

doi: 10.32620/oikit.2025.105.20

УДК 004.9:65.012.34(656.1-22)

І. Б. Туркін, В. О. Захаренко, В. В. Туркіна

Мобільність як сервіс: цифрова платформа екосистеми пасажирських перевезень в мегаполісі

Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут»

У статті розглянуто концепцію «Мобільність як сервіс» як основу формування цифрової екосистеми пасажирських перевезень у мегаполісі. Визначено головні виклики сучасної мобільності: перевантаженість інфраструктури, фрагментарність послуг та відсутність інтегрованої цифрової платформи. Показано, що модель «Мобільність як сервіс» дає змогу поєднувати різні види транспорту — громадський, приватний, мікромобільність, каршерінг, таксі — в єдиному цифровому середовищі з можливістю планування, бронювання та оплати поїздки.

Проаналізовано наукові дослідження та практичні приклади створення подібних рішень у різних країнах. Висвітлено архітектурні моделі цифрових екосистем, їхні компоненти та принципи відповідно до опорної моделі RADE. Підкреслено роль цифрових агентів, мережних вузлів, контекстної інтеграції та відкритих стандартів даних, які забезпечують масштабованість і взаємодію транспортних платформ.

Окремо розглянуто бізнес-моделі розвитку «Мобільності як сервіс», що поєднують технологічні, організаційні та соціальні чинники. Визначено значення довіри та репутації як ключових умов функціонування: лише прозорість взаємодії між операторами, муніципалітетом та користувачами забезпечує прийняття цифрової екосистеми та її стійкість.

Зроблено висновок, що успішна екосистема пасажирських перевезень має бути самоорганізованою, масштабованою, клієнтоорієнтованою та репутаційно надійною, що відкриває перспективи інноваційної трансформації міської мобільності.

Ключові слова: Мобільність як сервіс, цифрова екосистема транспорту, міська мобільність, інтегровані транспортні платформи, довіра та репутація у цифрових сервісах, архітектурні моделі RADE

Вступ

Як тільки місто досягає скільки-небудь помітного розміру, доводиться вирішувати проблему пасажирських перевезень: вивчати пасажиропотоки, створювати маршрути, залучати перевізників, здійснювати постійний моніторинг та регулювання. У сучасному мегаполісі пасажирські перевезення ускладнюються перевантаженістю інфраструктури, фрагментарністю існуючих допоміжних сервісів та відсутністю єдиного цифрового доступу до всіх мобільних послуг.

Мобільність як сервіс (Mobility as a Service – MaaS) – це концепція інтеграції різних видів транспорту (громадський транспорт, велосипеди, таксі, каршерінг тощо) у єдину цифрову платформу, де користувач може планувати, бронювати та оплачувати поїздки [1]. Термін MaaS виник на початку 2010-х років у контексті переосмислення міської мобільності як цифрової, персоналізованої та інтегрованої послуги. Його походження пов'язане з Фінляндією, де транспортна політика уряду сприяла відкриттю ринку даних і розвитку інноваційного рішення [2]. Вперше концепцію системно представив Сімо Хауккайнен (Sampo Hietanen), який розробив масштабовану, споживач-орієнтовану систему на основі Serverless-архітектури. У 2014 році було засновано компанію MaaS Global, яка створила першу MaaS-платформу - Whim. З цього моменту термін MaaS почав активно використовуватися в європейських транспортних стратегіях, наукових

публікаціях і пілотних проєктах.

Метою цієї статті є розробка загальної концепції розвитку екосистеми пасажирських перевезень мегаполісів.

1. Аналіз стану сучасних наукових досліджень

Єдина екосистема пасажирських перевезень – це цільовий стан міської мобільності, у якому всі види транспорту (громадський, приватний, комерційний, мікромобільність, паркування тощо) взаємопов'язані та доступні для мешканців як частини узгодженої системи. Основна ідея: користувач бачить місто як єдину транспортну «мережу», а не як набір окремих сервісів.

