

Краудсорсингові відкриті геодані для оцінки ризиків доставки «останньої милі»: порівняльний аналіз джерел і підходів

<https://doi.org/10.17721/2786-4561.2026.7.1-1/14>

Коляда Є. В.

<https://orcid.org/0009-0001-7938-6713>

Надійшла до редакційної колегії 10.02.2026

Київський національний університет імені Тараса
Шевченка, м. Київ, Україна, yehor1233@gmail.com

Прийнята: 30.04.2026

Анотація. Вступ. Стаття присвячена порівняльному аналізу краудсорсингових відкритих геоданих та ГІС-підходів, що застосовуються для оцінки просторових ризиків доставки «останньої милі» у міській логістиці. Попри широкий спектр наявних джерел геоданих і аналітичних підходів, їхній систематичний порівняльний аналіз у контексті логістичних задач залишається фрагментарним. Методи. На основі структурованого аналізу наукової літератури та документації відкритих платформ здійснено пошук, систематизацію та критичну оцінку семи ключових джерел геоданих і п'яти класів ГІС-підходів. Оцінку джерел здійснено за критеріями: географічне охоплення, актуальність, просторова деталізація, покриття груп ризику та ліцензійні умови. Результати. Показано, що жодне з розглянутих джерел не забезпечує повного покриття усіх груп просторових ризиків; натомість встановлено їхню комплементарність. Класифіковано ГІС-підходи від статичного мережевого аналізу до предиктивних методів машинного навчання у поєднанні з просторовим аналізом. Висновки. Обґрунтовано, що найбільш перспективним є інтеграційний мультиджерельний підхід у єдиному ГІС-аналітичному пайплайні; окреслено напрями подальших прикладних досліджень.

Ключові слова: «остання миля», краудсорсингові геодані, OpenStreetMap, ГІС, просторові ризики, міська логістика, мережевий аналіз.

Crowdsourced open geodata for last-mile delivery risk assessment: a comparative analysis of sources and approaches

Koliada Y. V.

<https://orcid.org/0009-0001-7938-6713>

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,
yehor1233@gmail.com

Abstract. Introduction. The article addresses the comparative analysis of crowdsourced open geodata sources and GIS-based methods applicable to spatial risk assessment in last-mile urban logistics. Despite the broad variety of available data platforms and analytical approaches, their systematic comparative evaluation in the context of logistics risk tasks remains fragmented in the literature. Methods. Based on a structured review of scientific literature and open-platform documentation, a search, systematisation, and critical evaluation of seven key geodata sources and five classes of GIS approaches for spatial risk analysis was carried out. Sources are evaluated across five criteria: geographic coverage, data freshness, spatial granularity, risk-group coverage, and licensing terms. Results. No single source was found to provide complete coverage across all spatial risk groups; instead, a clear complementarity between sources was established. Five classes of GIS approaches are classified along a spectrum from static network analysis to predictive machine-learning methods combined with spatial analysis. Conclusions. An integrative multi-source approach within a unified GIS analytical pipeline is argued to be the most promising direction, and a research agenda for subsequent empirical studies is outlined.

Keywords: last-mile delivery, crowdsourced geodata, OpenStreetMap, GIS, spatial risk, urban logistics, network analysis.

Вступ. Термін «остання миля» (last-mile delivery) набув широкого вжитку у логістичній літературі наприкінці 1990-х -на початку 2000-х років у контексті телекомунікаційних мереж, де позначав фінальний відрізок з'єднання між провайдером та кінцевим абонентом. У транспортній і логістичній науці це поняття закріпилось для позначення фінального етапу товаропостачання -від регіонального розподільчого центру або локального хабу безпосередньо до кінцевого отримувача: квартири, офісу, пункту видачі. Назва є умовною і не обов'язково відповідає фізичній відстані: залежно від міської морфології та розміщення інфраструктури, «остання миля» може охоплювати від декількох сотень метрів до 15–20 кілометрів.

Міська логістика стикається з парадоксом, давно зафіксованим у дослідницькій літературі: попри те, що доставка «останньої милі» становить лише незначну частку загального транспортного маршруту, вона, за оцінками окремих досліджень, поглинає від 40 до 60 відсотків сукупних логістичних витрат підприємства (Boysen et al., 2021; Savelsbergh & Van Woensel, 2016). Причина цього дисбалансу криється не у відстані, а у просторовій складності міського середовища: щільна забудова, різноманітні регуляторні режими, динамічні затори, сезонні погодні чинники -усе це формує надзвичайно неоднорідне і мінливе операційне середовище, в якому кожна точка доставки є унікальною з погляду операційних ризиків.

