

А.С. Галкін

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

МЕТОД МОНІТОРИНГУ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМИ BRIEFCAM

Дослідження спрямоване на моніторинг транспортних потоків за допомогою програмного забезпечення BriefCam з метою покращення сталих міських логістичних систем. Запропонований чотирикроковий метод збору та аналізу даних включає налаштування фільтрів, перевірку результатів і виведення даних. Використання BriefCam дозволяє ефективніше виконувати моніторинг трафіку, підвищуючи швидкість міського транспорту та сприяючи сталому розвитку міської інфраструктури.

Ключові слова: моніторинг дорожнього руху, управління міським транспортом, інтелектуальні транспортні системи, потік вантажних перевезень.

Постановка проблеми

Сучасні міста інтегрували недорогі системи відеоспостереження, як-от CCTV, які працюють цілодобово, накопичуючи величезні обсяги даних [1]. Ці великі дані мають потенціал для використання у різних цілях, зокрема автоматизованого моніторингу транспорту [2]. Традиційні методи, хоча й ефективні, часто вимагають значних трудових витрат та супутніх витрат [3]. Крім того, останнім часом зростання використання даних з автомобілів, що рухаються (FCD), відкриває можливості для збору даних про трафік у реальному часі, що робить їх все більш привабливими, незважаючи на певні проблеми з надійністю [4]. Серед численних методів та інструментів, доступних для моніторингу транспортних потоків, BriefCam пропонує інноваційне програмне забезпечення, яке надає структуровану методіку для моніторингу транспортних засобів (ТЗ), що включає збір даних, застосування фільтрів, перевірку результатів та генерацію даних. Наявність таких структурованих рішень може значно допомогти у забезпеченні сталості міської логістики, особливо з огляду на планування та архітектурні умови, унікальні для кожного міського сегмента. Використовуючи зібрані дані, ми можемо отримати практичні інсайти для оптимізації транспортних потоків, підвищення швидкості міського транспорту та, зрештою, покращення міської логістики.

У наступних розділах ми детально розглянемо методи, використані у дослідженні, процес використання BriefCam для моніторингу ТЗ, застосовані фільтри для детального аналізу, техніки перевірки результатів та загальні висновки, отримані з дослідження. Кінцева мета полягає у розумінні наслідків цих висновків у ширшому контексті сталих міських логістичних систем і того, як вони можуть прокласти

шлях до більш ефективних міських транспортних систем. Ефективна доставка «останньої милі» з акцентом на стійкість відіграє ключову роль у міській логістиці [5].

Міська логістика формує хребет сучасних міст, забезпечуючи ефективний рух товарів та послуг. Зі зростанням урбанізації та заторів на дорогах оптимізація транспортних потоків (ТП) стала надзвичайно важливою. Швидкість ТЗ на транспортних мережах (ТМ) є основним показником їх ефективності [6]. Використовуються численні методи для визначення швидкостей ТП: від природних до симуляційних підходів. Ці методи, хоча й надають важливі інсайти, також мають свої проблеми, особливо з погляду надійності, точності та економічної ефективності. Нові тенденції в доставці «останньої милі» являють значний крок до стійкості та потенційного зниження викидів CO₂ [7, 8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Сталий розвиток міської логістики значною мірою залежить від ефективності ТМ, причому швидкість ТП виступає основним показником ефективності ТМ [6]. Методи визначення швидкості ТП варіюються і можуть бути загалом класифіковані на природні та симуляційні техніки. Пряме спостереження надає статистичну вибірку швидкостей руху, що є представницькою для фактичних умов руху [9]. Зібрані дані про швидкість можуть стати основою як для математичних, так і для нематематичних моделей транспортних потоків, дозволяючи дослідникам отримувати важливі статистичні дані про ТП [10, 11].

Крім того, польові обстеження можуть використовувати автоматизовані вимірювання за допомогою транспортних детекторів для досягнення високої точності та зручності [12, 13]. У технологічному плані, CCTV зараз є поширеним міським елементом,

що постійно фіксує величезну кількість даних, придатних для цілей моніторингу транспортних потоків [1]. Ці великі дані є надзвичайно важливими для таких завдань, як оцінка параметрів ТП, моніторинг швидкості, документація аварій та забезпечення громадської безпеки [1, 14–16].

Альтернативним методом оцінки швидкості ТП на місці є моніторинг швидкості окремих автомобілів через контрольні поїздки транспортною мережею. Ця техніка дозволяє здійснювати як прямі, так і автоматизовані вимірювання і може заздалегідь визначити довжину сегментів за допомогою міських транспортних карт. FCD є новішим, економічно ефективним та надійним методом збору даних про транспорт, що використовує мобільні телефони в транспортних засобах [4, 17, 18]. Незважаючи на свої обмеження, FCD є надзвичайно цінним для виявлення періодичних заторів та розуміння довжини черг [19]. На відміну від стаціонарних інструментів FCD не вимагає додаткової інфраструктури, що робить його привабливим рішенням [20].