1.1. Ключові характеристики та принципи цифрових екосистем

Цифрова екосистема в загальному випадку – це мережа взаємопов'язаних акторів (користувачів, постачальників послуг, розробників, регуляторів), які взаємодіють через цифрову платформу [3, 4]. Вона створює додаткову вартість завдяки мережевим ефектам, інтеграції даних та відкритим інтерфейсам. Це відкрите, слабо пов'язане та кероване попитом середовище агентів, що самоорганізується, при цьому кожний агент є активним і керується виключно власною вигодою або прибутком [5]. За рівнем відкритості цифрові екосистеми поділяються на відкриті, напівзакриті та закриті.

До основних характеристик цифрових екосистем відносяться:

- динамічність та адаптивність, що дає змогу постійно розвиватися під впливом внутрішніх та зовнішніх факторів, таких як зміни навколишнього середовища та запити користувачів [6];
- взаємопов'язаність та взаємозалежність, які складаються із сукупності взаємопов'язаних організацій (або "видів"). Ефективність однієї компанії залежить від загального стану екосистеми і всі учасники поділяють загальну долю мережі [6, 7];
- самоорганізація та відсутність централізованого контролю, що характеризується здатністю формувати різні архітектурні моделі на кшталт роевого інтелекту [8, 9];
- клієнторієнтованість як передбачення клієнтської поведінки, що стало можливим завдяки аналізу великих даних у реальному часі, також націленість на створення мультисервісного середовища, де клієнт легко переміщується між продуктами і сервісами;
- використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), включаючи інтернет, мобільні пристрої, великі дані, ШІ, роботизацію та хмарні технології, що змінюють бізнес-процеси, форми зайнятості та характер конкуренції [10, 11];
- конкуренція та кооперація між учасниками екосистеми [12].

1.2. Архітектурні компоненти та принципи цифрових екосистем відповідно до опорної моделі RADE (Reference Architecture for Digital Ecosystems)

Компоненти цифрових екосистем включають:

- комунікаційне середовище – може бути організоване як однорангова (P2P) мережа або система розподілу даних у реальному часі (наприклад, DDS). Для передачі даних використовуються стандартні мережеві протоколи, такі як TCP/IP чи UDP;
- мережевий вузол (Habitat) – ключовий вузол мережі, що запускає

сервісні та оптимізаційні служби (EVE). Кожен користувач має власний хабітат для підключення до екосистеми, виконання запитів і активації нових сервісів. Хабітати можуть обмінюватися даними та формувати кластери. У контексті міської транспортної екосистеми може бути представлений транспортними вузлами, станціями, або навіть мобільними пристроями користувачів [13];

- агенти (Agents) - цифрові агенти, контекстно-орієнтовані застосунки, локальні чи віддалені сервіси, сенсори або «розумні» об'єкти (IoT), які підключаються до хабітату та постачають контекстні дані. Це «види» цифрової екосистеми, наприклад, елементи транспортної інфраструктури, автомобілі, дрони) [14]. У транспортній екосистемі це можуть бути програми для виклику таксі, сервіси каршерінгу, системи керування світлофорами, програми для навігації, роботи-маніпулятори на складах логістики або дрони для доставки замовлень [15, 16];

- контекст визначає середовище, у якому перебуває сутність у певний момент. Він включає первинні дані, узагальнену інформацію (високого рівня) та похідні контексти, агрегує дані та генерує дії [17]. Для транспорту це дані про трафік, погодні умови, доступність паркувань, розклад громадського транспорту тощо.

Принципи цифрових екосистем:

- децентралізація характеризується відсутністю єдиного центру керування, учасники взаємодіють через розподілену інфраструктуру (P2P, блокчейн, IoT-мережі);

- самоорганізація - елементи екосистеми (агенти, сервіси, користувачі) можуть динамічно об'єднуватися та взаємодіяти без зовнішнього директивного управління;

- відкритість і інтероперабельність - відкриті стандарти, API, протоколи, можливість інтеграції нових сервісів, пристроїв, користувачів без «замикання» на одного постачальника;

- еволюційність та адаптивність - система змінюється під впливом потреб користувачів і зовнішнього середовища, агенти та сервіси можуть оновлювати функціональність, «навчатися» та оптимізувати взаємодію;