Поняття «просторовий ризик» у контексті останньої милі охоплює ймовірність того, що певна ділянка дорожньої мережі або точка доставки унеможливить, суттєво ускладнить або здорожчить виконання замовлення. Такий ризик є багатовимірним: він включає фізичну недоступність адреси (надто вузький проїзд, тупик, висотне обмеження), регуляторні заборони (вантажозаборонені зони, часові обмеження), динамічні перешкоди (затори, перекриття внаслідок ДТП чи будівельних робіт), надмірну концентрацію попиту в одному районі та несприятливі погодні умови. Кожна з цих складових має виражену просторову природу -і, отже, може бути проаналізована засобами геоінформаційних систем.

Стрімкий розвиток краудсорсингових платформ та рух відкритих даних суттєво розширили доступний аналітичний інструментарій. Платформи на кшталт OpenStreetMap, Waze або Uber Movement генерують великі масиви просторово прив'язаних даних, які потенційно здатні охопити різні виміри логістичного ризику. Разом із тим дослідники та практики стикаються зі спільною проблемою: яке джерело обрати для конкретної аналітичної задачі? Які методи ГІС є найбільш придатними для кожного типу ризику? Де пролягають межі застосовності відкритих даних порівняно з комерційними альтернативами?

Питання повноти та якості краудсорсингових геоданих для транспортних задач дедалі більше привертає увагу дослідників. Barrington-Leigh & Millard-Ball (2017) встановили, що для більшості великих міських агломерацій охоплення дорожньої мережі у базі OpenStreetMap перевищує 80%, однак якість семантичних атрибутів -тегів обмежень, регуляторних схем залишається нерівномірною. Boeing (2017) розробив методологію мережевого аналізу міських вулиць на основі даних OSM, яка набула широкого застосування у транспортних дослідженнях. Amin-Naseri et al. (2018) кількісно оцінили надійність і охоплення краудсорсингових повідомлень про транспортні події у системі Waze, показавши, що їхня цінність суттєво залежить від щільності активних користувачів у зоні. Biljecki et al. (2023) провели глобальну оцінку якості атрибутивних даних OpenStreetMap, зафіксувавши значну просторову варіативність повноти -особливо для семантичних тегів, критично важливих для логістичних задач. Проте порівняльний аналіз саме логістично-релевантних властивостей різних краудсорсингових платформ у єдиній аналітичній рамці залишається фрагментарним.

Мета статті -систематизувати та порівняти краудсорсингові відкриті геодані та ГІС-методи, придатні для оцінки просторових ризиків доставки «останньої милі» у міській агломерації. Завдання: виокремити ключові групи просторових ризиків як аналітичні категорії; провести порівняльний аналіз основних відкритих джерел геоданих за сукупністю

критеріїв, релевантних для логістичних задач; класифікувати наявні ГІС-підходи до аналізу ризиків; визначити умови та пріоритети інтеграції джерел у єдину аналітичну систему.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження виконано у форматі структурованого аналітичного огляду. На відміну від систематичного огляду з мета-аналізом, аналітичний огляд спрямований на синтез та концептуалізацію наявних знань у певній предметній ділянці -підхід, що добре зарекомендував себе у транспортній географії та логістиці (Boysen et al., 2021).

Пошук, систематизація, критична оцінка та синтез літератури здійснювались для визначення стану дослідженості теми шляхом пошуку у базах Scopus, Web of Science та Google Scholar за ключовими термінами: «last-mile delivery», «urban logistics GIS», «crowdsourced geodata transport», «OpenStreetMap routing», «spatial risk assessment delivery». Пріоритет надавався публікаціям у рецензованих журналах за 2017–2026 роки. Додатково проаналізовано технічну документацію платформ OpenStreetMap, Waze Connected Citizens Programme, Uber Movement, HERE Technologies, OpenCellID та OpenWeatherMap з метою отримання актуальних відомостей про структуру, охоплення та ліцензійні умови кожного джерела.

