

УДК 656.13:519.2

К. М. Березька*

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9632-4004>

кафедра прикладної математики

Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, вул. Львівська, 11, Україна, 46009

О. С. Шевчук

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8283-4620>

кафедра транспорту і логістики

Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, вул. Львівська, 11, Україна, 46009

М. В. Буряк

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5332-1498>

кафедра транспорту і логістики

Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, вул. Львівська, 11, Україна, 46009

Ю. О. Рутецький

аспірант, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3227-3874>

кафедра комп'ютерної інженерії

Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, вул. Львівська, 11, Україна, 46009

*автор для листування, e-mail: km.berezka@gmail.com

Методика ранжування дорожніх сегментів міської мережі на основі показників завантаження та середньої швидкості в ранковий і вечірній піки

Цитувати як:

Березька, К. М., Шевчук, О. С., Буряк, М. В., Рутецький, Ю. О. (2026). Методика ранжування дорожніх сегментів міської мережі на основі показників завантаження та середньої швидкості в ранковий і вечірній піки. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 25, 401-415. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2026-15\(25\)-30](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2026-15(25)-30)

© 2026, Автори. Публікується згідно рекомендацій ліцензії [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Анотація. У статті розроблено методику розрахункової просторово-часової оцінки умов функціонування міської вулично-дорожньої мережі на рівні дорожніх сегментів. Вихідними даними є геопросторові показники інтенсивності завантаження та середньої швидкості руху в ранковий (AM) і вечірній (PM) періоди. Для забезпечення порівнянності результатів застосовано мін–макс нормування показників і сформовано інтегральний індекс конгестивності CI , який поєднує компоненти завантаження та швидкості в єдиній безрозмірній шкалі й дозволяє ранжувати сегменти за рівнем проблемності. Методика передбачає: підготовку єдиної аналітичної таблиці для сегментів; розрахунок CI окремо для AM та PM; визначення максимального значення CI_{max} як узагальненої характеристики пікової проблемності; оцінювання зміни умов руху між періодами за показником $\Delta CI = CI_{pm} - CI_{am}$. На основі CI_{am} , CI_{pm} та ΔCI виконується ранжування й виділення пріоритетних ділянок, що потребують першочергових організаційних або інфраструктурних заходів (оптимізація режимів регулювання,

удосконалення схем руху, локальні заходи підвищення пропускної здатності). Апробацію методики виконано на даних міської мережі (на прикладі м. Тернополя), що дало змогу сформувати перелік сегментів з найбільшими значеннями індексу конгестивності в АМ/РМ та визначити ділянки з найбільшим погіршенням транспортного режиму у вечірній період. Підхід є відтворюваним і може бути реалізований у середовищі ГІС та/або табличних процесорів для регулярного моніторингу, порівняння альтернативних схем організації руху та підготовки аналітичних матеріалів для проєктних рішень у міському будівництві. Отримані результати можуть бути використані як інженерно-аналітична основа для обґрунтування пріоритетів проєктних рішень і планування заходів з підвищення ефективності функціонування вулично-дорожньої мережі.

Ключові слова: вулично-дорожня мережа; дорожні сегменти; інтенсивність завантаження; конгестивність; просторово-часовий аналіз

Вступ

Зростання рівня автомобілізації, зміни просторової структури міста та концентрація поїздок у пікові години формують стійку проблему заторів у міських вулично-дорожніх мережах. Перевантаження ключових ділянок призводить до зниження середніх швидкостей, збільшення часу поїздок, нерівномірного розподілу потоків та зростання витрат користувачів і міської економіки загалом. В умовах обмежених можливостей швидкого розширення інфраструктури особливої ваги набуває оперативна діагностика «вузьких місць» мережі та пріоритизація ділянок, де організаційні або локальні інфраструктурні заходи можуть забезпечити найбільший ефект. Такий підхід узгоджується з державними пріоритетами розвитку транспортної системи та потребами збалансованого просторового розвитку міст [1, 2].