- множинність і різноманітність учасників - у системі співіснують «види» (species): сервіси, додатки, IoT-пристрої, користувачі. В результаті різні типи елементів виконують різні ролі, збагачуючи екосистему;

- контекстність - взаємодія враховує стан середовища, дані сенсорів, поведінку користувачів, таким чином система реагує відповідно до конкретних умов (місце, час, події);

- масштабованість - здатність екосистеми розширюватися без втрати ефективності, що надає можливість додавання нових вузлів/користувачів не призводячи до збоїв;

- стійкість і відмовостійкість - цифрова екосистема повинна витримувати відмови окремих вузлів завдяки використанню резервування, дублювання функцій, балансування навантажень;

- спільний розвиток (coevolution) - користувачі, сервіси й технології розвиваються паралельно, взаємодія стимулює інновації та появу нових «видів» у системі;

- інтеграція агентів забезпечує інтеграцію та конфігурацію сутностей, що беруть участь у рамках виду [18];

- інтеграція користувачів - кінцевий рівень, що інтегрує користувачів та

програми, з якими вони взаємодіють, може бути представлений у вигляді сервісу або графічного інтерфейсу [19]. Приклади включають єдину систему авторизації користувачів, як у "Smart Megapolis", або єдиний платіжний інструмент, як, наприклад AliPay [20].

1.3. Етапи проектування цифрової екосистеми

Проектування цифрової екосистеми для транспортних перевезень в мегаполісі включає ряд основних етапів:

1. Аналіз поточної транспортної системи:

- оцінка існуючої інфраструктури: дороги, маршрути, види транспорту;
- збір даних про пасажиропоток, пікові навантаження, вузькі місця;
- виявлення потреб мешканців та проблем у поточній системі.

2. Формування концепції цифрової екосистеми:

– визначення цілей: стійкість, зручність, мультимодальність, зниження викидів CO₂;

– вибір архітектури: централізована платформа або розподілена система.

3. Проектування компонентів екосистеми:

- цифрова платформа: керування маршрутами, білінг, аналітика;
- мобільні застосунки: для пасажирів, водіїв, операторів;
- інтеграція з сервісами: таксі, каршерінг, велосипеди, метро, автобуси;
- інфраструктура даних: цифрові двійники, геоінформаційні системи (ГІС).

1.4. Аналогія з біологічними екосистемами

Проектування цифрової екосистеми транспортних перевезень може черпати натхнення з біологічних екосистем, імітуючи процеси життя, еволюції та екології. Це дозволяє створювати системи, що мають властивості самоорганізації, масштабованості та стійкості [21, 22].

Так само, як в біологічних екосистемах організми взаємодіють із середовищем, в цифрових екосистемах "агенти" (застосунки, сервіси, інтелектуальні об'єкти) взаємодіють із "середовищем проживання" (мережевими вузлами) [23].

2. Класифікація підходів до побудови цифрових транспортних екосистем

Доцільно класифікувати ці підходи в хронологічному порядку.

1. В 1995 році шляхом об'єднання кількох транспортних агенцій було створено LTA (Land Transport Authority) - державну організація, яка відповідає за інфраструктуру, планування і регулювання транспорту в Сінгапурі. Вона забезпечувала технологічну й нормативну основу, але ніколи не виступала як "єдиний застосунок для поїздок". Далі, після 2000 року LTA спочатку запровадила систему електронного збору плати за проїзд, потім реалізувала єдину цифрову платформу з оновленням в реальному часі з інформацією про громадський транспорт, паркінг. Сьогодні LTA виступає координатором для MaaS, підтримує пілотні проекти з Grab, Beeline, інтегрує каршерінг, таксі, метро.

