

УДК 656.13

Двібородчин І. П., завідувач відділення транспортних технологій (Харківський автомобільно-дорожній технікум, м. Харків),
Кристочук М. Є., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ДОСЛІДЖЕННЯ МИТТЄВИХ ШВИДКОСТЕЙ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ВУЛИЧНО-ДОРОЖНІЙ МЕРЕЖІ

Розглядаються математичні моделі визначення розподілу миттєвих швидкостей руху транспортних засобів на вулично-дорожній мережі в залежності від умов руху.

Ключові слова: швидкість, ймовірність, закон розподілу випадкових величин.

Вступ.

Зростання автомобільного парку в містах і підвищення інтенсивності дорожнього руху призвели до зниження швидкостей руху, виникнення затримок у транспортних вузлах, погіршення умов руху, підвищення загазованості і рівня шуму в міській забудові, зростання аварійності на вулично-дорожньої мережі.

Забезпечення безпеки руху, скорочення часу на пересування та зручність і комфортність руху є одними із основних завдань організації дорожнього руху. Від того, наскільки чітко розв'язуються такі задачі залежать умови руху, а так, і рівень життя у місті.

Швидкість руху є найважливішим показником дорожнього руху, тому що характеризує його цільову функцію. Вона визначає продуктивність дорожнього руху і є однією із двох його основних цільових функцій (першою є безпека руху). Швидкість руху, заміряна на даному відрізку шляху, називається просторовою, а заміряна в даний проміжок часу – тимчасова. Просторова швидкість, як правило, (близько 1%) нижче, ніж тимчасова, це пов'язане із способом виміру й обробки результатів [1-4].

Найбільш об'єктивною характеристикою швидкості транспортного засобу на дорозі може служити крива, що характеризує її зміну протягом усього маршруту руху.

Однак одержання таких просторових характеристик для безлічі автомобілів, що рухаються, є складним. У практиці організації руху при-

йнято характеризувати швидкість руху транспортних засобів миттєвими її значеннями v_a , зафіксованими в окремих типових точках дороги. Миттєва швидкість транспортного засобу залежить від багатьох факторів і піддається значним коливанням. Кожен водій має широкий вибір швидкостей, який залежить від його індивідуальних особливостей [4-6].

Використавши для теоретичного розподілу нормальний закон (Гауса), можна отримати кілька характеристик: максимальну ординату («мода»); значення середньої швидкості руху транспортного потоку, що відповідає максимальній ординаті; середнє квадратичне відхилення. Такий розподіл має назву одномодальний (рис. 1), оскільки має одну максимальну ординату – моду. При дослідженні швидкості руху транспортного потоку на підйомі дороги або вулиці, яка має дві смуги в одному напрямку, теоретичний розподіл швидкості руху буде мати вигляд (рис. 1), тобто він буде двомодальним [1].

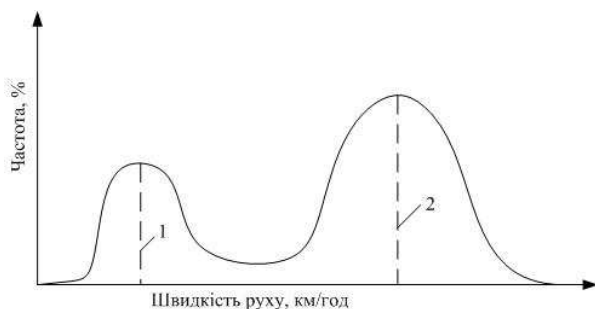


Рис. 1. Теоретичний розподіл швидкості руху на підйомі міської вулиці або дороги: 1 – характерна середня швидкість тихохідної частини потоку; 2 – характерна середня швидкість швидкохідної частини потоку

На швидкість руху впливають багато факторів. Тому основною метою є визначення закону розподілу миттєвих швидкостей руху транспортних засобів на вулично-дорожній мережі.

Рішення задачі

Основними поняттями теорії ймовірностей є подія і її кількісна характеристика – ймовірність події. Під подією розуміють будь-який факт, який може відбутися або не відбутися у результаті деякого експерименту (дослід, випробування).