Живе спостереження за швидкістю ТП пропонує переваги високої точності та зручності для користувачів, хоча вони можуть бути трудомісткими та дорогими, особливо при використанні спеціалізованого обладнання [3]. Зважаючи на обмеження, прямі вимірювання на транспортній мережі часто є кращими, а контрольні поїздки на ТЗ є відмінним вторинним вибором.

Загалом основні методи оцінки швидкості ТП охоплюють наступні:

- природні та симуляційні методи: пряме вимірювання швидкості транспортних засобів надає представницьку статистичну вибірку швидкостей руху. Цей підхід є важливим при розшифровці швидкісних моделей міських ТП [9–11];

- автоматизовані вимірювання за допомогою транспортних детекторів: індуктивні транспортні детектори, хоча й не вимірюють швидкість транспортних потоків напряму, виявилися ефективними у її оцінці [12, 13];

- система відеоспостереження (CCTV): CCTV-системи, що працюють цілодобово, генерують величезні обсяги даних. Ці великі дані, крім інших застосувань, можуть стати основою для автоматизованого моніторингу транспорту [1, 2, 14–16];

- дані з автомобілів, що рухаються, (FCD): FCD, що виникають як важливе джерело даних про транспорт, використовують дані з мобільних телефонів у транспортних засобах. Незважаючи на деякі проблеми з надійністю, FCD надають інсайти щодо періодичних заторів та місць виникнення «вузьких місць» [4, 17–20].

Однак традиційні методи, хоча й точні, часто вимагають значних трудових та матеріальних витрат, особливо при використанні спеціального обладнання

[3]. Прямі вимірювання, зокрема спостереження за швидкістю окремих транспортних засобів, надають детальне розуміння ТП. Проте цей підхід є ресурсомістким і часто не має масштабованості [10, 11]. Індуктивні транспортні детектори, хоча й зручні, не вимірюють швидкість ТП напряму [12, 13]. З багатьма містами, що приймають недорогі системи CCTV, потенціал використання цих великих даних для моніторингу транспорту стає очевидним [1, 2]. Інший метод для збору даних про рухомі автомобілі (FCD) використовує дані з мобільних телефонів для моніторингу ТП [4, 17]. Хоча цей метод є потужним, він не позбавлений проблем з надійністю [18].

Мета статті

Ця стаття має на меті дослідити потенціал програмного забезпечення BriefCam як інструмента для моніторингу різних транспортних потоків. Його використання не лише допоможе у фіксації та аналізі руху транспортних засобів у міських умовах, але й надасть основу для покращення сталих міських логістичних систем.

Виклад основного матеріалу

На сьогодні обсяги транспортних засобів, що циркулюють на транспортних мережах, постійно зростають, значно впливаючи на динаміку руху в межах міських територій. У зв'язку з цим було проведено аналіз для оцінки кількості та складу транспортних засобів на перехрестях у місті Пардубіце, розташованому в Чеській Республіці.

Існує кілька програмних рішень для аналізу транспортних умов. Завдяки співпраці з міською владою було отримано доступ до програмного забезпечення BriefCam, що відповідало встановленим вимогам. Це програмне забезпечення використовувалося для аналізу перехресть, через які проходить кожен користувач дороги, що прямує в місто. Процес використання програмного забезпечення проводиться за відповідним алгоритмом.

Метод складається з 4 етапів: збору початкових даних, налаштування фільтрів, перевірки результатів, виведення даних. Опис наступних етапів представлений нижче:

Етап 1. Збір початкових даних.

На першому етапі визначаються цілі дослідження та способи досягнення бажаного результату:

1. Насамперед необхідно визначити мету моніторингу та очікуваний результат.

2. Зважаючи на мету моніторингу, необхідно вибрати відповідні камери в місті, щоб досягти поставленої мети.

3. Потрібне правильне налаштування камер для індивідуального запису. Це включає проведення вимірювань інтенсивності руху та визначення складу транспорту на маршруті за допомогою камер CCTV,

розташованих у місті. Для кращого калібрування бажано провести тестовий запис і за необхідності налаштувати камери.

4. На цьому кроці проводиться сам запис для подальшого обстеження за допомогою програмного забезпечення. Відеофайл, отриманий після процесу запису або витягнутий з електронного сховища, буде використаний для подальшого аналізу відповідно до встановленої мети.

