотация.* Предлагается усовершенствование методики организации дискретного по времени сбора информации о состоянии транспортного потока соответственно заданной дисперсии ошибки оценки их состояния.

*Ключевые слова:* транспортный поток, автоматизированная система управления, автокорреляционная функция, сбор информации, дисперсия.

**ORGANIZATION OF INFORMATION ACQUISITION CONCERNING TRANSPORT  
FLOWS CONDITION IN AUTOMATED TRAFFIC CONTROL SYSTEM****Ye. Ugnenko, Professor, Doctor of Technical Science, O. Tymchenko, graduate,  
U. Ugnenko, student, KhNAHU**

*Abstract.* The improvement of the technique for organisation of discrete according to the time information acquisition concerning the condition of the transport flow according to the set dispersion of error estimation of its condition is offered in the given work.

*Key words:* transport flow, computer control system, autocorrelation function, information acquisition, variance.

**Вступ**

Автоматизована система управління (АСУ) дорожнім рухом дозволяє розв'язати багато проблем, серед яких підвищення ефективності та безпеки транспортного руху, охорона навколишнього середовища, підвищення швидкості руху та багато інших [1]. Провідну роль у роботі АСУ відіграє інформаційна підсистема, яка проводить збір, обробку і передачу інформації про умови руху.

Серед задач збору інформації про стан транспортних потоків дуже важливим є питання вибору режимів опросу датчиків, що реалізують вимірювання відповідних параметрів руху.

**Мета та задачі дослідження**

У роботі на базі властивостей автокореляційної функції транспортного потоку пропонується методика організації дискрет-

ного за часом збору інформації про стан ТП відповідно заданій дисперсії похибки оцінки їх стану.

Для розв'язання питань дослідження випадкових процесів останнім часом широко застосовною стає знаходить спектрально-кореляційна теорія, що дає теоретичне обґрунтування й кількісну оцінку статистичного зв'язку між двома часовими перерізами центрованого випадкового процесу.

### Удосконалення методики організації дискретного за часом збору інформації

Точність оцінки стану процесу, що контролюється, може бути охарактеризована середньоквадратичним відхиленням  $\sigma_i^2$  реального центрованого випадкового процесу та його відновлюючою функцією  $\bar{x}(t)$ , знайденою на базі результатів дискретних за часом вимірювань  $x(t_i)$  з інтервалом дискретизації  $\tau_0$

$$\sigma_i^2 = M \left[ x(t_i) - \bar{x}(t_i + \tau) \right]^2, \quad (1)$$

де  $\tau$  – дійсний час, що відраховується від моменту останнього вимірювання  $t_i$  при  $\tau \leq \tau_0$ ;  $M$  – символ математичного очікування.

Застосуємо як відновлюючу функцію  $\bar{x}(t)$  поліном нульового ступеня виду

$$\bar{x}(t_i + \tau) = x(t_i) \text{ при } t_i \leq t_i + \tau < t_i + \tau_0. \quad (2)$$

Виходячи з припущення, що при дискретному вимірюванні  $x(t)$  приймається рівень значення на час  $\tau_0$ . У цьому випадку вираз (1) з врахуванням рівняння  $Mx(t_i) = M\bar{x}(t_i + \tau)$  можна записати у виді

$$\begin{aligned} \sigma_i^2 &= 2M \left[ x^2(t_i) - x(t_i)\bar{x}(t_i + \tau) \right] = \\ &= 2 \left[ D_x - R_x(t_i + \tau) \right] = \\ &= 2D_x \left[ 1 - \frac{R_x(t_i + \tau)}{D_x} \right] = 2D_x [1 - \rho_x(t_i + \tau)], \end{aligned} \quad (3)$$

де  $D_x$  – дисперсія процесу  $x(t)$ ;  $\rho_x(t_i + \tau)$  – нормалізована автокореляційна функція процесу  $x(t)$ .

Очевидно, що відносна похибка дискретизації процесу вимірювання буде характеризуватися величиною

$$\eta_i^2 = \frac{\sigma_i^2}{D_x} = 2[1 - \rho_x(t_i + \tau)]. \quad (4)$$

Якщо відомі аналітичний вираз величини  $\rho_x(\tau)$  за заданого  $t_i$ , величина припустимої дисперсії похибки дискретизації  $\eta_i^2$ , можна знайти інтервал часу дискретного опросу  $\tau_0$ , що відповідає умові

$$[\eta_i^2] = 2[1 - \rho_x(t_i)], \quad (5)$$

де  $[\eta_i^2]$  – припустиме значення дисперсії відносної похибки часової дискретизації  $x(t)$ .

Для застосування наведеної методики організації дискретного контролю стану ТП доведемо існування та основні властивості автокореляційної функції ТП за швидкістю руху – одному з найбільш істотних параметрів, що підлягають вимірюванню в системах контролю руху.