Щоб кількісно порівняти між собою події за ступенем можливості, до кожної з них необхідно поставити у відповідності визначене число;

із збільшенням величини числа збільшується можливість події.

Частість події (статистична ймовірність події) визначається за формулою

$$r = \frac{m}{n}, \quad (1)$$

де m – кількість появ події;

n – загальна кількість проведених досліджень.

Частість події носить вибірковий характер і може помітно змінюватись від однієї групи дослідів до іншої. Однак, із збільшенням кількості досліджень вона поступово втрачає свій випадковий характер і проявляє тенденцію до стабілізації, тобто наближується з незначним відхиленням до постійної (середньої) величини.

Число, навколо якого прагне стабілізуватись частість події при необмеженій кількості дослідів, називається ймовірністю події [7]. Тому, для наближеної експериментальної оцінки ймовірності події достатньо обчислити її відносну частоту при великій кількості дослідів.

Частість достовірної події, тобто події, яка обов'язково відбудеться за результатами дослідів, завжди рівна одиниці; частість неможливої події, тобто події, яка не відбудеться за результатами дослідів, завжди рівна нулю. У загальному випадку частість випадкової події змінюється від 0 до 1.

Різноманітність випадкових величин досить велика, а множина значень, які вони приймають може бути скінченою, парною, непарною. Більше того, ці значення можуть розміщуватись дискретно або суцільно заповнювати інтервал часової прямої.

Універсальною характеристикою будь-яких випадкових величин є функція розподілу випадкової величини.

Нехай X – випадкова величина і x – довільне дійсне число. Функція $F(x)$ дійсної змінної x рівна ймовірності того, що $X < x$, називається функцією розподілу ймовірності випадкової величини X :

$$F(x) = P\{X < x\}. \quad (2)$$

Випадкові величини позначають великими літерами латинської абетки $\{X, Y, Z, T\}$, а їх можливі значення малими літерами. Для позначення ймовірності події зазвичай використовують латинські літери P або p .

Таким чином, випадковою величиною називається змінна величина, значення якої залежать від випадкових обставин і для якої визначена функція розподілу ймовірностей.

Дискретна випадкова величина – це випадкова величина, яка може приймати кінцеву або численну величину можливих значень [7]. Наприклад, величина швидкості автомобілів транспортного потоку у населеному пункті може вважатися дискретною випадковою величиною, оскільки діє обмеження швидкісного режиму.

Ряд розподілу дискретних випадкових величин можна також представляти графічно. Всі можливі значення випадкової величини відкладаються на осі абсцис, а ймовірності, що відповідають їм – на осі ординат.

Неперервна випадкова величина може приймати незчисленну множину можливих значень, які суцільно заповнюють деякий проміжок, і подати їх у вигляді будь-якої таблиці абсолютно неможливо. Не дивлячись на це, різні інтервали можливих значень випадкової величини є неоднаково ймовірними, і неперервна випадкова величина характеризується розподілом не конкретних значень, а величин інтервалів.

Щільність імовірності неперервної випадкової величини (швидкість) в точці x рівна межі відношення імовірності попадання цієї випадкової величини на елементарну ділянку від x до $x + \Delta x$ до довжини цієї ділянки Δx , коли Δx прямує до 0.

$$f(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{P(x < X < x + \Delta x)}{\Delta x} . \quad (3)$$

Відповідно, щільність імовірності $f(x)$ вказує на те, як часто появляється випадкова величина біля точки x при багатократному повторенні досліду.

При розв'язанні багатьох практичних завдань часто достатньо вказати лише окремі числові параметри, які характеризують суттєві особливості того або іншого розподілу. Перша із вказаних характеристик, що визначає положення випадкової величини на числовій осі, називається математичним очікуванням (середнім значенням) $M[X]$ випадкової величини.

Для дискретної випадкової величини X що приймає можливі значення $x_1, x_2, \dots, x_n, \dots$ із ймовірностями $p_1, p_2, \dots, p_n, \dots$,

$$M[X] = m_x = a = x_1 p_1 + x_2 p_2 + \dots + x_n p_n \dots = \sum_i x_i p_i . \quad (4)$$

Відповідно, математичним очікуванням дискретної випадкової величини називається сума добутків всіх можливих значень випадкової величини на ймовірність цих значень [1, 5].