Для структурування порівняльного аналізу джерел геоданих визначено п'ять оціночних критеріїв: (1) географічне охоплення -наскільки широко джерело представлене глобально та зокрема для міст різних регіонів світу; (2) актуальність даних -частота та спосіб оновлення; (3) просторова деталізація -мінімальна просторова одиниця, до якої прив'язані дані; (4) покриття груп ризику -які з виокремлених п'яти груп просторових ризиків можуть бути операціоналізовані; (5) ліцензійні умови -можливість використання без комерційної ліцензії. Ці критерії сформульовано з урахуванням практичних потреб аналітика, що будує систему оцінки ризиків без доступу до пропріетарних баз даних.

Класифікацію ГІС-підходів здійснено за двома осями: методичним апаратом (від детермінованих алгоритмів маршрутизації до стохастичних моделей машинного навчання) та часовим виміром (статичні snapshot-аналізи, аналіз часових зрізів та прогностичне моделювання). Таке двовимірне структурування дозволяє чітко позиціонувати кожен підхід у просторі аналітичних можливостей і обмежень.

Для опису та порівняння груп просторових ризиків використано таксономію, що ґрунтується на аналізі чинників, які впливають на виконання замовлень у міській логістиці. Виокремлено п'ять груп: фізично-інфраструктурні (характеристики дорожньої мережі, що унеможливають або ускладнюють проїзд), регуляторно-часові (нормативні обмеження доступу), динамічні транспортні (поточний стан руху), попитово-щільнісні (нерівномірна просторова концентрація замовлень) та кліматичні (вплив погодних умов на прохідність). Ця таксономія узагальнює підходи, запропоновані різними авторами (Boysen et al., 2021; Savelsbergh & Van Woensel, 2016), і слугує системою координат для подальшого порівняльного аналізу.

Результати та їх аналіз. Результати дослідження структуровано у три блоки: (1) порівняльний аналіз краудсорсингових джерел геоданих; (2) класифікація ГІС-підходів до аналізу ризиків; (3) обґрунтування інтеграційної стратегії.

Порівняльний аналіз краудсорсингових джерел геоданих. Аналіз семи ключових відкритих і умовно-відкритих джерел геоданих виявив принципові відмінності між ними за кожним з оціночних критеріїв. Зведена характеристика подана у таблиці 1. OpenStreetMap є найбільш значущим джерелом для аналізу фізично-інфраструктурних ризиків завдяки глобальному охопленню та детальній структурі тегів, що дозволяє описувати ширину проїздів, висотні та вагові обмеження, тип покриття, наявність тупиків і під'їздів. Barrington-Leigh & Millard-Ball (2017) встановили, що для більшості міст з населенням понад 300 тис. осіб охоплення дорожньої мережі у базі перевищує 80%.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика краудсорсингових і відкритих джерел геоданих для оцінки ризиків «останньої милі» (систематизовано автором за даними документації платформ та наукової літератури)

Джерело даних	Геогр. охоплення	Актуальність	Просторова деталізація	Групи ризику (покриття)	Основні обмеження для логістичних задач	Ліцензія / доступ
OpenStreetMap (OSM)	Глобальне (>80% доріг)	Краудсорсинг, змінна	Ребро мережі / об'єкт	Фізична, регуляторна (часткова)	Нерівномірна повнота тегів; регуляторні обмеження покриті на 60–70%; відсутність часової динаміки	ODbL (відкрита)
Waze CCP	120+ міст	Реальний час / архів	Сегмент вулиці	Динамічна (затори, ДТП)	Залежить від щільності користувачів; нерівномірна якість між містами; замкнута сирцева логіка	Безкоштовна для держструктур
Uber Movement	70+ міст	Квартальні архіви	Пара районів (зона–зона)	Динамічна (час переміщення)	Груба просторова розбивка; немає даних щодо типу ТЗ; скорочення оновлень після 2022 р.	Безкоштовна (реєстрація)
HERE Traffic / TomTom	Глобальне	Реальний час / архів	Ребро мережі	Динамічна (швидкість потоку)	Комерційна ліцензія; обмежений безкоштовний рівень; залежність від постачальника	Комерційна
OpenCelliD	Глобальне	Щомісяця	Базова станція (~200–500 м)	Попитова (щільність)	Лише непрямий показник активності; низька точність у щільній забудові	CC BY 4.0
OpenWeatherMap / ERA5	Глобальне	Реальний час і архів	Точка / сітка (~1–10 км)	Кліматична	Груба просторова роздільність даних (до 10 км) є недостатньою для мікрокліматичного аналізу у щільній забудові; безкоштовний рівень обмежує частоту запитів	Відкрита / CC BY
Відкриті реєстри адміністрацій	Локальне (місто)	Ручне оновлення	Полігон вулиця /	Регуляторна (повна)	Відсутня стандартизація форматів; нерегулярне оновлення; різний рівень повноти між містами	Зазвичай відкрита