Припустимо, що проводиться цифрове вимірювання швидкості  $i$ -го автомобіля  $V_i$ ; при цьому результат вимірювання зберігається до моменту вимірювання  $V_{i+1}$ . У цьому випадку процес, що контролює зміни вихідного сигналу вимірювача швидкості, має аналітичний опис

$$V(t) = V_i \text{ при } t_i \leq t_i + \tau_i < t_{i+1}; \quad i = 1, 2, 3 \dots \quad (6)$$

Знайдемо автокореляційну функцію для  $V(t)$  на базі виразу (1)

$$R_V(t, \tau) = M[V(t_i)V(t_i + \tau)]. \quad (7)$$

Залежно від того, знаходяться моменти часу  $t_i$  й  $(t_i + \tau)$  в одному інтервалі  $\tau_i$  або в різних інтервалах  $\tau_i$  й  $\tau_{i+k}$ , маємо відповідно

$$V(t_i)V(t_i + \tau) = V_i^2 \quad (8)$$

чи

$$V(t_i)V(t_i + \tau) = V_i V_{i+k}. \quad (9)$$

Задаючись певним розподілом моментів часу  $t_i$ , знайдемо середнє у сукупності  $V(t_i)V(t_i + \tau)$ . Оскільки  $V_i$  не залежить від  $V_{i+k}$ , то згідно з [1]

$$M[V(t_i)V(t_i + \tau)] = M[V^2] = D_V + V_{cp}^2, \quad (10)$$

якщо моменти  $t_i$  і  $(t_i + \tau)$  належать одному інтервалу  $\tau_i$ , і

$$M[V(t_i)V(t_i + t)] = [M(V)]^2 = V_{cp}^2, \quad (11)$$

якщо ці моменти належать різним інтервалам  $\tau_i$  і  $\tau_{i+k}$ . В (10) і (11)  $D_V$  – дисперсія швидкостей автомобілів;  $V_{cp}$  – середня швидкість руху.

Припустимо, що ймовірність появи інтервалу між автомобілями  $\tau_i \leq \tau$  визначена як  $P(\tau)$ . Тоді ймовірність того, що  $V(t_i)$  і  $V(t_i + \tau)$  належать одному інтервалу, буде дорівнювати  $P(\tau)$ , а ймовірність того, що  $V(t_i)$  і  $V(t_i + \tau)$  належать різним інтервалам  $\tau_i$  і  $\tau_{i+k}$  дорівнюватиме  $[1 - P(\tau)]$ . У цьому випадку формула (7) з урахуванням (10) і (11) набуде виду

$$R_v(t_i, \tau) = M[V(t_i)V(t_i + \tau)] = (D_V + V_{cp}^2)P(\tau) + V_{cp}^2[1 - P(\tau)]. \quad (12)$$

Після нескладних перетворень остаточно маємо

$$R_v(\tau) = D_V P(\tau) + V_{cp}^2. \quad (13)$$

Виходячи з формули (13), можна зробити висновок, що  $R_V(\tau)$  не залежить від початкового моменту вимірювання і визначається лише значенням середньої швидкості руху, дисперсією швидкостей автомобілів та ймовірністю розподілу інтервалів руху автомобілів. Зокрема при опису  $P(\tau)$  експоненціальним законом розподілу виду

$$P(\tau) = e^{-\lambda|\tau|}, \quad (14)$$

де  $\lambda$  – інтенсивність руху, вираз для  $R_V(\tau)$  набуде виду

$$R_V(\tau) = D_V e^{-\lambda|\tau|} + V_{cp}^2. \quad (15)$$

Для центрованого процесу  $V(t) = V(t) - V_{cp}$ , що фізично являє собою варіації швидкостей руху окремих автомобілів відносно середнього значення швидкості руху, автокореляційна функція матиме вид [1]

$$R_V(\tau) = R_V(\tau) - \{M[V(t)]\}^2 = D_V e^{-\lambda|\tau|}, \quad (16)$$

а нормалізована автокореляційна функція

$$\rho_V(\tau) = e^{-\lambda|\tau|}. \quad (17)$$

Тоді вираз (5), що зв'язує відносну похибку оцінки швидкості руху і часу опросу датчика швидкості в автоматизованій системі контролю руху, запишеться як

$$[\eta_t^2] = 1 - e^{-\lambda\tau_0}. \quad (18)$$

При цьому процес, що контролює зміни швидкості руху, відновлюється у системі контролю функцією

$$V(t_i + \tau) + V(t_i) \text{ при } i = 1, 2, 3, \dots, \tau \leq \tau_0. \quad (19)$$

За обраного значення відносної похибки  $[\eta_t^2]$  інтервал часу  $\tau_0$  залежить від інтенсивності руху автотранспорту, що приводить до необхідності адаптації системи контролю до змінних умов руху.

## Висновки

Таким чином, знання автокореляційної функції параметру руху, що контролюється, дозволяє мінімізувати обсяг необхідної вимірювальної інформації в системі контролю й організувати адаптивний режим збору інформації в умовах змінної інтенсивності дорожнього руху.

## Література

1. Сташочкович В.О. Математическое моделирование транспортных потоков / В.О. Сташочкович. – К. : Либідь, 2000. – 320 с.

Рецензент: О.П. Алексієв, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 30 червня 2010 р.