Актуальність проблеми наочно проявляється на прикладі вулично-дорожньої мережі м. Тернополя, де транспортні потоки концентруються на магістральних коридорах і підходах до центральної частини міста, а також на ділянках, що забезпечують зв'язок між житловими районами та діловими й соціальними осередками. Для міста середнього розміру характерні обмежена ширина проїзної частини, наявність «пляшкових горлечок» біля мостів, перехресть і розв'язок, а також висока залежність пропускної здатності від режимів регулювання та геометрії підходів. У результаті навіть відносно невеликі зміни попиту в ранковий і вечірній пікові періоди можуть суттєво погіршувати умови руху на окремих сегментах мережі.

Проблема заторів тісно пов'язана з ефективністю пересування та якістю функціонування міської вулично-дорожньої мережі. Зміни швидкісного режиму та зростання рівня завантаження зумовлюють коливання часу поїздок у пікові години, що використовується в сучасних

практиках моніторингу як основа для оцінювання транспортних умов. Для міського управління та планування інфраструктурних рішень важливо одночасно враховувати два базові показники функціонування руху: завантаження та середню швидкість [3-5].

У практичних умовах дедалі частіше доступними стають просторові дані у вигляді картографічних шарів, що відображають завантаженість та швидкість на дорожніх сегментах у різні періоди доби (зокрема вранці та ввечері). Для м. Тернополя джерелом інформації можуть бути, зокрема, реєстри інтенсивності руху та завантаженості доріг у межах відкритих даних [6], а також сучасні цифрові сервіси та інструменти отримання показників швидкості й прив'язування до дорожньої мережі [7, 8]. Такі дані дають змогу не лише якісно описати проблемні коридори, а й кількісно порівнювати сегменти між собою: визначати ділянки з високим завантаженням і сегменти зі зниженням швидкості у пікові години.

У дослідженні використано характеристики транспортного режиму (інтенсивність завантаження та середня швидкість) як середні значення для ранкового та вечірнього пікових періодів (AM/PM). Це дає змогу виконати просторове порівняння сегментів мережі та сформувані рейтинг проблемності як інженерно-аналітичну основу для пріоритизації організаційних і локальних інфраструктурних заходів.

Аналіз літературних джерел та постановка проблеми. Стаття є продовженням і розвитком прикладних досліджень, присвячених питанням модернізації транспортної інфраструктури середніх міст України та обґрунтуванню напрямів її удосконалення [9]. З огляду на нормативні вимоги до планування і забудови територій [1] та положення Національної транспортної стратегії України до 2030 року [2], для міст актуальною є задача підвищення ефективності функціонування вулично-дорожньої мережі шляхом обґрунтованого вибору пріоритетних ділянок для втручань.

Окремий напрям прикладних досліджень в Україні пов'язаний із підвищенням ефективності транспортних систем міст через оптимізацію транспортних мереж та маршрутної організації перевезень; зокрема, на прикладі м. Черкаси продемонстровано можливості оптимізації мережі транспорту загального користування з урахуванням просторових обмежень і параметрів функціонування міської інфраструктури [10]. Це підтверджує актуальність інженерно-аналітичних підходів до оцінювання мережі та вибору пріоритетів удосконалення її елементів.

Методичні підходи до оцінювання умов руху та рівня обслуговування міських вулиць традиційно базуються на аналізі швидкості, інтенсивності, затримок та інших показників транспортного процесу. Узагальнені принципи оцінювання пропускнуої здатності та умов

руху для різних видів вулично-дорожніх елементів систематизовано у сучасних довідкових методиках, зокрема в Highway Capacity Manual [3]. У роботах оглядового характеру наведено систематизацію показників конгестивності та підходів до їх обчислення на основі даних спостережень, у тому числі даних, орієнтованих на швидкість та її зміну в часі [4]. Практичні приклади оцінювання конгестивності на основі даних рухомих спостережень (floating car data) для міських мереж наведені в [5], що підтверджує доцільність використання швидкості як ключового індикатора умов руху на сегментному рівні.

Окрім суто технічних показників умов руху (швидкість, завантаження, затримки), у літературі підкреслюється вплив конгестивності на якість пересування та “дискомфорт” користувачів транспортної системи, що опосередковано відображає соціально-економічну значущість зменшення перевантажень у пікові періоди [11].