5. Відеофайли завантажуються у програмне забезпечення BriefCam. Використаний відеофайл повинен бути у форматі, підтримуваному обраною програмою.

6. Після завантаження відеофайлу(ів) програмне забезпечення автоматично аналізує його і генерує синопсис для окремих камер. Це включає BriefCam Video Synopsis® (витяг та накладення відеооб'єктів на оригінальні сцени для одночасного відображення подій, що відбулися в різний час) та пошук по кількох камерах, що дозволяє ідентифікувати об'єкти за схожістю зовнішності та розпізнавання облич, а також широкий спектр доступних фільтрів [21].

7. Для проведення детального відеоаналізу необхідно вибрати відео для обстеження. Цей вибір можна зробити лише із записаних матеріалів.

8. Можна аналізувати все відео або окремі часові періоди, які ми визначаємо. Тому відео можна розділити на конкретні сегменти, наприклад, по 15 хвилин.

Етап 2. Налаштування фільтрів.

У цьому розділі пояснюється, як можна використовувати фільтри в програмному забезпеченні BriefCam:

9. Обране програмне забезпечення дає змогу здійснювати розширене відстеження, що дозволяє використовувати розширені функції для детального моніторингу.

10. Якщо для детального обстеження потрібні фільтри, їх можна налаштувати для детального аналізу конкретних класів транспортних засобів.

11. Інша опція – не використовувати ці фільтри. Доступні інші фільтри для аналізу пішоходів, човнів тощо. У нашому випадку ця опція не буде використовуватися, оскільки мета аналізу – підрахувати кількість транспортних засобів.

12. Можна застосовувати додатковий фільтр для детального обстеження. Цей фільтр використовується для аналізу напрямку або області, в якій рухаються транспортні засоби.

13. Також є можливість використовувати додатковий фільтр для детального обстеження. Цей фільтр використовується для аналізу напрямків або областей, де знаходяться транспортні засоби в кожній категорії. Можна застосувати такі фільтри для вибору необхідних параметрів транспортного потоку та

специфікацій дороги: Фільтр області, Шлях, Перетин лінії.

14. Альтернатива – відмовитися від використання цього фільтра, що призведе до виявлення загальної кількості обраних об'єктів у записаних даних.

Етап 3. Перевірка результатів.

Етап перевірки результатів пояснює, як можна перевірити результати:

15. Можна перевірити результати, що корисно для усунення помилок при роботі з програмним забезпеченням.

16. Для перевірки результатів можна використовувати два методи: «теплові карти» для огляду програми та стану інфраструктури та «мініатюри», які можна сортувати за релевантністю після застосування фільтрів для перевірки конкретних об'єктів, наприклад, типів та кількості транспортних засобів.

Етап 4. Виведення даних.

Останній етап стосується виведення даних після розширеного аналізу:

17. Відображає загальну кількість об'єктів, виявлених у конкретному джерелі відео. При застосуванні критеріїв пошуку це число відображає кількість об'єктів, що відповідають критеріям, із загальної кількості об'єктів, виявлених у джерелі відео.

18. Останній крок – визначити результати детального аналізу відстеження. Якщо бажаний результат не досягнутий, весь процес повторюється.

Програмне забезпечення BriefCam має широкий спектр корисних функцій, що використовуються як для верифікації виявлених рішень, так і для створення графічних зображень. Зокрема, програмне забезпечення має функцію HeatMap для візуального представлення результатів, як показано на рис. 1.

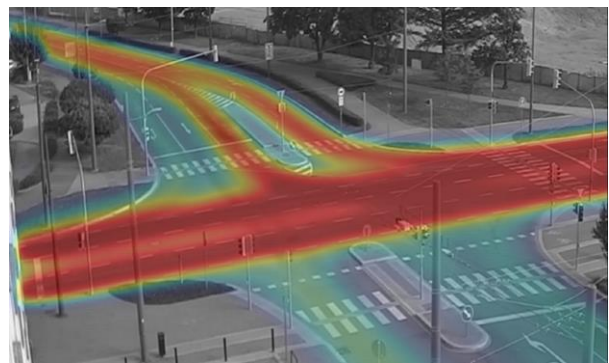


Рис. 1. Візуалізація «теплової карти» на перехресті

Попередні дослідження з моніторингу ТП за допомогою програмного забезпечення BriefCam проводилися на ТМ міста Харкова. У табл. 1 наведено дані для всіх вантажних ТЗ (різних типів) та загальну кількість ТЗ.

