

Рябушенко О.В.¹, Данець С.В.², Склярів М.В.³¹ Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна² Харківський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України, Харків, Україна³ Національної академії Національної гвардії України, Харків, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКОСТЕЙ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ

Стаття присвячена методам отримання та аналізу даних про швидкість руху транспортних засобів. Порівняльний аналіз відомих методів фіксації швидкості показує, що не всі вони можуть ефективно використовуватися при проведенні наукових досліджень через специфічні вимоги до трудомісткості та точності отриманих результатів. Широке розповсюдження на вулично-дорожній мережі міст систем відеоспостереження дає можливість для дослідження швидкісного режиму руху транспортних засобів без використання коштовного обладнання та спеціалізованого програмного забезпечення. Запропонована методика передбачає використання відеозапису руху транспортного потоку на ділянці вулиці та потребує лише попереднього вимірювання відстаней в місці встановлення камери з використанням лазерного дальноміру. В статті наведено результати дослідження швидкості руху транспортних засобів на двох ділянках вулично-дорожньої мережі міста Харкова. Перша ділянка розташована в центральній частині міста, друга – на магістральній вулиці загальноміського значення. Були отримані графіки розподілу швидкостей руху транспортних засобів та розраховані статистичні характеристики розподілів. Розподіли швидкостей руху транспортних засобів виявилися близькими до нормального закону та показали наявність кореляції між статистичними характеристиками розподілів та функціональним призначенням вулиць міста. На ділянці вулиці в центральній частині міста середня та модальна швидкості були нижчими, ніж на ділянці магістральної вулиці. Також виявилось, що значна частина водіїв на ділянці магістральної вулиці рухалися із перевищенням дозволеної швидкості. Результати підтвердили можливість використання запропонованої в статті методики дослідження швидкостей транспортних засобів.

Ключові слова: дорожній рух, швидкість руху, вимірювання швидкості, обробка відеозапису.

ВСТУП

Управління швидкісним режимом руху транспортних засобів залишається однією з найважливіших завдань, що стоять перед фахівцями, що працюють у сфері організації та безпеки дорожнього руху в усьому світі, і потребує використання обґрунтованих і комплексних заходів. Дані про розподіл швидкостей на ділянках вулиць та доріг є обов'язковою складовою в системах моніторингу та управління дорожнім рухом. Важливим фактором є те, що, на відміну від інших складових, швидкість руху автомобіля є фізичною величиною, а не умовним параметром моделі транспортного потоку, тому вона може бути безпосередньо об'єктивно встановлена шляхом фізичного вимірювання з використанням спеціальних приладів. До того ж, швидкість – єдиний параметр транспортного потоку, що може сприйматися водієм в процесі керування транспортним засобом.

Наявність достовірної інформації про реальний швидкісний режим на ділянках вулично-дорожньої мережі (ВДМ) міст та автомобільних доріг також є необхідною умовою для ефективного управління безпекою дорожнього руху. Різноманітні системи та технології вимірювання швидкості широко застосовуються для моніторингу та контролю дотримання водіями встановлених обмежень швидкості, багато з таких систем працюють в повністю автоматичному режимі.

Конкретне призначення системи висуває специфічні вимоги до використовуваних методів та технічних засобів фіксації швидкості. Наприклад, в елементах систем моніторингу та управління дорожнім рухом зазвичай постає завдання якісної оцінки стану транспортного потоку на ділянках вулиць та доріг. Оскільки при цьому проводиться знеособлена масова фіксація швидкості транспортних засобів, може використовуватися широка номенклатура детекторів транспорту, заснованих на різних фізичних принципах. При цьому зазвичай не висувається високих вимог до точності кожного окремого виміру.

При контролі дотримання швидкісного режиму, навпаки, однією з основних вимог виступає точність фіксації швидкості окремого транспортного засобу з його обов'язковою ідентифікацією. В системах автоматичного контролю при цьому широко використовуються технології аналізу відеообразів.

Окремою проблемою є вимірювання фактичної швидкості транспортних засобів при проведенні наукових досліджень, перш за все, через специфічні вимоги до вартості, трудомісткості та точності експерименту. Досліднику важливо враховувати переваги та недоліки існуючих технологій отримання даних, щоб обрати найбільш ефективні з них, з урахуванням наявних ресурсів, часу та потрібної точності результатів вимірювання.

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

В опублікованих наукових роботах можна побачити значне різноманіття методів дослідження фактичних швидкостей транспортних засобів, що відрізняються як пристроями фіксації швидкості, так і технологією обробки даних. При проведенні наукових досліджень в окремих випадках можуть використовуватися дані систем моніторингу або контролю дорожнього руху, але в більшості випадків вчені мають справу з разовими вимірюваннями на спеціально обраних ділянках вулиць та доріг, які проводяться невеликим колективом дослідників.

В цілому, за результатами огляду публікацій, в яких наводилися чи аналізувалися методики вимірювання фактичних швидкостей руху транспортних засобів на ділянках вулиць та доріг в рамках наукових досліджень, їх можна умовно розділити на три групи (рис. 1).