У сучасних системах моніторингу широко застосовують індекси та агреговані метрики, які поєднують швидкість і завантаження для порівняння ділянок і визначення пікових перевантажень; прикладом є методичні підходи, представлені в аналітичних звітах і платформах оцінювання трафіку [8]. Додатково технічні інструменти отримання та прив’язування дорожніх атрибутів (зокрема показників швидкості та лінійної прив’язки) описані в документації відповідних API [7], що може бути використано при формуванні єдиного набору геопросторових даних для аналізу. Для локальних досліджень на рівні міста практичне значення мають також муніципальні відкриті дані, які містять реєстри інтенсивності руху та завантаженості доріг [6].

Таким чином, проблема полягає у необхідності відтвореної розрахункової методики, яка дозволяє уніфіковано порівнювати дорожні сегменти з різними масштабами показників у ранковий та вечірній пікові періоди, формувати інтегральний індикатор конгестивності та виконувати ранжування ділянок для обґрунтування пріоритетів організаційних і локальних інфраструктурних заходів. Саме на розв’язання цієї задачі й спрямоване дане дослідження.

Мета і завдання дослідження. Метою цієї роботи є порівняльний просторово-часовий аналіз дорожніх сегментів вулично-дорожньої мережі м. Тернополя за показниками завантаження та швидкості у ранковий і вечірній періоди. Для досягнення мети вирішуються такі завдання:

– сформуувати єдиний набір даних для сегментів мережі з показниками середньої інтенсивності завантаження сегмента та середньої швидкості в AM/PM;

- порівняти ранковий та вечірній режими шляхом обчислення змін середньої інтенсивності завантаження сегмента та середньої швидкості та визначити сегменти з найбільш вираженими піковими ефектами;
- побудувати інтегральні індикатори проблемності руху, придатні для ранжування сегментів і виявлення “гарячих точок”.

Матеріали та методи

1. Вихідні дані та одиниця аналізу

Одиницею аналізу в роботі є дорожній сегмент (ділянка вулично-дорожньої мережі між суміжними вузлами/перехрестями), для якого наявні показники функціонування руху та безпеки. Для кожного сегмента $i = 1, \dots, n$ сформовано набір змінних:

- L_i^{am} , L_i^{pm} – середня інтенсивність завантаження сегмента у ранковий та вечірній періоди відповідно (у вихідній шкалі даних, наприклад 0–1);
- V_i^{am} , V_i^{pm} – середня швидкість руху на сегменті у ранковий та вечірній періоди (км/год).

2. Порівняння ранкового та вечірнього періодів

Для виявлення часових відмінностей між ранковим та вечірнім піковими режимами для кожного сегмента обчислено абсолютні та відносні зміни показників:

- абсолютна зміна завантаження:

$$\Delta L_i = L_i^{pm} - L_i^{am}. \quad (1)$$

- абсолютна зміна швидкості:

$$\Delta V_i = V_i^{pm} - V_i^{am}. \quad (2)$$

- відносні коефіцієнти “піковості”:

$$K_{L,i} = \frac{L_i^{pm}}{L_i^{am}}, \quad K_{V,i} = \frac{V_i^{pm}}{V_i^{am}}, \quad (3)$$

які дозволяють класифікувати сегменти за домінуючим періодом навантаження (вищі значення $K_{L,i}$ означають вищу завантаженість у РМ порівняно з АМ; аналогічно значення $K_{V,i}$ означають вищу швидкість у РМ порівняно з АМ для швидкості).

На рівні мережі (або її підмереж) виконано описове порівняння розподілів L^{am} проти L^{pm} та V^{am} проти V^{pm} (середні значення, медіани, мінімальне і максимальне значення), а також просторове зіставлення сегментів з найбільшими ΔL_i та найбільшим падінням швидкості ($\Delta V_i < 0$).