Таблиця 1

Детальне дослідження перехрестя у робочий день

Час	Вантажні транспортні засоби			Усі транспортні засоби		
	В'їзд	Виїзд	Сума	В'їзд	Виїзд	Сума
6:00–6:15	12	22	34	139	88	227
6:15–6:30	14	28	42	142	123	265
6:30–6:45	11	33	44	206	163	369
6:45–7:00	21	43	64	196	158	354
7:00–7:15	28	68	96	195	171	366
7:15–7:30	25	63	88	244	193	437
7:30–7:45	31	56	87	242	163	405
7:45–8:00	31	66	97	235	188	423
8:00–8:15	35	70	105	222	169	391
8:15–8:30	26	66	92	214	171	385
8:30–8:45	33	42	75	304	136	440
8:45–9:00	20	33	53	259	198	457
9:00–9:15	28	39	67	313	174	487
9:15–9:30	32	53	85	314	167	481
9:30–9:45	37	75	112	307	215	522
9:45–10:00	35	75	110	308	206	514
10:00–10:15	28	64	92	294	207	501
10:15–10:30	38	51	89	283	199	482
10:30–10:45	29	73	102	295	234	529
10:45–11:00	30	55	85	325	188	513
Всього	544	1075	1619	5037	3511	8548

Часовий інтервал був розділений на 15-хвилинні сегменти, щоб надати більш детальну розбивку кількості транспортних засобів у різні часові періоди. Аналіз проводився у звичайний робочий день.

Аналіз трафіку за даними табл. 1 показує значні коливання у кількості ТЗ протягом ранкових годин. Загальна кількість ТЗ (вантажних та всіх інших) значно зростає з 6:00 до 11:00. Наприклад, кількість вантажних ТЗ в інтервалі з 9:30 до 9:45 становить 6,9 % від загальної кількості (112 з 1619), тоді як в інтервалі з 6:00 до 6:15 це лише 2,1 % (34 з 1619). Кількість всіх ТЗ у піковому інтервалі з 10:30 до 10:45 становить 6,2 % від загальної кількості (529 з 8548), тоді як у найменш завантаженому інтервалі з 6:00 до 6:15 це лише 2,7 % (227 з 8548). Це відображає типовий ранковий пік, який починається приблизно з 7:00 і триває до 10:00, з максимальним навантаженням близько 9:30–10:45.

У межах аналізу також було досліджено, як змінюється склад вантажних транспортних засобів у святкові дні. Цей аналіз мав на меті зрозуміти зміни у структурі вантажних транспортних засобів під час святкових періодів, що показано у табл. 2.

Аналіз даних табл. 2 показує зовсім іншу картину трафіку в святковий день.

Таблиця 2

Детальне дослідження перехрестя у святковий день

Час	Вантажні транспортні засоби			Усі транспортні засоби		
	В'їзд	Виїзд	Сума	В'їзд	Виїзд	Сума
6:00–6:15	9	2	11	87	25	112
6:15–6:30	6	8	14	56	45	101
6:30–6:45	6	12	18	60	52	112
6:45–7:00	7	15	22	86	64	150
7:00–7:15	7	12	19	58	49	107
7:15–7:30	6	25	31	68	59	127
7:30–7:45	4	13	17	77	52	129
7:45–8:00	12	20	32	66	66	132
8:00–8:15	6	16	22	73	59	132
8:15–8:30	6	14	20	70	69	139
8:30–8:45	7	12	19	77	82	159
8:45–9:00	13	22	35	104	87	191
9:00–9:15	6	23	29	84	81	165
9:15–9:30	4	15	19	107	64	171
9:30–9:45	8	14	22	138	75	213
9:45–10:00	2	13	15	94	69	163
10:00–10:15	11	12	23	134	93	227
10:15–10:30	7	15	22	112	80	192
10:30–10:45	11	22	33	153	90	243
10:45–11:00	13	22	35	111	84	195
Всього	151	307	458	1815	1345	3160

Кількість ТЗ значно менша, як порівняти з робочим днем. Вантажний трафік зберігає постійну низьку активність протягом ранкових годин. Наприклад, кількість вантажних ТЗ в інтервалі з 10:30 до 10:45 становить 7,2 % від загальної кількості (33 з 458), тоді як у найменш завантаженому інтервалі з 6:00 до 6:15 це лише 2,4 % (11 з 458). Кількість всіх ТЗ у піковому інтервалі з 10:30 до 10:45 становить 7,7 % від загальної кількості (243 з 3160), а в найменш завантаженому інтервалі з 6:00 до 6:15 це 3,5 % (112 з 3160).