Разом із тим дослідники фіксують системну нерівномірність якості тегів: якщо геометрія вулиць представлена задовільно, то семантика обмежень -значно гірше. Biljeski et al. (2023) у глобальній оцінці якості атрибутивних даних OSM підтверджують цей висновок, фіксуючи значну варіативність повноти залежно від регіону. Зокрема, теги, що описують регуляторні обмеження (access, motor_vehicle, hgv, maxweight), за різними оцінками, присутні лише у 60–70% випадків, де вони реально існують -критична прогалина для логістичних задач.

Waze Connected Citizens Programme (CCP) закриває динамічний вимір ризику, надаючи агреговані дані про транспортні події у реальному часі. Amin-Naseri et al. (2018) у детальному емпіричному дослідженні показали, що краудсорсингові повідомлення Waze мають різну надійність залежно від типу події, часу доби та щільності активних користувачів у зоні: у міських районах з високою активністю додаток виявляє до 60% транспортних подій раніше за офіційні системи моніторингу, тоді як у районах з низькою щільністю водіїв охоплення суттєво знижується. Ключова структурна особливість Waze CCP, що ускладнює використання у логістиці, -закрита сирцева логіка агрегації та доступність виключно для муніципальних партнерів програми.

Uber Movement пропонує агреговану статистику часу переміщення між парами адміністративних районів міста -джерело, особливо цінне для виявлення структурних (нединамічних) закономірностей транспортного навантаження. Принципове обмеження висока ступінь агрегації: дані прив'язані до зон, а не до ребер мережі, що унеможливорює маршрутний аналіз на рівні вулиці. Після 2022 року платформа суттєво скоротила оновлення даних для ряду міст поза межами Північної Америки.

Комерційні платформи -HERE Traffic та TomTom -пропонують найвищу якість динамічних даних: глобальне охоплення, прив'язку до рівня ребра мережі, архіви з гранулярністю до 5 хвилин. Однак їхня комерційна ліцензія є принциповим бар'єром для академічних досліджень та малих операторів доставки. Безкоштовний рівень доступу обмежений кількістю запитів та обсягом даних, що унеможливорює масштабний аналіз міської мережі.

Відкриті адміністративні реєстри залишаються найменш стандартизованим, але незамінним джерелом для регуляторного виміру ризику. Саме в них містяться актуальні схеми вантажозаборонених зон, графіки роботи торгових та пішохідних зон, тимчасові дозволи. Ключова проблема -повна відсутність уніфікації форматів між містами: частина публікує дані як GeoJSON чи Shapefile, частина -як PDF-схеми без координатної прив'язки, що суттєво ускладнює автоматизовану інтеграцію.

Класифікація ГІС-підходів до аналізу просторових ризиків. На основі аналізу літератури виокремлено п'ять класів ГІС-підходів, що застосовуються або можуть застосовуватись для оцінки ризиків «останньої милі». Їх порівняльна характеристика наведена у таблиці 2. Остання колонка таблиці містить приклади конкретних наукових праць, у яких відповідний підхід застосовано або детально розглянуто у суміжному контексті.

Таблиця 2. Класифікація ГІС-підходів до аналізу просторових ризиків у міській логістиці (систематизовано автором на основі аналізу наукової літератури)

Клас підходу	Ключові методи	Типові джерела даних	Часовий вимір	Приклади застосування у літературі
Статичний мережевий аналіз	Алгоритм Дейкстри, A*, VRP	OSM, офіційні дорожні реєстри	Відсутній (snapshot)	Boysen et al. (2021); Savelsbergh & Van Woensel (2016)
Динамічна маршрутизація	Time-dependent shortest path, real-time re-routing	Waze CCP, HERE Traffic, GPS-флоти	Реальний час	Amin-Naseri et al. (2018); Boeing (2017)

Клас підходу	Ключові методи	Типові джерела даних	Часовий вимір	Приклади застосування у літературі
Ізохронне моделювання	Зони досяжності, аналіз обслуговування	OSM, Uber Movement	Часові зрізи	Boeing (2020); Biljecki et al. (2023)
Просторово-статистичний аналіз	KDE, LISA, Getis-Ord Gi*	OSM + операційні дані	Агрегований (місяць/рік)	Barrington-Leigh & Millard-Ball (2017)
Машинне навчання + ГІС	Random Forest, LSTM, Graph Neural Networks	Мультиджерельні (OSM + трафік + погода)	Прогностичний	Lim et al. (2021); Biljecki et al. (2023)