2. Citymapper (Велика Британія) заснована в Лондоні в 2011 році, запропонувавши мобільний застосунок для навігації громадським транспортом. В 2013–2016 роках відбулось стрімке зростання та розширення на Нью-Йорк, Париж, Берлін, Токіо тощо, додалися нові функції, як-то розрахунок очікуваного часу прибуття, пішохідна навігація, порівняння вартості. В 2019–2020 роках

запущено експериментальний проєкт "Citymapper Pass", картка з фіксованою оплатою проїзду (аналог підписки на транспорт), але модель не прижилась. Після фінансових негараздів в 2023 році Citymapper було придбано компанією Via Transportation (американський MaaS-провайдер зі значним впливом та походженням із Ізраїлю) [24].

3. Платформа Whim від фінської компанії MaaS Global – є першою в світі, що реалізувала ідею MaaS на практиці. Компанія заснована в 2015 році, в 2016 році запущено пілотний застосунок Whim у Гельсінкі, що поєднав громадський транспорт, таксі, оренду велосипедів та автомобілів в одному застосунку. Користувачі отримали можливість планувати маршрути та оплачувати поїздки за підпискою. Щонайменше п'ять років ринок платформи Whim зростає, відбулось впровадження платформи в містах Великої Британії, Швейцарії, Японії, Австрії.

Не зважаючи на успішний початок, підтримку Міністерства транспорту Фінляндії та подолання врешті решт опору великих транспортних операторів, в 2024 році фінська компанія MaaS Global, розробник застосунку Whim, не витримала комерційного тиску та оголосила про банкрутство [25]. Головною причиною банкрутства є невідповідність бізнес-моделі очікуванням користувачів, нездатність зробити підписну модель MaaS економічно вигідною, оскільки користувачі виявили, що краще обирати транспортні засоби окремо, ніж купувати все в одному пакеті.

Після банкрутства MaaS Global у березні 2024 року права на платформу Whim і її технологію були придбані голландською MaaS-компанією Umob. За заявою представників Umob, їхня мета – замість продовження окремого застосунку Whim, поступово інтегрувати його функціонал у власну платформу umob [26]. Крім Umob, концепцію Whim сьогодні продовжують та розвивають Jelbi Jelbi (Берлін) [27], Floya (Брюссель) [28], Breeze (Велика Британія) [29].

Whim — це екосистема міської мобільності, побудована на цифровій платформі з мобільним застосунком для користувачів та хмарною сервісною інфраструктурою, яка забезпечує інтеграцію транспортних послуг через стандартизовані API (GTFS, GBFS, TOMP-API тощо). Платформа об'єднує пасажирів, провайдерів мобільності та муніципальні регуляторні служби, підтримує динамічні тарифи, абонементні моделі й відкриту інтеграцію сторонніх сервісів, забезпечуючи масштабованість і можливість інтероперабельності між різними містами.

Структуру цифрової екосистеми Whim наведено на рисунку 1.

База даних Whim знаходиться у складі платформи Whim, але деталізація бази даних дозволяє визначити, які саме дані зберігаються та обробляються у хмарі. Це дозволяє зрозуміти, що саме є вихідними даними для роботи алгоритмів Whim.

Ключовим також є питання про використання стандартів даних та API, які використовуються в MaaS системах, оскільки вони безпосередньо впливають на можливість залучення транспортних провайдерів та регуляторних служб. До таких стандартів та специфікацій відноситься наступне.

1. GTFS (General Transit Feed Specification) задає формат для опису статичних даних громадського транспорту: маршрути, зупинки, розклад, тарифи. Розроблено Google та Portland TriMet в 2005 році. Використовується в Google Maps, Citymapper та інших планувальниках маршрутів. Є також розширення GTFS-Realtime для даних у реальному часі (запізнення, зміни руху).

2. GBFS (General Bikeshare Feed Specification) розроблено North American

Bikeshare Association (NABSA) для систем прокату велосипедів і самокатів. Дозволяє дізнатися в реальному часі, де є доступні велосипеди/самокати, док-станції, рівень заряду.