Робочі дні демонструють високу активність ТЗ вранці, що підтверджує необхідність ефективного управління трафіком у пікові години. Збільшення кількості вантажних ТЗ може впливати на загальний трафік і потребує особливої уваги. Святкові дні показують значне зниження кількості ТЗ, що вказує на можливість оптимізації управління дорожнім рухом, зокрема перегляд графіків руху або впровадження спеціальних заходів для зниження заторів. Загальні рекомендації містять впровадження систем на основі аналітики даних, як-от BriefCam, для ефективного керування трафіком, зменшення заторів та підвищення безпеки на дорогах як у робочі, так і у святкові дні. Знання про те, що кількість вантажних

ТЗ зростає в конкретні години, може допомогти підприємствам планувати доставки так, щоб уникати пікових навантажень, що підвищить ефективність логістики.

Висновки

У добу великих даних інноваційні рішення, як BriefCam, спричинили парадигмальний зсув у моніторингу транспортних потоків. Завдяки появі передових технологій та аналітики даних ми стали свідками трансформації в тому, як ми спостерігаємо та керуємо міським трафіком. BriefCam став справжнім новатором, пропонуючи аналітику в реальному часі, яка не тільки підвищує ефективність моніторингу, але й зменшує трудові та матеріальні витрати, роблячи його економічно вигідним вибором для муніципалітетів та органів управління транспортом. Такий трансформаційний підхід може суттєво вплинути на політику та рішення в області міської логістики. Надаючи негайний доступ до даних та цінних інсайтів, BriefCam дозволяє приймати своєчасні та обґрунтовані рішення для зменшення заторів, підвищення безпеки та покращення якості життя у місті. Інсайти, отримані з таких даних, можуть змінити міський ландшафт, просуваючи сталу міську логістику вперед.

Програмне забезпечення BriefCam представляється як життєздатна альтернатива для вирішення проблем, які довго заважали традиційним методам моніторингу транспортних потоків. Використовуючи можливості систем CCTV та передової аналітики, BriefCam пропонує масштабований, точний та економічно ефективний підхід до підвищення сталості міської логістики. Використовуючи багатство даних, створених сучасними містами, це обладнання надає владі можливість приймати рішення на основі даних, які приносять користь як навколишньому середовищу, так і громаді. Однак важливо визнати, що найефективніші результати часто досягаються завдяки безперервній інтеграції цього цифрового підходу з традиційними методами. Поєднуючи сильні сторони цифрових даних із встановленими практиками традиційного моніторингу трафіку, можна отримати повний огляд динаміки транспортних потоків. Такий цілісний підхід надає міським планувальникам та політикам можливість оптимізувати стратегії управління трафіком, зменшити затори, скоротити викиди та створити більш комфортні умови життя у містах, водночас покращуючи сталу міську логістику.

У підсумку, доба великих даних і таке новаторське програмне забезпечення, як BriefCam, відкрили нові горизонти для розуміння та управління міським трафіком. Змішуючи передові технології з традиційними практиками, ми маємо можливість направити міську логістику на шлях, що є водночас стійким та ефективним, забезпечуючи світле та більш взаємопов'язане міське майбутнє.

Література

1. Hadavi S., Rai, H. B., Verlinde, S., Huang, H., Macharis, C., & Guns, T. Analyzing passenger and freight vehicle movements from automatic-Number plate recognition camera data // *European Transport Research Review*. – 2020. – Vol. 12. – P. 1-17. – Regime of access: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12544-020-00415-7>, free (date of the application: 02.05.2024).
2. Zhang S., Wu G., Costeira J. P., Moura J. M. Table of contents. In: *2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. – 2017. – Vol. 2017-Jan, P. v–liii. – IEEE. – DOI: 10.1109/CVPR.2017.4, Regime of access: <http://ieeexplore.ieee.org/document/8099487/>, free (date of the application: 02.05.2024).
3. Gao C., Xu J., Li Q., Yang J. The Effect of Posted Speed Limit on the Dispersion of Traffic Flow Speed // *Sustainability*. – 2019. – Vol. 11, №13, 3594. – DOI: 10.3390/su11133594, Regime of access: <https://doi.org/10.3390/su11133594>, free (date of the application: 02.05.2024).
4. Ayt H., Lees M., Knoll A. Symbiotic simulation for future electro-mobility transportation systems. In: *Proceedings of the 2012 Winter Simulation Conference*. – 2012. – P. 1-12. – Regime of access: <https://www.informs-sim.org/wsc12papers/includes/files/inv160.pdf>, free (date of the application: 02.05.2024).
5. Lezhneva E., Vakulenko K., Galkin A. Assessment of traffic noise pollution due to urban residential road transport // *Romanian Journal of Transport Infrastructure*. – 2019. – Vol. 8, №1. – P. 34-52. – Regime of access: https://www.rjti.ro/2019_1/2019_1_3.pdf, free (date of the application: 02.05.2024).
6. Kavitha, Prabhu Prasad. The importance of Intelligent Control Systems // *International Journal on Human Computing Studies*. – 2019. – Vol. 01, Issue 01. – P. 11-13. – Regime of access: <https://ijhcs.com/issue-1/Kavitha,Prabhu.pdf>, free (date of the application: 02.05.2024).
7. Chebanyuk K., Prasolenko O., Burko D., Galkin A., Lobashov O., Shevchenko A., Persia L. Pedestrians influence on the traffic flow parameters and road safety indicators at the pedestrian crossing // *Transportation Research Procedia*. – 2020. – Vol. 45. – P. 858-865. – Regime of access: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146520304516>, free (date of the application: 02.05.2024).
8. Galkin A., Lobashov O., Capayova S., Hodakova D., Schlosser T. Perspective of decreasing of road traffic pollution in the cities. In: *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management*. – Albena, Bulgaria, 2018. – Vol. 18, №4.2. – P. 547-554. – Regime of access: <https://www.sgem.org/index.php/sgem-awards/sgem-award-winners?id=739&lang=en>, free (date of the application: 02.05.2024).
9. Davidich N., Melenchuk T., Kush Y., Davidich Y., Lobashov O., Galkin A. Modelling Truck's Transportation Speed on the Route Considering Driver's State // *Transportation Research Procedia*. – 2018. – Vol. 30. – P. 207–215. – Regime of access: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146518305703>, free (date of the application: 02.05.2024).
10. Davidich N., Galkin A., Schlosser T., Capayova S., Nowakowska-Grunt J., Thompson R., Davidich Y. Intelligent Decision Support System for Modeling Transport and Passenger Flows in Human-Centric Urban Transport Systems // *Energies*. – 2022. – Vol. 15, №7, 2495. – Regime of access: <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/7/2495>, free (date of the application: 02.05.2024).
11. Davidich N., Galkin A., Iwan S., Kijewska K., Chu-