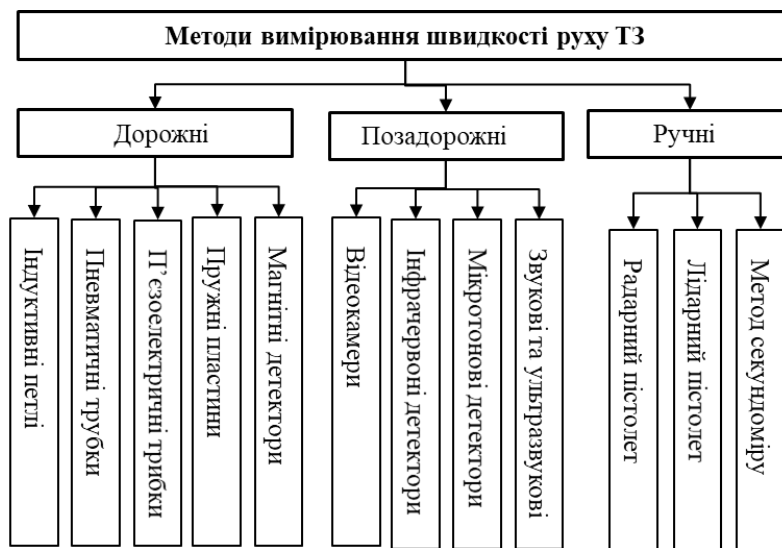


Рисунок 1 – Класифікація методів вимірювання фактичної швидкості транспортних засобів

Класичний способом вимірювання швидкості (метод секундоміру) полягає у фіксації часу, за який транспортний засіб проїжджає заздалегідь виміряний на ділянці дороги мірний відрізок. Хоча такий метод через свою порівняно невисоку точність майже не зустрічається в сучасних наукових публікаціях, від може використовуватися для проведення спрощених досліджень, наприклад, для перевірки певної гіпотези [1].

Вимірювання швидкості транспортних засобів з використанням портативних лідарних або радарних детекторів (пістолетів) знайшли широке використання при проведенні наукових досліджень [2,3]. Вартість таких пристроїв є відносно невисокою, особливо пристроїв радарного типу, а використання є простим та зручним. Пряма фіксація миттєвої швидкості автомобіля усуває потребу у подальшій обробці даних. Разом з тим, певні недоліки певні недоліки даних методів можуть вплинути на трудомісткість та ефективність масштабних досліджень швидкісного режиму. І лідарні, і радарні детектори є ручними пристроями, тому вони вимагають прямої видимості до автомобіля, що наближається, для отримання точних вимірів. Також ці прибори схильні вносити у виміри ефекти косинусної помилки. На показання лідарних і радарних приборів можуть впливати умови довкілля, щільність руху, відстань автомобіля від пристрою, які неможливо точно контролювати. Ще складнішим завданням є те, що лідарні і радарні системи не можуть ефективно фіксувати швидкість декількох транспортних засобів, що рухаються поруч та вимірювати швидкість нижче певних меж. Так, у роботі [4] автори вказали на обмеження описаних методів, яке полягає в тому, що вони не можуть ефективно враховувати дані про декілька транспортних засобів, що рухаються по різних смугах. Отже, ручні прилади для виміру швидкості надають обмежену інформацію про швидкості транспортних засобів.

Друга група методів, яку ми умовно назвали «дорожні» передбачає встановлення чутливих елементів безпосередньо на поверхні проїзної частини, тому їх можна вважати методами автоматизованого детектування транспорту (RealCount системи). Приклади успішного використання таких технологій наведені в роботах [5,6]. До переваг таких методів можна віднести те, що фіксація швидкості відбувається безперервно в пасивному режимі, порівняльно невисоку вартість обладнання при високій точності та тривалості збору даних. Серед недоліків слід відзначити необхідність попереднього монтажу обладнання, що може представляти складність в умовах безперервного транспортного потоку та необхідність отримання попереднього дозволу. Також викликають складнощі при використанні даних методів дослідження в складних дорожніх умовах та на дорогах без покриття, в процесі роботи може спостерігатися руйнування та зношування чутливих елементів шинами автомобілів. Через це, вказану групу методів доцільно використовувати при дослідженнях на великій вибірці транспортних засобів, або моніторингу швидкісних режимів на ділянках доріг протягом тривалого часу.

Наступна група методів заснована на використанні дистанційної фіксації руху транспортних засобів з використанням детекторів або відеокамер. Використання безконтактних детекторів дозволяє уникнути більшості недоліків, характерних для попередньої групи методів, але при цьому значно збільшується вартість обладнання. Останнього недоліку можна уникнути при використанні в якості фіксуючого пристрою відеокамери, що дає змогу проводити зйомку руху транспортного потоку на будь-якій ділянці дороги. При обробці відеозапису вимірювання швидкості руху транспортних засобів проводиться непрямим методом, оскільки швидкість визначається як відношення довжини пройденого шляху до витраченого на його проходження часу. Час проходження ділянки визначається як різниця часів фіксації автомобіля на вході та виході в певному перерізі дроги, тому використання даного методу потребує позначення на ділянці дороги мірної ділянки певної довжини, або проведення точних вимірів відстані між характерними перетинами дороги.