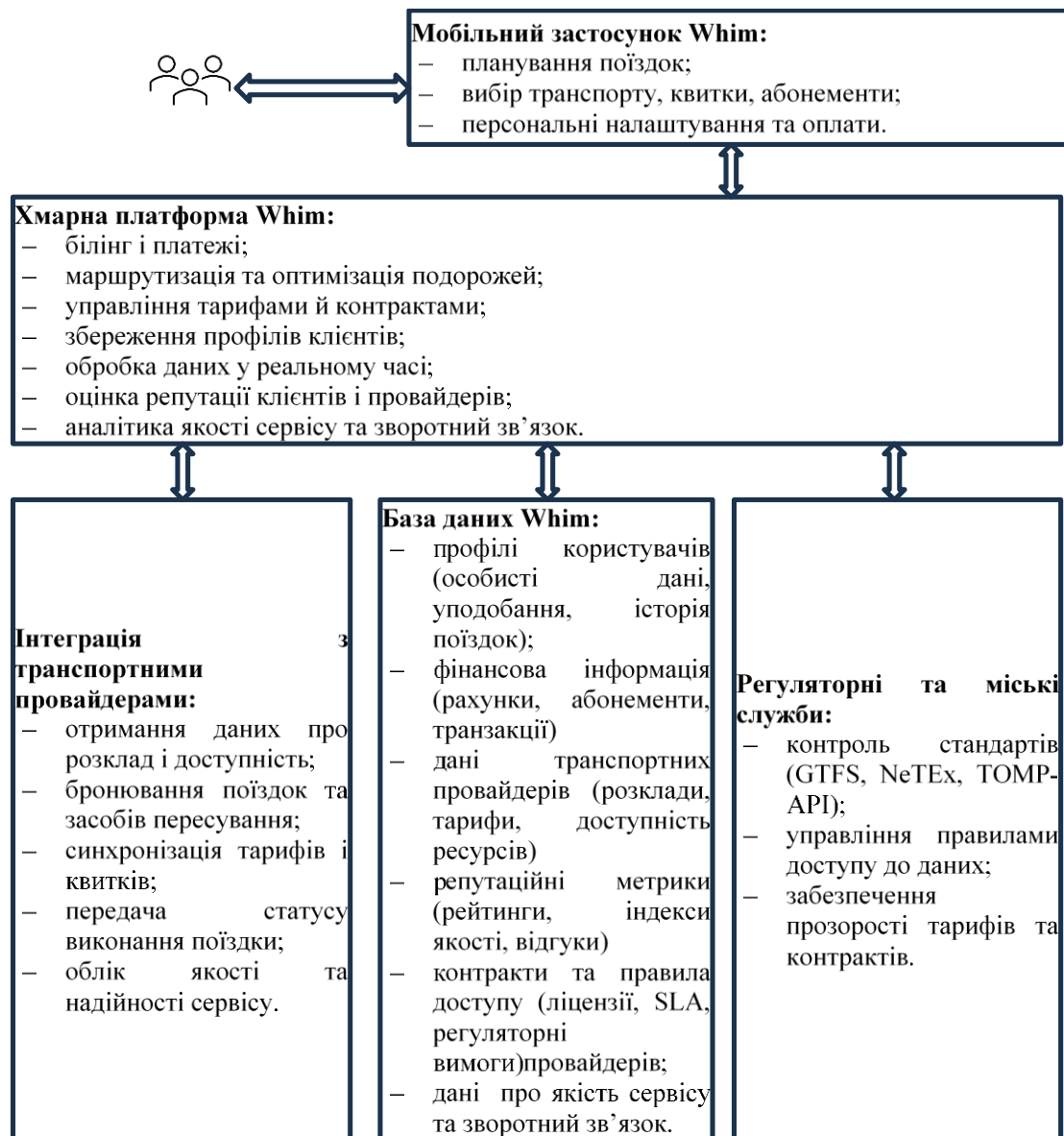


Рис. 1. Структура транспортної цифрової екосистеми Whim

3. NeTEx (Network Timetable Exchange) – офіційний європейський стандарт (EN 16614) для обміну транспортними даними. Більш гнучкий, ніж GTFS: охоплює не тільки розклад, а й тарифні системи, зони, типи квитків.