3. Нормування показників та формування індексу “конгестивності”

Для уніфікації порівнянь між сегментами та запобігання домінуванню показників з різними шкалами застосовано мін–макс нормування до інтервалу $[0;1]$. Для кожного періоду $t \in \{am, pm\}$:

– нормоване завантаження:

$$L_{i,t}^* = \frac{L_i^t - L_{\min}^t}{L_{\max}^t - L_{\min}^t}, \quad (4)$$

– нормована швидкість:

$$V_{i,t}^* = \frac{V_i^t - V_{\min}^t}{V_{\max}^t - V_{\min}^t}. \quad (5)$$

Оскільки зростання завантаження погіршує умови руху, а зростання швидкості – навпаки покращує, для швидкості використано інверсію $(1 - V_{i,t}^*)$ як показник “повільності”.

Для комплексної оцінки проблемності режиму руху на сегменті введено індекс конгестивності (CI):

$$CI_{i,t} = \alpha L_{i,t}^* + (1 - \alpha)(1 - V_{i,t}^*), \quad (6)$$

де $\alpha \in [0;1]$ – ваговий параметр. У дослідженні приймається $\alpha=0.5$, що забезпечує рівний внесок завантаження та швидкості. Значення $CI_{i,t}$ належать до $[0;1]$, де більші значення відповідають гіршим умовам руху (високе завантаження та/або низька швидкість [6–8, 20]).

На основі $CI_{i,am}$ та $CI_{i,pm}$ виконано ранжування сегментів для виділення “гарячих точок” у ранковий і вечірній періоди, а також аналіз переходу проблемності між періодами через $\Delta CI_i = CI_{i,pm} - CI_{i,am}$.

Результати та обговорення

На першому етапі було виконано порівняльний аналіз показників інтенсивності завантаження та середньої швидкості руху на дорожніх сегментах вулично-дорожньої мережі м. Тернополя у ранковий та вечірній періоди.

Отримані результати свідчать, що просторовий розподіл транспортного навантаження є нерівномірним: частина сегментів формує стійкі коридори підвищеного завантаження, тоді як інші ділянки характеризуються помірним або низьким навантаженням. Аналогічно, середні швидкості руху демонструють суттєву просторову варіацію, що

вказує на відмінності в умовах пропускної здатності, геометрії вулиць, режимах регулювання та інтенсивності конфліктних маневрів.

На рис. 1–2 наведено картографічну візуалізацію показників завантаження та швидкості у ранковий і вечірній періоди. На рис. 1 (а, б) показано просторовий розподіл інтенсивності завантаження сегментів мережі в АМ/РМ, а на рис. 2 (а, б) – просторовий розподіл середньої швидкості руху. Візуальний аналіз дозволяє виділити ділянки, для яких характерне поєднання високого завантаження та низької швидкості, що є ознакою несприятливого транспортного режиму.



а)



б)

Рис. 1. Картографічна візуалізація показників завантаження у ранковий (а) і вечірній (б) періоди



а)



б)

Рис. 2. Картографічна візуалізація показників швидкості у ранковий (а) і вечірній (б) періоди

Для кількісного порівняння ранкового та вечірнього періодів було обчислено зміни показників ΔL_i та ΔV_i . Це дало змогу ідентифікувати сегменти, на яких у вечірній період спостерігається посилення навантаження та/або зниження швидкості, а також сегменти зі зворотним

характером динаміки. Такий підхід є корисним для виявлення часово-специфічних “вузьких місць” міської мережі.

З метою інтегральної оцінки проблемності умов руху для кожного сегмента були розраховані значення індексу конгестивності CI_{am} та CI_{pm} , які враховують одночасно рівень завантаження та швидкість руху. Перевагою такого індексу є можливість порівнювати сегменти між собою в єдиній шкалі, незалежно від відмінностей у вихідних одиницях виміру показників.

Для наочного порівняння умов руху у ранковий та вечірній пікові періоди виконано картографічну візуалізацію значень індексу конгестивності CI_{am} та CI_{pm} (рис. 3). Для кожного дорожнього сегмента подано два числові значення, що відповідають ранковому та вечірньому пікам, що дозволяє безпосередньо зіставити зміну проблемності сегмента між періодами. Червоним кольором виділено сегменти, для яких хоча б в один із пікових періодів рівень конгестивності перевищує порогове значення 0,7. Така візуалізація забезпечує оперативне виявлення локальних «вузьких місць» мережі та сегментів підвищеної проблемності, які доцільно розглядати як пріоритетні для подальшого аналізу й інженерних заходів.