Значним недоліком методики дослідження швидкості шляхом аналізу відеозапису є досить трудомісткий процес обробки даних. Уникнути вказаних недоліків можливо шляхом автоматизацій обробки відеозапису, з використанням спеціального програмного забезпечення. Аналогічні технології використовуються в стаціонарних системах моніторингу дорожнього руху та контролю швидкості [7]. Одним з важливих аспектів автоматизованої обробки даних відеоспостереження є калібрування камери, оскільки місце розташування транспортних засобів у відеозображеннях складає 2-D (розмірність), проте, транспортні засоби у реальному світі являються 3-D об'єктом [8].

Таким чином, обробка зображень при дослідженні швидкостей руху транспортних засобів за даними відеоспостережень є найбільш складним компонентом методики. Це зазвичай вимагає таких технічних дій, як витягання і видалення фону, виявлення транспортних засобів, що рухаються та їх локалізація, видалення тіні автомобіля, нанесення фільтру для корекції зображення [9].

В деяких роботах для виміру швидкості на основі відео аналізують послідовні відеокадри, щоб відстежити транспортний засіб і таким чином виміряти його швидкість [7]. Послідовними етапами при цьому є: локалізація кадрів зображення, виявлення транспортного засобу, що рухається, міжкадрове стеження за транспортним засобом. Також зустрічаються роботи, де для автоматичної обробки відеозапису використовується стороннє програмне забезпечення, яке розпізнає транспортний засіб, що потрапив у поле зору відеокамери та фіксує час його перебування в зоні його розпізнавання [10]. Далі ці дані використовує програмне забезпечення, яке обчислює швидкість автомобіля.

Швидкість транспортного засобу також може вимірюватися на основі порівняння двох послідовних кадрів відеозапису та визначення зміщення транспортного засобу між послідовними кадрами [10, 11]. За величиною зміщення швидкість автомобіля визначалася на основі відомих розмірів об'єкту, до якого виконана прив'язка. При використанні даної технології зроблені звичайною відеокамерою зображення можуть виявитися надмірно розмитими, що завадить процедурі визначення зміщення пікселів, тому така система вимагає використання дорогих камер високої роздільної здатності.

В будь-якому разі, автоматизована обробка відеозапису для визначення швидкості руху автомобілів зазвичай вимагає використання спеціалізованого устаткування та спеціального програмного забезпечення, що значно збільшує вартість проведення досліджень. Тому такі технології доцільно застосовувати при масових дослідженнях або довгостроковому моніторингу зміни швидкості на певних ділянках доріг.

ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для успішного планування та проведення експериментальних досліджень з вимірювання швидкості транспортних засобів в реальних умовах руху важливе значення має вибір раціональної методики, що базується на аналізі існуючого досвіду таких досліджень та врахуванні можливостей, переваг та недоліків різних методів. Якщо у разі проведення наукових досліджень виникає потреба у проведенні разових або повторюваних вимірювань на різних ділянках вулиць та доріг у умовах обмеженого часу або ресурсів, головною вимогою до методики вимірювання стає використання доступних технічних засобів, які не потребують тривалої підготовки експерименту та використання вузькоспеціальних знань в галузі вимірювальної техніки або комп'ютерних технологій.

Таким чином, є актуальним завдання з розробки та апробації різних методів проведення відповідних експериментальних досліджень, тому ціллю даної роботи було апробація спрощеної методики вимірювання швидкості руху транспортних засобів на ділянках ВДМ міста для отримання кривих розподілу швидкостей.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Вимірювання швидкості автомобіля на основі відеоспостереження на даний момент є одними з найбільш перспективним напрямком, що робить такі методики дуже привабливими при проведенні наукових досліджень. В даній роботі пропонується спрощена методика обробки відеозображення, яка не потребує спеціалізованих технічних засобів обробки кадрів. Джерелом відеоматеріалу для методики можуть бути відеокамери зовнішнього спостереження, доступ до яких є вільним. Такі камери встановлені на великій кількості ділянок ВДМ великих міст України та дозволяють цілодобово в безперервному режимі здійснювати моніторинг руху транспортних засобів.

Етапи заповнюваної методики дослідження швидкості транспортних засобів за даними відеозапису та використані при цьому інструментальне та програмне забезпечення наведено на рис. 2.