Статичний мережевий аналіз -найбільш поширений і методично зрілий клас підходів. Він ґрунтується на представленні дорожньої мережі як зваженого графу та пошуку оптимальних маршрутів із використанням алгоритмів Дейкстри, A* або їх модифікацій. Бібліотека OSMnx, розроблена Boeing (2017), де-факто стала стандартом для роботи з міськими мережами на основі даних OSM у академічному середовищі. Фундаментальне обмеження цього класу -відсутність темпорального виміру: ваги ребер фіксовані й не відображають зміни у часі. Відтак статичний підхід дозволяє аналізувати постійні ризики (фізичні, частково регуляторні), але принципово не здатний врахувати динаміку затримок.

Динамічна маршрутизація розширює статичний підхід введенням часозалежних ваг ребер -time-dependent shortest path algorithms. Ваги є функцією часу доби та поточного стану трафіку, що надходить із зовнішніх динамічних джерел (Waze, HERE). Amin-Naseri et al. (2018) демонструють, що краудсорсингові дані про транспортні події можуть суттєво покращити точність оцінки часу проходження ребра порівняно з детерміністичними моделями, особливо у години пікового навантаження. Цей клас підходів є найбільш прямо застосовним для оперативного управління доставкою.

Ізохронне моделювання -побудова зон досяжності від заданої точки за певний час -є природним інструментом для оцінки операційних горизонтів розподільчих вузлів. Boeing (2020) розглядає ізохронний аналіз на основі OSMnx як ключовий метод оцінки просторової доступності у міській аналітиці. Biljecki et al. (2023) застосовують подібний підхід при оцінці доступності міської інфраструктури. Для логістики порівняння ізохрон у різні часові зрізи дозволяє кількісно оцінити, як динамічні ризики скорочують ефективну зону обслуговування розподільчого центру.

Просторово-статистичні методи -ядрова оцінка щільності (KDE), локальний індекс просторової автокореляції (LISA), статистика Getis-Ord Gi* -дозволяють виявляти кластери концентрації ризиків без апіорних припущень про їх розташування. Barrington-Leigh & Millard-Ball (2017) використовують просторово-статистичний апарат для оцінки географічного розподілу якості даних OSM. Для логістики цей клас підходів особливо цінний на стратегічному рівні планування -виявлення зон, що системно потребують альтернативних рішень (мікро-хаби, велокур'єри тощо).

Машинне навчання у поєднанні з ГІС є найновішим і найперспективнішим напрямом. Методи Random Forest, LSTM-мереж та графових нейронних мереж дозволяють будувати предиктивні моделі просторових ризиків, що навчаються на мультиджерельних часових рядах. Lim et al. (2021) у огляді підходів до логістики електронної комерції підкреслюють зростаючу роль методів машинного навчання для прогнозування операційних ризиків на основі просторових даних. Принципові обмеження -висока вимогливість до обсягу навчальних даних, складність інтерпретованості та значні обчислювальні ресурси.

Комплементарність джерел та інтеграційна стратегія

Зіставлення результатів порівняльного аналізу джерел і класифікації підходів дозволяє сформулювати ключовий висновок: жодне окреме джерело геоданих не забезпечує повного

покриття усього спектру просторових ризиків «останньої милі». Натомість розглянуті джерела є принципово комплементарними. OSM є незамінним для фізично-інфраструктурного виміру; Waze CCP і, в певних межах, HERE -для динамічного; адміністративні реєстри -для регуляторного; OpenCellID і дані операторів -для попитового; OpenWeatherMap/ERA5 -для кліматичного.

Ця комплементарність, з одного боку, є ресурсом: вона дозволяє повністю охопити простір ризику без жодної комерційної ліцензії, поєднуючи кілька відкритих джерел. З іншого -є методологічним викликом, адже різноманітні джерела мають несумісні просторові одиниці (ребро мережі в OSM, зона в Uber Movement, точка в OpenWeatherMap), різні системи координат і часові горизонти. Вирішення цього виклику вимагає розробки інтеграційного аналітичного пайплайну -послідовності операцій із просторового суміщення, гармонізації та агрегації шарів -що є самостійним методологічним завданням і предметом подальших досліджень.