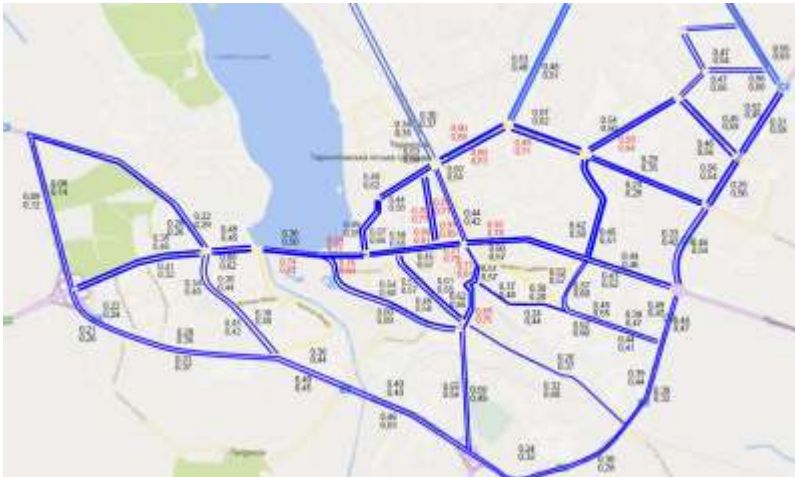


Рис. 3. Картографічна візуалізація індексу конгестивності дорожніх сегментів у ранковий та вечірній піки

У таблиці 1 наведено узагальнені статистичні характеристики показників завантаження, швидкості та індексу конгестивності для ранкового і вечірнього періодів.

У таблиці 2 подано перелік сегментів із критичними умовами руху, для яких CI^{max} перевищує порогове значення 0,7 (у ранковий та/або вечірній пікові періоди).

Таблиця 1. Описова статистика показників завантаження, швидкості та індексу конгестивності дорожніх сегментів у ранковий (AM) та вечірній (PM) періоди

Показник	Середнє	Медіана	Мін–макс
Інтенсивність завантаження, індекс (AM)	0,385	0,360	0,090–1,000
Інтенсивність завантаження, індекс (PM)	0,374	0,355	0,070–0,880
Середня швидкість, км/год (AM)	31,53	29,00	8–70
Середня швидкість, км/год (PM)	32,80	30,00	15–70
Індекс конгестивності (AM)	0,473	0,461	0,077–0,967
Індекс конгестивності (PM)	0,526	0,523	0,123–0,942

Таблиця 2. Сегменти з критичними умовами руху за індексом конгестивності ($CI^{max} > 0,7$)
 (показано CI_{am} , CI_{pm} , CI^{max} та період критичності)

Сегмент	CI_{am}	CI_{pm}	CI^{max}	Період критичності
міст техн. у-т (до центру)	0,967	0,892	0,967	AM і PM
вул. Тарнавського (від центру)	0,575	0,942	0,942	PM
вул. Збаразька (до центру)	0,903	0,882	0,903	AM і PM
вул. Торговиця (до ринку)	0,600	0,893	0,893	PM
вул. Збаразька (від центру)	0,802	0,826	0,826	AM і PM
вул. Бандери початок (до центру)	0,823	0,776	0,823	AM і PM
вул. Руська завершення (на захід)	0,661	0,812	0,812	PM
вул. Татарська (до ринку)	0,711	0,807	0,807	AM і PM
міст техн. у-т (від центру)	0,709	0,790	0,790	AM і PM
вул. Хмельницького	0,695	0,769	0,769	PM

(від вокзалу)				
вул. Руська початок (від центру)	0,641	0,769	0,769	PM
вул. Замонастирська (від ринку)	0,689	0,752	0,752	PM
вул. Замонастирська (до ринку)	0,623	0,751	0,751	PM
вул. Руська початок (до центру)	0,748	0,641	0,748	AM
ділянка біля озера (до центру)	0,744	0,571	0,744	AM
вул. Хмельницького (до вокзалу)	0,738	0,714	0,738	AM і PM
вул. Злуки початок (від центру)	0,493	0,708	0,708	PM

Примітка: $CI^{max} = \max(CI_{am}, CI_{pm})$.