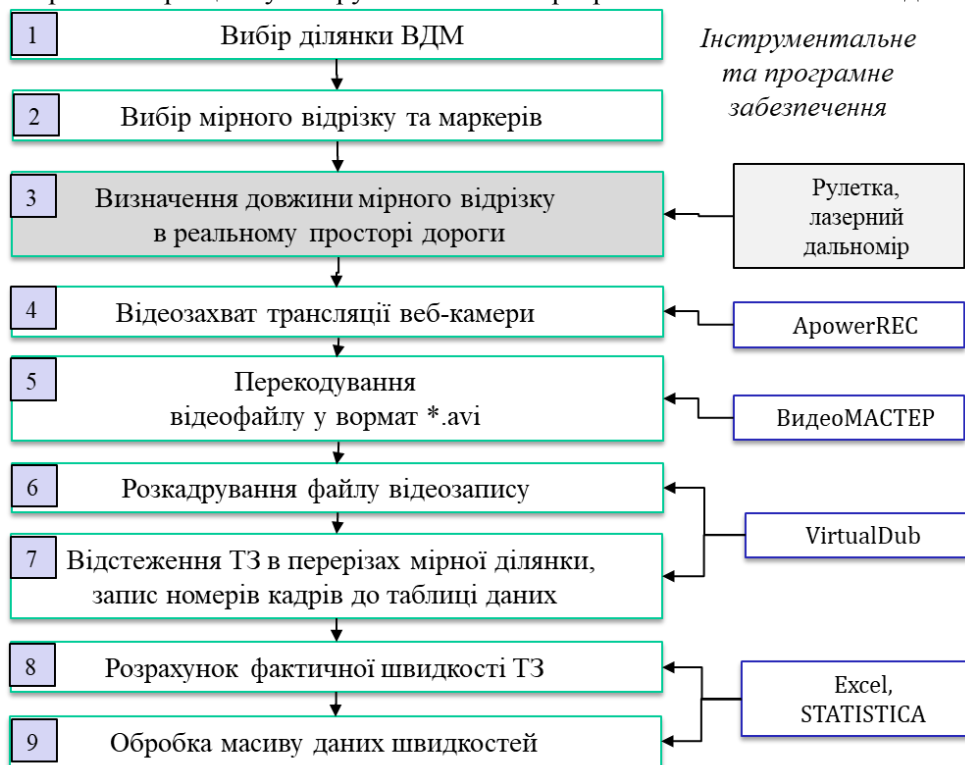


Рисунок 2 – Етапи дослідження та використане інструментальне та програмне забезпечення

Зі схеми видно, що безпосередньо на ділянці вулиці виконується лише етап №3 та лише він потребує використання спеціальних вимірювальних пристроїв. Решта блоків робіт виконуються в умовах офісу, тому вони можуть бути поділені між різними виконавцями. Найбільш трудомістким є етап відстеження транспортних засобів в покадровому режимі, тому резерв майбутнього удосконалення наведеної методики полягає у автоматизації саме цього етапу.

Для перевірки можливості використання запропонованої методики для встановлення параметри швидкісного режиму на ділянках ВДМ міста були обрані дві ділянки на ВДМ міста Харкова. Спостереження проводилися з зовнішніх веб-камер міста, які ведуть трансляцію у безперервному

режимі. Доступ до трансляцій здійснювався з ресурсу <https://uastreaming.net/webcam-online/europe/ukraine/kharkiv-area/>.

Для розрахунків швидкості руху за результатами обробки відеозапису слід визначати час проходження транспортними засобами мірної ділянки відомої довжини, тому необхідною умовою використання запропонованої методики є наявність мірного відрізка в просторі дороги з вимірною довжиною. Мірний відрізок виявляє собою два перерізи дороги, які можна прив'язати до деяких нерухомих стаціонарних об'єктів. Такими об'єктами можуть бути елементи дорожніх споруд, опори освітлення, технічні засоби регулювання руху, тощо. Вибрані маркери мають розташовуватись на приблизно однаковій відстані від краю проїжджої частини дороги. У якості маркерів, за можливості, доцільно обирати лінії дорожньої розмітки. Це дозволяє при обробці відеозображення нехтувати так званою «похибкою перспективи», яка завжди має місце при розташуванні камери не перпендикулярно по відношенню до рухомого об'єкту. З тієї ж причини доцільно фіксувати момент перетину перерізу мірного відрізка саме колесом автомобіля.

На рис. 3 наведено фрагменти відео для двох експериментальних ділянок із позначенням обраних орієнтирів, що позначають границі мірного відрізка.