machenko I., Davidich Y. Monitoring of urban freight flows distribution considering the human factor // *Sustainable Cities and Society*. – 2021. – Vol. 75. – Regime of access: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670721002517>, free (date of the application: 02.05.2024).

12. Zyryanov V. V., Sorokin-Urmanov S. E. Methods for determining the transport detectors' placement on road network // *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* – 2020. – Vol. 913, 042063. – DOI: 10.1088/1757-899X/913/4/042063, Regime of access: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/913/4/042063>, free (date of the application: 02.05.2024).

13. Malasek J. A set of tools for making urban transport more sustainable // *Transportation Research Procedia*. – 2016. – Vol. 14. – P. 876–885. – Regime of access: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146516301724>, free (date of the application: 02.05.2024).

14. Dailey D. J., Cathey F. W., Pumrin S. An algorithm to estimate mean traffic speed using uncalibrated cameras // *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. – 2000. – Vol. 1, №2. – P. 98-107. – Regime of access: <https://ieeexplore.ieee.org/document/856914>, free (date of the application: 02.05.2024).

15. Zhu S., Bell M. G., Schulz V., Stokoe M. Co-modality in city logistics: Sounds good, but how? // *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. – 2023. – Vol. 168, 103578. – Regime of access: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096585642300077X>, free (date of the application: 02.05.2024).

16. Beirao G., Harper W., Coronel C., Austin E. Combination of Fibre Optic Acoustic Sensing, IoT Smart CCTV Data And Its Uses For The Rail Industry // *Transportation Research Procedia*. – 2023. – Vol. 72. – P. 2668-2675. – Regime of access: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146523001880>, free (date of the application: 02.05.2024).

17. Chen Y., Chen C., Wu Q., Ma J., Zhang G., Milton J. Spatial-temporal traffic congestion identification and correlation extraction using floating car data // *Journal of Intelligent Transportation Systems*. – 2021. – Vol. 25, №3. – P. 263-280. – Regime of access: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15472450.2021.1882647>, free (date of the application: 02.05.2024).

18. Comi A., Polimeni A. Forecasting delivery pattern through floating car data: empirical evidence // *Future Transportation*. – 2021. – Vol. 1, №3. – P. 707-719. – Regime of access: <https://www.mdpi.com/2673-7590/1/3/47>, free (date of the application: 02.05.2024).

19. Altintasi O., Tuydes-Yaman H., Tuncay K. Detection of urban traffic patterns from Floating Car Data (FCD) // *Transportation Research Procedia*. – 2017. – Vol. 22. – P. 382-391. – Regime of access: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146517301688>, free (date of the application: 02.05.2024).

20. Reinthaler M., Nowotny B., Hildebrandt R., Weichenmeier F. Evaluation of speed estimation by floating car data within the research project Dmotion. In: *Proceedings of the 14th world congress on intelligent transport systems (ITS), held Beijing*. – 2007. – P. 1-12. – Regime of access: <https://trid.trb.org/view/848372>, free (date of the application: 02.05.2024).