Як видно з таблиці 2, критичні умови руху ($CI^{max} > 0,7$) зосереджені на обмеженій кількості сегментів. Для частини ділянок перевищення порога спостерігається в обох пікових періодах (AM і PM), тоді як для інших – лише у вечірній або лише у ранковий пік. Додатково, у таблиці 3 наведено сегменти з найбільшими змінами ΔCI між ранковим та вечірнім періодами, що дозволяє виділити ділянки з найбільш вираженим погіршенням або покращенням умов руху.

Таблиця 3. Сегменти з найбільшими змінами індексу конгестивності між ранковим та вечірнім періодами (ТОП-5 зростання та ТОП-5 зменшення $\Delta CI = CI_{pm} - CI_{am}$)

Тип зміни	Сегмент	CI_{am}	CI_{pm}	ΔCI
$\Delta CI > 0$ (PM > AM)	вул. Тарнавського (від центру)	0,575	0,942	0,367
$\Delta CI > 0$ (PM > AM)	вул. 15 квітня (середина) (від Східного)	0,248	0,555	0,306
$\Delta CI > 0$ (PM > AM)	вул. Торговиця (до ринку)	0,600	0,893	0,293
$\Delta CI > 0$ (PM > AM)	вул. 15 квітня (початок) (від Східного)	0,310	0,585	0,276
$\Delta CI > 0$ (PM > AM)	вул. Злуки початок (від центру)	0,493	0,708	0,215

$\Delta CI < 0$ (PM < AM)	ділянка біля озера (до центру)	0,744	0,571	-0,173
$\Delta CI < 0$ (PM < AM)	вул. Руська початок (до центру)	0,748	0,641	-0,107
$\Delta CI < 0$ (PM < AM)	вул. Монастирського (від Східного)	0,302	0,203	-0,098
$\Delta CI < 0$ (PM < AM)	вул. Микулинецька (до центру)	0,585	0,494	-0,091
$\Delta CI < 0$ (PM < AM)	вул. Бережанська (до центру)	0,405	0,322	-0,083

Висновки

1. За результатами аналізу геопросторових даних про завантаження та швидкість руху на 98 дорожніх сегментах вулично-дорожньої мережі м. Тернополя підтверджено просторову неоднорідність транспортного режиму в пікові години.

2. У середньому вечірній період характеризується більш несприятливими умовами руху, що відображається вищим середнім значенням індексу конгестивності у РМ порівняно з АМ.

3. Індекс конгестивності, сформований на основі нормованих показників завантаження та швидкості, є придатним для уніфікованого порівняння та ранжування сегментів і дозволяє виділяти стійко проблемні ділянки.

4. Індексні оцінки дозволили ідентифікувати сегменти, для яких рівень конгестивності перевищує порогове значення вранці або ввечері, та встановити ділянки зі значним погіршенням/покращенням умов руху у вечірній пік відносно ранкового.

5. Запропонована процедура інформаційної обробки даних (уніфікація, нормування, обчислення СІ та аналіз ΔCI) може використовуватись як інструмент швидкого скринінгу «вузьких місць» та формування пріоритетів для подальшого інженерного обстеження й оперативної оптимізації організації дорожнього руху, а також – для розробки заходів з реконструкції проїзної частини на дорожніх сегментах вулично-дорожньої мережі міст.

Конфлікти інтересів

Автори заявляють, що у них немає конфлікту інтересів щодо поточного дослідження, включаючи фінансовий, особистий, авторський чи будь-який інший, який міг би вплинути на дослідження, а також на результати, наведені в цьому документі.

Фінансування

Дослідження проводилося без фінансової підтримки.

Доступність даних

Усі дані доступні в цифровій або графічній формі в основному тексті статті.

Використання штучного інтелекту

Автори підтверджують, що при створенні поточної роботи вони не використовували технології штучного інтелекту.