Дисперсією випадкової величини називається математичне очікування квадрату відхилення величини від її математичного очікування

[3], тобто:

$$D[X] = D_x = M \left[(X - a)^2 \right]. \quad (5)$$

Дисперсія дискретної випадкової величини виражається формулою:

$$D[X] = \sum_i (x_i - a)^2 p_i. \quad (6)$$

На практиці часто використовується інша числова характеристика випадкової величини – середнє квадратичне відхилення [3, 5], що представляє собою позитивний квадратний корінь з її дисперсії:

$$\sigma = \sqrt{D(X)}. \quad (7)$$

Дані з визначеними швидкостями занесли у таблицю визначеної форми (табл. 1).

Аналіз статистичних даних полягає в об'єднанні найбільш близьких за значенням результатів в розряди. Таке об'єднання називають зведенням.

В табл. 2 приведено основні етапи розрахунку щільності розподілу.

Таблиця 1

Результат вимірювання швидкості на перегоні

| Напрямок руху до центру | | Напрямок руху від центру | |
|-------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|
| Потік 1 | | Потік 2 | |
| Номер заміру | Швидкість, км/год. | Номер заміру | Швидкість, км/год. |

Таблиця 2

Результати зведення за транспортного потоку

| № з/п | Розряд швидкості, ΔV | Середина інтервалу | Зведення | Частота | Частість | Накопичення, $F(V)$, % | Щільність | |
|-------|------------------------------|--------------------|----------|---------|----------|-------------------------|-------------------|---------------------|
| | | | | | | | Емпірична p_i^* | Теоретична $f(V_i)$ |

На перегоні вул. Сумської, м. Харкова були виявлені наступні розподіли миттєвих швидкостей руху транспортних засобів (рис. 2-5).

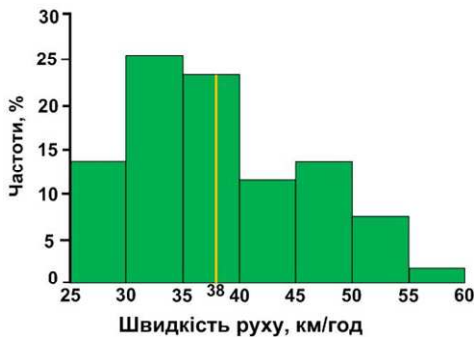


Рис. 2. Гістограма інтервального розподілу швидкості транспортного потоку № 1 (напрямок руху до центру)

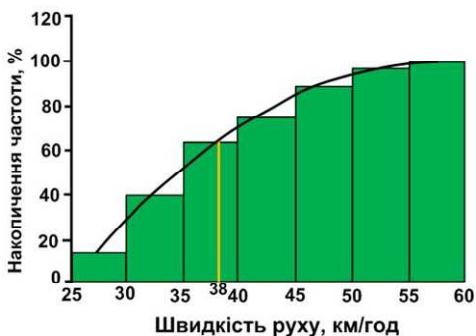


Рис. 3. Кумулята інтервального розподілу швидкості транспортного потоку № 1 (напрямок руху до центру)

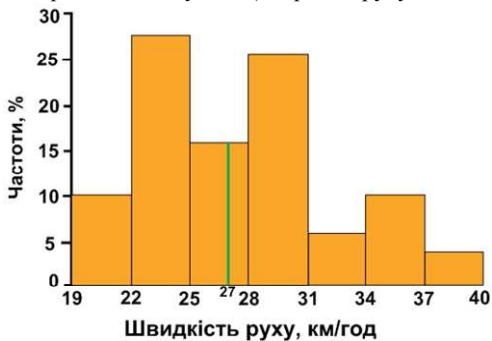


Рис. 4. Гістограма інтервального розподілу швидкості транспортного потоку № 2 (напрямок руху від центру)