Щодо вибору ГІС-підходу, доречно керуватися задачним контекстом. Для стратегічного планування розташування хабів та зон обслуговування оптимальними є ізохронне моделювання і просторово-статистичні методи. Для оперативного управління маршрутами -динамічна маршрутизація. Для прогнозування ризиків на основі накопичених даних -методи машинного навчання. Статичний мережевий аналіз залишається базовим інструментом попереднього обстеження мережі, який, однак, не є самодостатнім для задач оцінки ризику в динамічному міському середовищі.

Висновки. Проведений порівняльний аналіз краудсорсингових відкритих геоданих та ГІС-підходів до оцінки просторових ризиків доставки «останньої милі» дозволяє сформулювати низку висновків теоретичного та методичного характеру.

По-перше, просторові ризики «останньої милі» - тобто чинники міського середовища, що підвищують ймовірність зриву, затримки або суттєвого здорожчання кінцевого відрізка доставки, - є структурно неоднорідними і не можуть бути адекватно охоплені жодним єдиним джерелом даних. Виокремлені п'ять груп таких ризиків: фізично-інфраструктурні, регуляторно-часові, динамічні транспортні, попитово-щільнісні та кліматичні і утворюють систему комплементарних вимірів, кожен із яких потребує відповідного джерела геоданих. OpenStreetMap, Waze CCP, Uber Movement, OpenWeatherMap та відкриті адміністративні реєстри виконують різні аналітичні функції та можуть бути ефективно поєднані у єдиному пайплайні.

По-друге, вибір ГІС-підходу повинен відповідати рівню планування (стратегічний, тактичний, оперативний) і наявному часовому виміру даних. Статичний мережевий аналіз є необхідним, але недостатнім; динамічна маршрутизація і ізохронне моделювання суттєво розширюють аналітичний горизонт; предиктивні методи машинного навчання є перспективним напрямом, що потребує значних обсягів навчальних даних.

По-третє, принциповим викликом залишається проблема неповноти та нерівномірності краудсорсингових даних, насамперед у частині регуляторних обмежень у базі OSM та географічної нерівномірності покриття Waze CCP (Barrington-Leigh & Millard-Ball, 2017; Amin-Naseri et al., 2018; Biljecki et al., 2023). Це вимагає гібридної верифікаційної стратегії, що поєднує краудсорсингові дані з офіційними адміністративними реєстрами. Перспективним напрямом подальших прикладних досліджень є розробка відтворюваного мультиджерельного аналітичного пайплайну з відкритим кодом, що дозволить операціоналізувати запропонований підхід на реальних міських даних.

Заява про конфлікт інтересів. Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів.

Список використаних джерел.

Amin-Naseri, M., Chakraborty, P., Sharma, A., Gilbert, S. B., Hong, M. (2018). Evaluating the reliability, coverage, and added value of crowdsourced traffic incident reports from Waze. *Transportation Research Record*, 2672(43), 34–43. <https://doi.org/10.1177/0361198118790619>

<https://doi.org/10.17721/2786-4561.2026.7.1>.<http://constructgeo.knu.ua>

- Barrington-Leigh, C., Millard-Ball, A. (2017). The world's user-generated road map is more than 80% complete. PLOS ONE, 12(8), e0180698. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180698>
- Biljecki, F., Chow, Y. S., Lee, K. (2023). Quality of crowdsourced geospatial building information: A global assessment of OpenStreetMap attributes. Building and Environment, 237, 110295. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110295>
- Boeing, G. (2017). OSMnx: New methods for acquiring, constructing, analyzing, and visualizing complex street networks. Computers, Environment and Urban Systems, 65, 126–139. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.05.004>
- Boeing, G. (2020). The right tools for the job: The case for spatial science tool-building. Transactions in GIS, 24(5), 1299–1314. <https://doi.org/10.1111/tgis.12678>
- Boysen, N., Fedtke, S., Schwerdfeger, S. (2021). Last-mile delivery concepts: A survey from an operational research perspective. OR Spectrum, 43(1), 1–58. <https://doi.org/10.1007/s00291-020-00607-8>
- Lim, S. F. W. T., Jin, X., Srai, J. S. (2021). Consumer-driven e-commerce: A literature review, design framework, and research agenda on last-mile logistics models. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 48(3), 308–332. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-02-2017-0081>
- Savelsbergh, M., Van Woensel, T. (2016). 50th anniversary invited article -City logistics: Challenges and opportunities. Transportation Science, 50(2), 579–590. <https://doi.org/10.1287/trsc.2016.0675>