References

1. DBN B.2.2-12:2019. (2019). Planuvannia ta zabudova terytorii [Planning and development of territories]. Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine. https://dbn.co.ua/pay/pub01/dbn-B-2212_planuvannya.pdf
2. Natsionalna transportna stratehiia Ukrainy na period do 2030 roku [National transport strategy of Ukraine for the period up to 2030]. (2018). Cabinet of Ministers of Ukraine. https://publications.chamber.ua/2017/Infrastructure/UDD/National_Transport_Stategy_2030.pdf
3. Transportation Research Board. (2022). Highway capacity manual (7th ed.): A guide for multimodal mobility analysis. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. <https://doi.org/10.17226/26432>
4. Afrin, T., & Yodo, N. (2020). A Survey of Road Traffic Congestion Measures towards a Sustainable and Resilient Transportation System. *Sustainability*, 12(11), 4660. <https://doi.org/10.3390/su12114660>
5. Kong, X., Xu, Z., Shen, G., Wang, J., Yang, Q., & Zhang, B. (2016). Urban traffic congestion estimation and prediction based on floating car trajectory data. *Future Generation Computer Systems*, 61, 97–107. <https://doi.org/10.1016/j.future.2015.11.013>
6. Portal vidkrytykh danykh m. Ternopolia [Open data portal of Ternopil]. (n.d.). Reiestr intensyvnosti rukhu ta zavantazhenosti dorih [Register of traffic intensity and road congestion]. <https://ternopilcity.gov.ua/normative-documents/vidkriti-dani/>
7. Google. (n.d.). Speed limits | Roads API. Google Maps Platform. Retrieved March 24, 2026, from <https://developers.google.com/maps/documentation/roads/speed-limits>
8. TomTom. (2026). Traffic Index e-book: Methodological report. <https://www.tomtom.com/traffic-index/>
9. Shevchuk, O. S., Zakharchuk, O. P., Falovych, N. M., Berezka, K. M., & Siran, R. V. (2024). Kontseptualni osnovy modernizatsii transportnoi infrastruktury serednikh mist v Ukraini [Conceptual foundations for the modernization of transport infrastructure of medium-sized cities in Ukraine]. *Suchasni tekhnologii v mashynobuduvanni ta transporti*, 1(22), 369–377. <https://doi.org/10.36910/automash.v1i22.1380>
10. Bilichenko, V. V., Tarandushka, L. A., Kostian, N. L., & Pylypenko, O. M. (2021). Optyimizatsiia merezhi transportu zahalnoho korystuvannia na prykladi m. Cherkasy [Optimization of the public transport network on the example of Cherkasy]. *Visnyk mashynobuduvannia ta transportu*, 1(13), 13–22. <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2021-13-1-13-22>

11. de Palma, A., Kilani, M., & Proost, S. (2015). Discomfort in mass transit and its implication for scheduling and pricing. *Transportation Research Part B: Methodological*, 71, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2014.10.001>

Література

1. ДБН Б.2.2-12:2019. (2019). Планування та забудова територій. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. https://dbn.co.ua/pay/pub01/dbn-B-2212_planuvannya.pdf

2. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року. (2018). Кабінет Міністрів України. https://publications.chamber.ua/2017/Infrastructure/UDD/National_Transport_Strategy_2030.pdf

3. Transportation Research Board. (2022). Highway capacity manual (7th ed.): A guide for multimodal mobility analysis. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. <https://doi.org/10.17226/26432>

4. Afrin, T., & Yodo, N. (2020). A Survey of Road Traffic Congestion Measures towards a Sustainable and Resilient Transportation System. *Sustainability*, 12(11), 4660. <https://doi.org/10.3390/su12114660>

5. Kong, X., Xu, Z., Shen, G., Wang, J., Yang, Q., & Zhang, B. (2016). Urban traffic congestion estimation and prediction based on floating car trajectory data. *Future Generation Computer Systems*, 61, 97–107. <https://doi.org/10.1016/j.future.2015.11.013>

6. Портал відкритих даних м. Тернополя. (б. д.). Реєстр інтенсивності руху та завантаженості доріг. <https://ternopolcity.gov.ua/normative-documents/vidkriti-dani/>

7. Google. (n.d.). Speed limits | Roads API. Google Maps Platform. Retrieved March 24, 2026, from <https://developers.google.com/maps/documentation/roads/speed-limits>