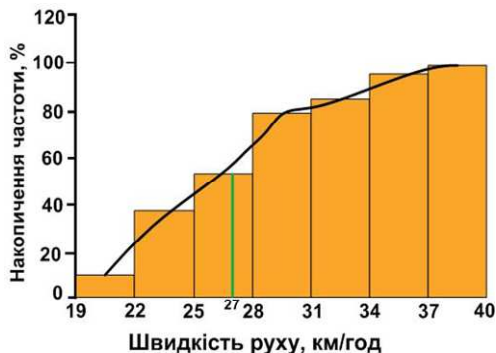


Рис. 5. Кумулята інтервального розподілу швидкості транспортного потоку № 2 (напрямок руху від центру)

Висновки з дослідження і перспективи подальших досліджень у даному напрямку.

Проаналізувавши дані натурних спостережень на вулично-дорожній мережі м. Харкова можна зробити такі висновки:

- перехрестя мають складну конфігурацію, що, разом з відсутністю дорожньої розмітки, ускладнює проїзд через них;
- через велику інтенсивність руху на перехрестях спостерігається утворення заторів на підходах;
- спостерігаються черги автомобілів на другорядному напрямку, спричинені недостатньо тривалими інтервалами між автомобілями в потоці на головному напрямку;
- через перехрестя здійснює рух трамвай, що призводить до зниження швидкості руху транспортного потоку під час проїзду перехрестя та утворення затримок руху;
- на перегоні вулиці Сумської середня швидкість транспортного потоку № 1 (до центру) становить 38 км/год., а потоку № 2 (від центру) – 27 км/год. Різницю середньої швидкості в обох напрямках можна пояснити наявністю поздовжнього ухилу на перегоні, та різницею складу потоків;
- в складі транспортного потоку є значна частка громадського транспорту, що пояснюється існуючою транспортною мережею міста;
- також незручності в русі спричиняють автомобілі, припарковані в межах перехрестя, та зупинки громадського транспорту, що розташовані на вулиці.

1. Коноплянко В. И. Организация и безопасность дорожного движения: Учебник для вузов. – М. : Транспорт, 1991. – 183 с. 2. Лобашов О. О. Практикум з дисципліни «Організація дорожнього руху»: Навчальний посібник. /

О. О. Лобашов, О. В. Прасоленко. – Х. : ХНАМГ, 2011. – 221 с. **3.** Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность дорожного движения. – М. : Транспорт, 1993. – 271 с. **4.** Системологія на транспорті. Організація дорожнього руху [Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.] ; за ред. М. Ф. Дмитриченка. – К. : Знання України, 2007. – 452 с. **5.** Поліщук В. П. Організація та регулювання дорожнього руху: Підручник. / за заг. ред. В. П. Поліщука; О. О. Бакуліч, О. П. Дзюба, В. І. Єресов, О. В. Красильнікова, О. В. Христенко. – К. : Знання України, 2012. – 467 с. **6.** Клишковштейн Г. И., Афанасьев М. Б. Организация дорожного движения: Учеб. для вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 2001. – 247 с. **7.** Галушко В. Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте. – К. : Вища школа, 1976. – 232 с.

Рецензент: к.т.н., доцент Гавриш В. С. (НУВГП)

Dviborodchyn I. P., Head of the Department of Transport Technologies
(Kharkiv Automobile and Road Technical School, Kharkiv),
Krystopchuk M. E., Candidate of Engineering, Associate Professor
(National University of Water Management and Nature Resources Use,
Rivne)

RESEARCH OF INSTANT VELOCITY OF THE VEHICLE ON THE ROAD NETWORK

We consider the mathematical model for determining the distribution of instantaneous speeds of vehicles on the road network, depending on traffic conditions.

Keywords: speed, the probability distribution law of random variables.

Двибородчын І. П., заведуючий відділенням транспортних технологій (Харьковский автомобильно-дорожний технікум, г. Харьков), **Кристючук М. Е., к.т.н., доцент** (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ИССЛЕДОВАНИЕ МГНОВЕННОЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА НА УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ

Рассматриваются математические модели определения распределения мгновенных скоростей движения транспортных средств на улично-дорожной сети в зависимости от условий движения.

Ключевые слова: скорость, вероятность, закон распределения случайных величин.