4. SIRI (Service Interface for Real Time Information) – офіційний європейський стандарт (EN 16614) для обміну транспортними даними. Обов'язковий у деяких країнах Європи для обміну даними в громадському транспорті. Формулює API для даних у реальному часі про транспорт: позиції автобусів, прогноз прибуття на зупинку, збої. Важливий для пасажирів, бо підвищує надійність сервісу.

5. TOMP-API (Transport Operator to Mobility Provider) - відносно новий

стандарт, розроблений у ЄС. Охоплює бронювання, оплату, відміну поїздки, обмін даними про статус. Фактично – це ключ для інтеграції різних транспортних операторів у єдину платформу.

Централізоване зберігання клієнтського профілю та єдиний ID клієнта критично важливі для надання підтримки, попередження очікувань та розуміння потреб як, наприклад AliPay [23].

У розподіленій системі, такій як цифрова екосистема, необхідна система управління ідентифікацією та механізми довіри між користувачами та організаціями [30, 31]. У структурі MaaS-платформи доцільно виділити підсистему управління репутацією учасників екосистеми. Вона включає:

- моніторинг надійності транспортних операторів (дотримання розкладу, технічний стан засобів пересування, рівень задоволеності користувачів),
- оцінювання доброчесності та поведінкових моделей клієнтів (частота відмов від бронювання, скарги з боку провайдерів, використання абонементів),
- формування інтегральних показників якості сервісу, що використовуються для управління контрактами, тарифними моделями та регуляторним наглядом.

Таким чином, підсистема репутаційного менеджменту виступає важливим механізмом забезпечення довіри, підвищення прозорості взаємодії та сталості MaaS-екосистеми, доповнюючи традиційні функції білінгу, маршрутизації та управління даними.

3. Класифікація платформ цифрових транспортних екосистем

Якщо вже обрана бізнес-модель настільки суттєво впливає на життєздатність проектів Mobility as a Service (MaaS), то першим чином доцільно розглянути та класифікувати ключові бізнес-моделі, які застосовуються для впровадження MaaS-платформ.

1. Модель передплати (subscription-based). Користувачі платять фіксовану щомісячну плату за доступ до різних видів транспорту (автобуси, метро, велосипеди, таксі тощо). Приклад: пакети з фіксованим обсягом поїздок або «all inclusive» в Whim.

2. Модель оплата за використання (pay-as-you-go). Користувач оплачує кожен поїздку окремо через єдину платформу (без передплати). Зазвичай використовується на першому етапі розвитку MaaS, щоб залучити користувачів.

3. Модель агрегатора (Marketplace model). Платформа є посередником між користувачами та транспортними операторами, заробляє на комісії з кожної транзакції. Приклад: Citymapper, де інтегруються різні провайдери без централізованої оплати.

4. Державно-приватне партнерство (PPP - Public–Private Partnership). Платформу підтримує держава (фінансування, відкриті дані), а приватні оператори надають послуги. Використовується у містах з сильною державною транспортною політикою, як-от Helsinki, Vienna, Singapore.

5. Модель «білий бренд» (white label). Технологічна компанія створює платформу, яку потім адаптують і використовують місцеві оператори або муніципалітети під власним брендом.

6. Модель «корпоративна мобільність» (B2B). Послуги MaaS продаються компаніям для співробітників, включно з бізнес-поїздками або як бонусний пакет. Популярно серед великих роботодавців або в кампусах.

Таблиця 1

Матриця класифікації MaaS-платформ

Ознака	Whim (MaaS Global)	Citymapper	umob
Архітектура	Мікросервіси, API-first, хмарне розгортання (SaaS / PaaS)	Monolith, потім перехід на мікросервіси, потім перехід на мобільні API	PaaS, потім застосування мікросервісів (успадкувавши частину Whim stack)
Бізнес-модель	Передплата + Pay-as-you-go	Разові платежі, реклама	Агрегатор + передплата
Рівень інтеграції	До сервісної (найвищий рівень)	Інформаційна + часткова транзакційна	Високий (транзакції, оплата, сервіси)
Тип провайдера	Приватна компанія	Приватна компанія	Приватна компанія
Цільовий ринок	Масовий користувач	Масовий користувач, туристи	Масовий користувач + B2B
Технічна цифровізація	Мобільний застосунок, AI	Мобільний застосунок, API	Мобільний застосунок, інтеграція з Whim
Фінансова модель	Венчурне фінансування, інвестиції	Рекламна модель, інвестори	Інвестори, поглинання активів інших платформ

Для підтримки життєздатності проекту провайдер зазвичай використовує комбіновану бізнес-модель, яка поєднує декілька моделей з наведених вище, враховуючи їх індивідуальні риси (див. Табл. 1).