21. Health maps. [online] [Accessed 2023-10-11]. Available at: <https://newrelic.com/blog/nerdlog/health-map-application-infrastructure-visualization>.

References

1. Hadavi S., Rai, H. B., Verlinde, S., Huang, H., Macharis, C., & Guns, T. Analyzing passenger and freight vehicle

movements from automatic-Number plate recognition camera data // *European Transport Research Review*. – 2020. – Vol. 12. – P. 1-17. – Regime of access: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12544-020-00415-7>, free (date of the application: 02.05.2024).

2. Zhang S., Wu G., Costeira J. P., Moura J. M. Table of contents. In: *2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. – 2017. – Vol. 2017-Jan, P. v–liii. – IEEE. – DOI: 10.1109/CVPR.2017.4, Regime of access: <http://ieeexplore.ieee.org/document/8099487/>, free (date of the application: 02.05.2024).

3. Gao C., Xu J., Li Q., Yang J. The Effect of Posted Speed Limit on the Dispersion of Traffic Flow Speed // *Sustainability*. – 2019. – Vol. 11, №13, 3594. – DOI: 10.3390/su11133594, Regime of access: <https://doi.org/10.3390/su11133594>, free (date of the application: 02.05.2024).

4. Aydut H., Lees M., Knoll A. Symbiotic simulation for future electro-mobility transportation systems. In: *Proceedings of the 2012 Winter Simulation Conference*. – 2012. – P. 1-12. – Regime of access: <https://www.informs-sim.org/wsc12papers/includes/files/inv160.pdf>, free (date of the application: 02.05.2024).

5. Lezhneva E., Vakulenko K., Galkin A. Assessment of traffic noise pollution due to urban residential road transport // *Romanian Journal of Transport Infrastructure*. – 2019. – Vol. 8, №1. – P. 34-52. – Regime of access: https://www.rjti.ro/2019_1/2019_1_3.pdf, free (date of the application: 02.05.2024).

6. Kavitha, Prabhu Prasad. The importance of Intelligent Control Systems // *International Journal on Human Computing Studies*. – 2019. – Vol. 01, Issue 01. – P. 11-13. – Regime of access: <https://ijhcs.com/issue-1/Kavitha,Prabhu.pdf>, free (date of the application: 02.05.2024).

7. Chebanyuk K., Prasolenko O., Burko D., Galkin A., Lobashov O., Shevchenko A., Persia L. Pedestrians influence on the traffic flow parameters and road safety indicators at the pedestrian crossing // *Transportation Research Procedia*. – 2020. – Vol. 45. – P. 858-865. – Regime of access: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146520304516>, free (date of the application: 02.05.2024).

8. Galkin A., Lobashov O., Capayova S., Hodakova D., Schlosser T. Perspective of decreasing of road traffic pollution in the cities. In: *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management*. – Albena, Bulgaria, 2018. – Vol. 18, №4.2. – P. 547-554. – Regime of access: <https://www.sgem.org/index.php/sgem-awards/sgem-award-winners?id=739&lang=en>, free (date of the application: 02.05.2024).

9. Davidich N., Melenchuk T., Kush Y., Davidich Y., Lobashov O., Galkin A. Modelling Truck's Transportation Speed on the Route Considering Driver's State // *Transportation Research Procedia*. – 2018. – Vol. 30. – P. 207–215. – Regime of access: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146518305703>, free (date of the application: 02.05.2024).

10. Davidich N., Galkin A., Schlosser T., Capayova S., Nowakowska-Grunt J., Thompson R., Davidich Y. Intelligent Decision Support System for Modeling Transport and Passenger Flows in Human-Centric Urban Transport Systems // *Energies*. – 2022. – Vol. 15, №7, 2495. – Regime of access: <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/7/2495>, free (date of the application: 02.05.2024).

11. Davidich N., Galkin A., Iwan S., Kijewska K., Chumachenko I., Davidich Y. Monitoring of urban freight flows distribution considering the human factor // *Sustainable Cities and Society*. – 2021. – Vol. 75. – Regime of access: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670721002517>