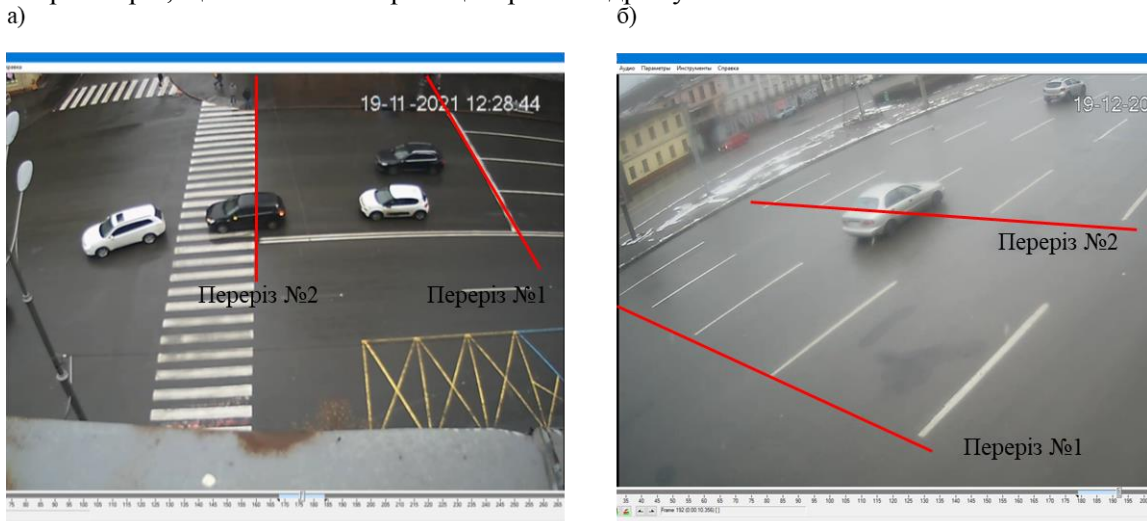


Рисунок 3 – Фрагменти відео із позначенням мірного відрізка для ділянок ВДМ міста Харкова а) вул. Площа Конституції, 7; б) Проспект Героїв Харкова, 256

Слід окремо зупинитися на етапі визначення реальної довжини мірного відрізка в просторі дороги (рис. 4).

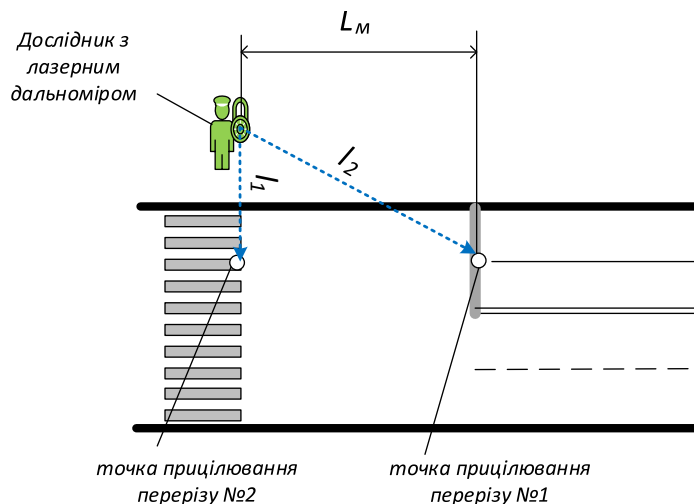


Рисунок 4 – Схема проведення вимірювань для визначення довжини мірного відрізка по вул. Площа Конституції 7.

Як було зазначено вище, для зменшення похибки перспективи доцільно обирати в якості маркерів перерізів дороги об'єкти, розташовані максимально близько до транспортних засобів, що проїжджають. Ідеальним варіантом є використання дорожньої розмітки, але в цьому разі визначення

відстані безпосередньо між маркерами пов'язано з непохідністю знаходження дослідника на проїжджій частині протягом деякого часу. Більш безпечно проводити два виміру відстані до точок прицілювання, розташованих уздовж мірного відрізка, з використанням лазерного дальноміру, як це показано на рис. 4.

Якщо одна з ліній прицілювання буде розташована перпендикулярно до мірного смуги руху транспортних засобів, довжина мірної ділянки розраховуватиметься за формулою:

$$L_M = \sqrt{l_2^2 - l_1^2}, \quad (1)$$

де l_1, l_2 – вимірні відстані до точок прицілювання по горизонталі, м.

Як видно з рис. 2, в якості маркерів для визначення перерізів мірного відрізка на першій ділянці були обрані розмітка 1.12 та початок розмітки 1.14.1; на другій – початок розмітки 1.5. Для ділянки ВДМ по вул. Площа Конституції 7 другий переріз мірного відрізка вдалося обрати таким, що він розташований перпендикулярно до центральної лінії камери. Це сприяло зменшенню погрішності при визначенні положення автомобіля в просторі дороги в перерізі №2. На рис. 2.б) камера зорієнтована таким чином, що перерізи мірного відрізка розташовані під певним кутом нахилу до площини кадрів відеозапису. Це може збільшувати похибку визначення положення автомобіля в просторі дороги та підвищити погрішність вимірювання швидкості руху.

Обробку відеозапису на етапі відстеження руху автомобіля між перерізами мірної ділянки можна спростити, якщо час руху автомобіля визначати одразу у програмі – медіапрогравачі, наприклад, за допомогою функції «тривалість зрізаного фрагмента», яка мається в програмному забезпеченні «Кіностудія Windows Live». Але для підвищення точності та достовірності визначення швидкості руху автомобіля з відеозапису рекомендується використовувати удосконалену методику, сутність якої полягає у підрахуванні кількості кадрів на відеозаписі за час проходження автомобіля між орієнтирами. Для цього доцільно провести попереднє розкадрування відеозапису, що дозволить визначати не кількість кадрів за час проходження автомобілем мірного відрізка, а лише номери кадрів в момент перетинання ним перерізів дороги.