4. Концепція розвитку екосистеми пасажирських перевезень мегаполісів України

Скориставшись досвідом створення транспортної цифрової екосистеми Whim та інших світових рішень, розглянемо бізнес-модель MaaS-екосистеми для Києва.

Характеристика поточної ситуації в Києві така:

- існує значна, але фрагментована цифрова база;
- є активна позиція керівництва міста, але з обмеженими інвестиційними можливостями;
- існує потреба в прозорості, відкритості, соціальному доступі;
- рівень цифрової грамотності користувачів достатньо високий та відповідає потребам впровадження нових транспортних сервісів.

Сьогоднішній стан цифровізації пасажирських перевезень в Києві наведено в Таблиці 2.

Таблиця 2

Готовність Києва до впровадження MaaS: поточні сервіси та їхній потенціал

Назва сервісу	Призначення	Потенціал для MaaS-платформи
Kyiv Digital	Оплата проїзду в громадському транспорті, паркування, міські сервіси	Може стати ядром інтеграції квитків, паркування та міських послуг в єдиному застосунку
Uklon / Bolt	Замовлення таксі та приватних перевезень	Інтеграція як опція «останньої милі»; динамічне ціноутворення та прогнозування часу поїздки
Nextbike Kyiv	Прокат велосипедів	Інтеграція з громадським транспортом для мультимодальних маршрутів
Kyiv Metro Contactless Pay	Безконтактна оплата за поїзд у метро	Частина єдиного платіжного модуля MaaS
Eway / EasyWay	Планування маршрутів громадського транспорту	Може забезпечити інформаційну складову та навігацію в реальному часі
Shuttle Heroes / Marsrutka App	Замовлення та відстеження приватних маршруток	Інтеграція для підвищення прозорості та точності маршрутів у MaaS-системі

В якості бізнес-моделі може бути застосована гібридна публічно-приватна MaaS-екосистема. Місто (на основі платформи Kyiv Digital «Київ Цифровий») створює інфраструктурне ядро (Public MaaS Core), а приватні сервіси (таксі, каршерінг, міжміські перевізники) інтегруються через відкриті API. Кінцеві застосунки можуть розвиватись як самими містом, так і сторонніми розробниками (на умовах партнерства або ліцензування).

Основними модулями системи крім цифрової платформи є наступне.

1. Мобільний застосунок Kyiv Mobility забезпечує інтерфейс користувача для планування маршрутів, оплати та бронювання.

2. Відкрите API для інтеграції з транспортними операторами: Київпастрас (автобуси, тролейбуси, трамваї, фунікулер); Укрзалізниця (міські електрички); Bolt / Uber / Uklon (таксі); Nextbike (оренда велосипедів); KievTrans, Transmarine (приватні перевізники та трансфери).

3. Модуль маршрутизації враховує пробки, розклади, пересадки. Є інтегрованим з Google Maps, OpenStreetMap, ГІС Києва. Підтримує мультимодальні маршрути.

4. Модуль білінгу та підписок підтримує електронні квитки (E-ticket), QR-коди, NFC, надає можливість купівлі проїзних та мобільних підписок. Є інтегрованим з автоматизованою системою обліку оплати проїзду згідно Закону

України "Про автомобільний транспорт" [32].

5. Модуль персоналізації надає рекомендації маршрутів на основі історії поїздок, інформує щодо підписок та знижок; повідомляє про затримки та зміни.

6. Модуль аналітики та моніторингу збирає дані про завантаження маршрутів, часу очікування, поведінки користувачів, використовується для оптимізації розкладів та маршрутів.