- 1002517, free (date of the application: 02.05.2024).
12. Zyryanov V. V., Sorokin-Urmanov S. E. Methods for determining the transport detectors' placement on road network // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. – 2020. – Vol. 913, 042063. – DOI: 10.1088/1757-899X/913/4/042063, Regime of access: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/913/4/042063>, free (date of the application: 02.05.2024).
13. Malasek J. A set of tools for making urban transport more sustainable // Transportation Research Procedia. – 2016. – Vol. 14. – P. 876–885. – Regime of access: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146516301724>, free (date of the application: 02.05.2024).
14. Dailey D. J., Cathey F. W., Pumrin S. An algorithm to estimate mean traffic speed using uncalibrated cameras // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2000. – Vol. 1, №2. – P. 98-107. – Regime of access: <https://ieeexplore.ieee.org/document/856914>, free (date of the application: 02.05.2024).
15. Zhu S., Bell M. G., Schulz V., Stokoe M. Co-modality in city logistics: Sounds good, but how? // Transportation Research Part A: Policy and Practice. – 2023. – Vol. 168, 103578. – Regime of access: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096585642300077X>, free (date of the application: 02.05.2024).
16. Beirao G., Harper W., Coronel C., Austin E. Combination of Fibre Optic Acoustic Sensing, IoT Smart CCTV Data And Its Uses For The Rail Industry // Transportation Research Procedia. – 2023. – Vol. 72. – P. 2668-2675. – Regime of access: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146523001880>, free (date of the application: 02.05.2024).
17. Chen Y., Chen C., Wu Q., Ma J., Zhang G., Milton J. Spatial-temporal traffic congestion identification and correlation extraction using floating car data // Journal of Intelligent Transportation Systems. – 2021. – Vol. 25, №3. – P. 263-280. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15472450.2021.1882647>, free (date of the application: 02.05.2024).
18. Comi A., Polimeni A. Forecasting delivery pattern through floating car data: empirical evidence // Future Transportation. – 2021. – Vol. 1, №3. – P. 707-719. – Regime of access: <https://www.mdpi.com/2673-7590/1/3/47>, free (date of the application: 02.05.2024).
19. Altintasi O., Tuydes-Yaman H., Tuncay K. Detection of urban traffic patterns from Floating Car Data (FCD) // Transportation Research Procedia. – 2017. – Vol. 22. – P. 382-391. – Regime of access: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146517301688>, free (date of the application: 02.05.2024).
20. Reinthaler M., Nowotny B., Hildebrandt R., Weichenmeier F. Evaluation of speed estimation by floating car data within the research project Dmotion. In: Proceedings of the 14th world congress on intelligent transport systems (ITS), held Beijing. – 2007. – P. 1-12. – Regime of access: <https://trid.trb.org/view/848372>, free (date of the application: 02.05.2024).
21. Health maps. [online] [Accessed 2023-10-11]. Available at: <https://newrelic.com/blog/nerdlog/health-map-application-infrastructure-visualization>.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.О. Давідіч, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна.

Автор: ГАЛКІН Андрій Сергійович
доктор технічних наук, професор, професор кафедри транспортних систем і логістики
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – andriv.galkin@kname.edu.ua
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3505-6170>

METHOD OF MONITORING TRAFFIC FLOWS USING THE BRIEFCAM SYSTEM

A. Galkin

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

Urban logistics forms the backbone of modern cities, ensuring the efficient movement of goods and services. With growing urbanisation and traffic congestion, optimising traffic flows has become crucial.

The study monitors traffic flows using BriefCam software to enhance sustainable urban logistics. Cost-effective surveillance systems like CCTV generate vast data, opening new opportunities for improving traffic flow monitoring. Traditional methods, while reliable, are limited by labour intensity, cost, and accuracy. BriefCam software optimises vehicle monitoring through structured methodologies, including collection of data, filter application, result validation, and data generation. Utilising this data provides insights to improve traffic management, urban transport speed, and sustainable logistics practices.

Modern cities use affordable CCTV systems, operating 24/7 and accumulating vast data suitable for automated traffic monitoring. Traditional methods require significant labour and costs, whereas floating car data (FCD) offers real-time traffic data collection, despite some reliability issues. BriefCam provides an innovative approach with a structured methodology for monitoring vehicles, aiding in sustainable urban logistics by optimising traffic flows and improving urban transport speed.

The article provides a detailed look at the methods used in the study, the process of using BriefCam to monitor vehicles, the filters applied for detailed analysis, techniques for verifying the results, and general conclusions drawn from the study. Efficient traffic management based on this analysis can lead to additional measures during peak hours, optimising traffic lights, and increasing lanes. Knowing the time frames when freight vehicle numbers rise helps businesses plan deliveries to avoid peak congestion, enhancing logistics efficiency.

BriefCam software offers immediate insights for reducing congestion, enhancing safety, and improving urban quality of life. Integrating digital approaches with traditional methods provides a comprehensive view of traffic dynamics, which aids urban planners and policymakers in optimising strategies, reducing emissions, and creating better living conditions in cities.

Keywords: traffic monitoring, urban traffic management, intelligent transport systems, freight traffic flow.