Тоді час проходження кожного автомобіля мірною ділянкою може бути розрахований як:

$$t_i = \frac{N_2 - N_1}{c} \quad (2)$$

де N_1, N_2 – номер кадру відеозапису в момент проходження автомобіля повз перерізи 1 та 2;
 c – частота кадрів відеозапису, c^{-1} .

Подальший процес обробки відеозапису полягає у відстежуванні руху окремих транспортних засобів ділянкою дороги. Відповідні номери кадрів для всіх автомобілів з обраного для дослідження обсягу вибірки заносяться до електронної таблиці, після чого програма розраховує значення швидкостей.

Швидкість i -го автомобіля визначатиметься за формулою:

$$V_i = 3,6 \cdot \frac{L_M}{t_{1-2}} \quad (3)$$

де L_M - довжина мірного відрізка (відстань між перерізами №1 та №2 в просторі дороги), м.

Подальше використання масиву експериментально визначених значень швидкостей транспортних засобів залежить від цілей дослідження. В процесі апробації описаної вище методики були отримані гістограми розподілу швидкостей руху транспортних засобів для двох ділянок ВДМ міста Харкова, які представлені на рис. 5. В таблиці 1 також наведені основні статистичні характеристики отриманих розподілів. Це доводить працездатність запропонованої методики для проведення експериментальних досліджень швидкісних режимів руху транспортних засобів в реальних умовах.

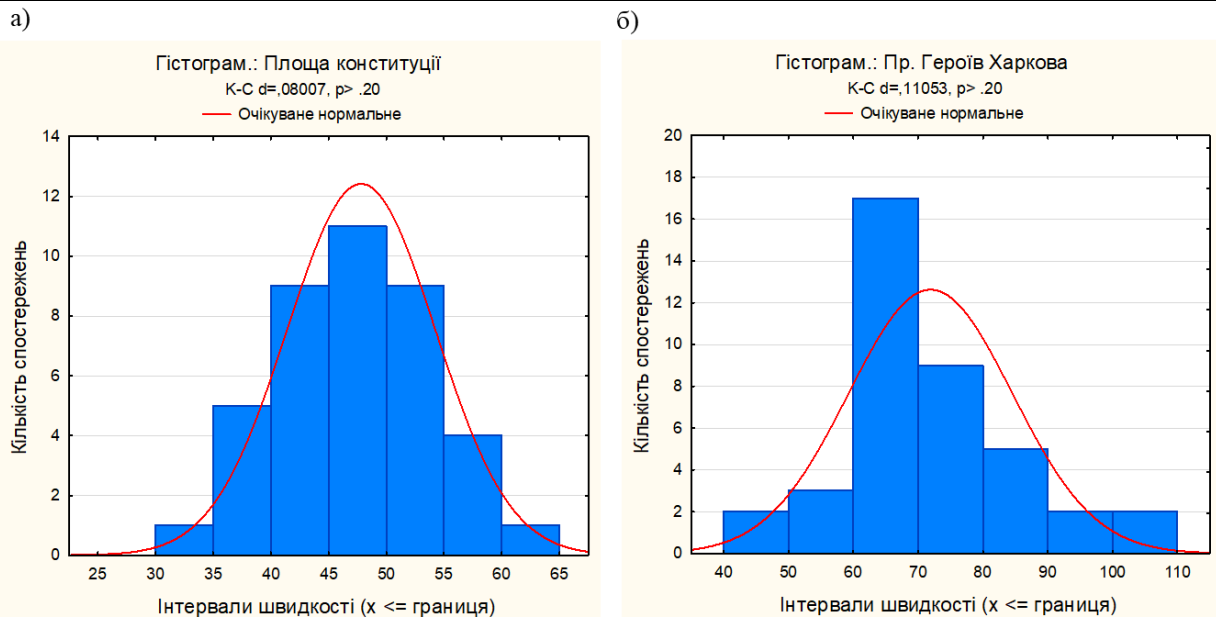


Рисунок 5 – Гістограми розподілу швидкостей руху транспортних засобів на ділянках ВДМ міста Харкова.

Таблиця 1 – Статистичні характеристики розподілів швидкостей транспортних засобів на ділянках ВДМ міста Харкова

Показники	Розташування ділянки	
	Площа Конституції, 7	Пр. Героїв Харкова, 276
Середнєзважене	47,83	71,93
Медіана	47,00	69,50
Мода	45,00	68,00
Стандартне відхилення	6,42	12,64
Дисперсія вибірки	41,28	159,71
Мінімум	33,00	46,00
Максимум	64,00	102,00
Рівень надійності (95,0%)	2,05	4,04

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

В цілому можна відмітити, що закономірності розподілу швидкостей руху транспортних засобів на обраних ділянках ВДМ міста близькі до нормального закону. Отримати узагальнені статистичні дані розподілів також свідчать про наявність кореляції між середніми значеннями швидкостей та функціональним призначенням вулиць.