8. TomTom. (2026). Traffic Index e-book: Methodological report. <https://www.tomtom.com/traffic-index/>

9. Шевчук, О. С., Захарчук, О. П., Фалович, Н. М., Березька, К. М., & Сіран, Р. В. (2024). Концептуальні основи модернізації транспортної інфраструктури середніх міст в Україні. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті, 1(22), 369–377. <https://doi.org/10.36910/automash.v1i22.1380>

10. Біліченко, В. В., Тарандушка, Л. А., Костьян, Н. Л., & Пилипенко, О. М. (2021). Оптимізація мережі транспорту загального користування на прикладі м. Черкаси. Вісник машинобудування та транспорту, 1(13), 13–22. <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2021-13-1-13-22>

11. de Palma, A., Kilani, M., & Proost, S. (2015). Discomfort in mass transit and its implication for scheduling and pricing. *Transportation Research Part B: Methodological*, 71, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2014.10.001>

Відомості про статтю:	Article information:
Отримано 14.05.2026	Received 14.05.2025
Отримано у доопрацьованому вигляді 25.05.2025	Received in revised form 25.05.2025
Прийнято 27.05.2025	Accepted 27.05.2025
Опубліковано 29.05.2025	Published 29.05.2025

K. M. Berezka*

Ph.D. in Engineering, Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9632-4004>
Department of Applied Mathematics

West Ukrainian National University, Lvivska St., 11, Ternopil, Ukraine, 46009

O. S. Shevchuk,

PhD in Engineering, Associate Professor ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8283-4620>

Department of Transport and Logistics

Western Ukrainian National University, Lvivska St., 11, Ternopil, Ukraine, 46009

M. V. Buriak,

PhD in Engineering, Associate Professor, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5332-1498>

Department of Transport and Logistics

Western Ukrainian National University, Lvivska St., 11, Ternopil, Ukraine, 46009

Y. O. Rutetskyi

Post-graduate student, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3227-3874>

Department of Computer Engineering

West Ukrainian National University, Lvivska St., 11, Ternopil, Ukraine, 46009

* corresponding author, e-mail: km.berezka@gmail.com

A Methodology for Ranking Urban Road Segments Based on Morning/Evening Peak Load and Average Speed

How to Cite:

Berezka, K. M., Shevchuk, O.S, Buriak, M. V, Rutetskyi, Y. O. (2026). A Methodology for Ranking Urban Road Segments Based on Morning/Evening Peak Load and Average Speed. *Modern technologies and methods of calculations in construction*, 25, 401-415. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2026-15\(25\)-30](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2026-15(25)-30)

Abstract. The paper proposes a calculation-based methodology for spatiotemporal assessment of operating conditions of an urban road network at the road-segment level. The input data comprise geospatial indicators of traffic load and average speed during the morning (AM) and evening (PM) periods. To ensure comparability across segments, min-max normalization is applied and a composite Congestion Index (CI) is constructed, integrating load and speed into a single dimensionless scale and enabling segment ranking by the level of operational deficiency. The methodology includes: forming a unified analytical dataset for road segments; computing CI separately for AM and PM; determining the maximum value, CI^{max} , as an aggregated characteristic of peak-period criticality; and quantifying inter-period changes in operating conditions using $\Delta CI = CI_{pm} - CI_{am}$. Based on CI_{am} , CI_{pm} , and ΔCI , segments are ranked and priority sections are identified for first-order traffic management or infrastructure interventions (signal timing optimization, improvement of traffic schemes, and localized capacity enhancement measures). The methodology is validated using an urban network dataset (case study: Ternopil), which makes it possible to compile a list of segments with the highest congestion-index values in AM/PM and to identify sections exhibiting the greatest deterioration of traffic conditions in the evening period. The proposed approach is reproducible and can be implemented in GIS and/or spreadsheet environments for regular monitoring, comparison of alternative traffic organization schemes, and preparation of analytical inputs for engineering design decisions in urban construction. The results can serve as an engineering-analytical basis for prioritizing design solutions and planning measures aimed at improving the efficiency of urban road network operation.

Keywords: urban road network; road segments; congestion load; congestion index; spatiotemporal analysis