Так, досліджувана ділянка по вул. Площа Конституції розташована в центральній частині міста, що обумовлює менші значення середньої та медіанної швидкості. Оскільки наведені результати є частиною більш масштабного дослідження, на даній ділянці визначалися лише швидкості автомобілів, які рухалися перехрестям без затримки, тобто не зупинялися на забороняючий сигнал світлофора.

Ділянка по Проспекту Героїв Харкова розташована на магістральній вулиці загальноміського значення, що обумовлює більш високий швидкісний режим. Також встановлено, що значна кількість водіїв допускала перевищення встановленого обмеження швидкості 50 км/год.

ВИСНОВКИ

Оскільки вимірювання швидкостей руху автотранспортних засобів на ділянках вулиць та доріг є поширеною проблемою, що вирішуються представниками багатьох галузей, пов'язаних з дорожнім рухом, буде залишатися актуальним питання пошуку та апробації методів проведення відповідних експериментальних досліджень. Була запропонована спрощена методика дослідження швидкісного режиму на ділянках вулиць та доріг, заснована на аналізі відеозапису. Для перевірки працездатності зазначеної методики на двох ділянках ВДМ міста Харкова були проведені експериментальні дослідження з визначення фактичної швидкості руху транспортних засобів. В якості джерела даних були взяті відеозаписи зі стаціонарних камер відеоспостереження. В результаті були отримані розподіли фактичних швидкостей руху транспортних засобів для обраних ділянок ВДМ та

розраховані їх статистичні характеристики. Це стало підтвердженням можливості використання запропонованої методики для дослідження швидкостей руху транспортних засобів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Chai Hua. Road safety on four continents: 16th international conference, Beijing, China, 15-17 May 2013. Proceedings.
2. Ernest Kisingo, Ndyetabura Hamisi, Hashim U. Iddi, Baraka J. Maiseli. Multi-Vehicle Speed Estimation Algorithm Based on Real-Time Inter-Frame Tracking Technique. Tanzania Journal of Science 47(3): 1125-1137, 2021. DOI: 10.4314/tjs.v47i3.22.
3. V. Markevicius, D. Navikas, D. Miklusis, D. Andriukaitis, A. Valinevicius, M. Zilys, M. Cepenas. Analysis of Methods for Long Vehicles Speed Estimation Using Anisotropic Magneto-Resistive (AMR) Sensors and Reference Piezoelectric Sensor. Engineering Sensors Published 1 June 2020. DOI:10.3390/s20123541.
4. Muhammad Akram Adnan, Norliana Sulaiman, Nor Izzah Zainuddin, Tuan Badrol Hisham Tuan Besar. Vehicle speed measurement technique using various speed detection instrumentation. Conference Paper. April 2013. DOI: 10.1109/BEIAC.2013.6560214.
5. M. S. Temiz , S. Kulur, S. Dogan. Real Time Speed Estimation from Monocular Video. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2012. pp. 427-432.
6. Gaurav Manori, Gurpreet Singh, Mahak Dushad, M. Vinod, Pallavi Choudekar, Vijay Kumar Tayal. Acoustic Detection of Rear Approaching Vehicles for Cyclists. International Conference on Power Energy, Environment and Intelligent Control (PEEIC), 2018. DOI: 10.1109/PEEIC.2018.8665557.
7. Saleh Javadi, Mattias Dahl, Mats I. Pettersson. Vehicle speed measurement model for video-based systems. Computers & Electrical Engineering. Volume 76, June 2019, Pages 238-248. DOI: 10.1016/j.compeleceng.2019.04.001.
8. K. Zin, May Zin Tun. Implementation of Doppler Radar-Based Vehicle Speed Detection System. International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD). Volume 3 Issue 5, August 2019. DOI:10.31142/ijtsrd26653.
9. Arash Gholami Rad1, Abbas Dehghani and Mohamed Rehan Karim. Vehicle speed detection in video image sequences using CVS method. International Journal of the Physical Sciences Vol. 5(17), pp. 2555-2563, 18 December, 2010.
10. Siddharth Jhumat, Ravindra Kumar Purwar. Techniques to Estimate Vehicle Speed. International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering. Vol. 3, Issue 6, June 2014.
11. Oshadhi Kaushalye Herath, Praveen Amarajeewa, Buddhi Ayesha, Sivakumar Thillaiampalam. A Comparison of Speed Data by Different Speed Detection Techniques. Conference: Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.13, 2021.

REFERENCES

1. Chai Hua. Road safety on four continents: 16th international conference, Beijing, China, 15-17 May 2013. Proceedings.
2. Ernest Kisingo, Ndyetabura Hamisi, Hashim U. Iddi, Baraka J. Maiseli. Multi-Vehicle Speed Estimation Algorithm Based on Real-Time Inter-Frame Tracking Technique. Tanzania Journal of Science 47(3): 1125-1137, 2021. DOI: 10.4314/tjs.v47i3.22.
3. V. Markevicius, D. Navikas, D. Miklusis, D. Andriukaitis, A. Valinevicius, M. Zilys, M. Cepenas. Analysis of Methods for Long Vehicles Speed Estimation Using Anisotropic Magneto-Resistive (AMR) Sensors and Reference Piezoelectric Sensor. Engineering Sensors Published 1 June 2020. DOI:10.3390/s20123541.
4. Muhammad Akram Adnan, Norliana Sulaiman, Nor Izzah Zainuddin, Tuan Badrol Hisham Tuan Besar. Vehicle speed measurement technique using various speed detection instrumentation. Conference Paper. April 2013. DOI: 10.1109/BEIAC.2013.6560214.
5. M. S. Temiz , S. Kulur, S. Dogan. Real Time Speed Estimation from Monocular Video. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2012. pp. 427-432.
6. Gaurav Manori, Gurpreet Singh, Mahak Dushad, M. Vinod, Pallavi Choudekar, Vijay Kumar Tayal. Acoustic Detection of Rear Approaching Vehicles for Cyclists. International Conference on Power Energy, Environment and Intelligent Control (PEEIC), 2018. DOI: 10.1109/PEEIC.2018.8665557.

7. Saleh Javadi, Mattias Dahl, Mats I. Pettersson. Vehicle speed measurement model for video-based systems. *Computers & Electrical Engineering*. Volume 76, June 2019, Pages 238-248. DOI: 10.1016/j.compeleceng.2019.04.001.

8. K. Zin, May Zin Tun. Implementation of Doppler Radar-Based Vehicle Speed Detection System. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD)*. Volume 3 Issue 5, August 2019. DOI:10.31142/ijtsrd26653.

9. Arash Gholami Rad1, Abbas Dehghani and Mohamed Rehan Karim. Vehicle speed detection in video image sequences using CVS method. *International Journal of the Physical Sciences* Vol. 5(17), pp. 2555-2563, 18 December, 2010.

10. Siddharth Jhumat, Ravindra Kumar Purwar. Techniques to Estimate Vehicle Speed. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*. Vol. 3, Issue 6, June 2014.

11. Oshadhi Kaushalye Herath, Praveen Amarajeewa, Buddhi Ayesha, Sivakumar Thillaiampalam. A Comparison of Speed Data by Different Speed Detection Techniques. *Conference: Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol.13, 2021.

O. Riabushenko, S. Danets, M. Sklyarov. Study of actual vehicle speeds using video surveillance data.

The article discusses methods for obtaining and analyzing the actual vehicles speed on the road sections. A comparative analysis of known methods of measuring speed shows that not all of them can be effectively used in scientific research due to the specific requirements for laboriousness and accuracy of measurement results. Video surveillance systems have become widespread on the street and road network of cities. This makes it possible to study the vehicles speed mode without the use of expensive equipment and specialized software. The method proposed in the article provides for the use of a video recording of the traffic flow on an urban road section and requires only a preliminary measurement of distances at the camera installation site using a laser rangefinder. The paper presents the results of a study of the actual vehicles speed on the two road network sections of the city of Kharkov. In particular, graphs of the distribution of vehicle speeds were obtained and the statistical characteristics of these distributions were calculated. The distributions of vehicle speeds turned out to be close to the normal law and showed a correlation between the statistical characteristics of the distributions and the functional purpose of the city streets. On the street section in the central part of the city, the average and modal vehicle speeds were lower than on the section of the main city street. It was also found that a significant proportion of drivers on the section of the main city street were driving in excess of the speed limit. These results confirmed the possibility of using the methodology proposed in the article to study vehicle speeds.

Keywords: road traffic, traffic speed, speed measurement, video recording processing.

РЯБУШЕНКО Олександр Васильович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри організації та безпеки дорожнього руху, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: riabushenko79@ukr.net. <https://orcid.org/0000-0002-8415-5733>.

ДАНЕЦЬ Сергій Віталійович, кандидат технічних наук, перший заступник директора, Харківський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр Міністерства внутрішніх справ України, e-mail: danez@ukr.net. <https://orcid.org/0000-0003-4155-1856>.

СКЛЯРОВ Микола Вячеславович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автобронетанкової техніки, Національної академії Національної гвардії України, e-mail: nvsklyarov@ukr.net. <https://orcid.org/0000-0001-7785-6059>.

Oleksandr RIABUSHENKO, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Assoc. Professor of Department of Traffic Management and Road Safety, Kharkiv National Automobile and Highway University, e-mail: ravussr79@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-8415-5733>.

Serhii DANETS, Ph.D. in Engineering, First deputy director, Kharkiv State Research and Forensic Science Center of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, e-mail: danez@ukr.net. <https://orcid.org/0000-0003-4155-1856>.

Mikola SKLYAROV – Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Armored Vehicles, National Academy of the National Guard of Ukraine, e-mail: nvsklyarov@ukr.net. <https://orcid.org/0000-0001-7785-6059>.

DOI 10.36910/automash.v2i19.917