7. Модуль безпеки та нормативної відповідності забезпечує відповідність GDPR та Закону України "Про транспорт" [33], контролює ліцензії перевізників, забезпечує захист персональних даних через шифрування транзакцій та зберігання даних на українських серверах.

Функціонування платформи неможливо без партнерства з КМДА, Міністерством розвитку громад та територій України, Департаментом транспортної інфраструктури Києва, використання відкритих даних та нормативної підтримки, можливості інтеграції з Державними послугами он-лайн «Дія» тощо.

Висновки

Як показано у статті, проектування цифрової екосистеми транспортних перевезень у мегаполісі потребує комплексного підходу, що поєднує передові технології, принципи самоорганізації, адаптації та ефективної взаємодії між усіма учасниками.

Завдання майбутніх досліджень на цю тематику полягають у деталізації цифрової платформи транспортної архітектури мегаполісу, введення в цю модель окремого елемента - сховища даних, яке містить інформацію про учасників екосистеми, маршрути, транзакції та ін. Його модель запропонована у [34]. Також особливу увагу потрібно приділити визначенню учасників, їх ролей, взаємозв'язків та життєвого циклу цифрової екосистеми, що буде спроектована.

Список літератури

1. Hensher D. A. The future of mobility as a service / D. A. Hensher // *Transportation Planning and Technology*. – 2024. – Vol. 47, No. 5. – P. 624–627. – DOI: 10.1080/03081060.2024.2356619.
2. Pippuri S. The Story of MaaS Global [Електронний ресурс] / S. Pippuri // *MaaS Solutions*. – 2024. – Режим доступу: <https://maas-solutions.fi/blog/story-of-maas-1>, вільний. – Дата звернення: 05.08.2025.
3. Briscoe G., Sadedin S., Wilde P. D. Digital ecosystems: ecosystem-oriented architectures // *Natural Computing*. 2011. Vol. 10, No. 3. P. 1143–1194. DOI: 10.1007/s11047-011-9254-0.
4. Boley H., Chang E. Digital ecosystems: principles and semantics // *Матеріали Першої міжнародної конференції IEEE з цифрових екосистем і технологій*. Кернс, Австралія, лютий 2007.
5. Digital ecosystems: a next generation of the collaborative environment // *Матеріали VIII Міжнародної конференції з інтеграції інформації та веб-застосунків (iiWAS'2006)*. Джок'якарта, Індонезія, 4–6 грудня 2006.
6. Peltoniemi M. Cluster, value network and business ecosystem: knowledge and innovation approach // *Матеріали конференції «Організація, інновації та комплексність: нові перспективи економіки знань»*. Манчестер, Велика Британія, 9–10 вересня 2004.

7. Азьмук Н. Екосистема ринку праці України // Ринок праці та зайнятість населення. 2018. № 2(55). С. 33–41.
8. Beni G., Wang J. Swarm intelligence in cellular robotic systems [Електронний ресурс] // Матеріали семінару НАТО «Роботи та біологічні системи». Тоскана, Італія, 26–30 червня 1989. Режим доступу: <http://www-users.york.ac.uk/~jo115/paper-views/SwarmIntelligenceinCellularRoboticSystems.pdf>
9. Beni G., Wang J. Swarm intelligence in cellular robotic systems // Матеріали семінару НАТО «Роботи та біологічні системи». Тоскана, Італія, 26–30 червня 1989.
10. Лемешко М. Нова економіка як системоутворюючий фактор та драйвер розвитку екосистем бізнесу // Економіка та суспільство. 2022. № 46. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-46-35>.
11. Кв'ятко Т.М. Особливості формування бізнес-екосистем у сучасних умовах // University Economic Bulletin. 2023. Вип. 57. С. 57–62. DOI: <https://doi.org/10.31470/2306-546X-2023-57-57-62>.
12. Лемешко М. Суть та особливості формування екосистем бізнесу в новій економіці // Економіка та суспільство. 2022 № 34. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-34-49>.
13. Briscoe G., Sadedin S., Wilde P. D. Digital ecosystems: ecosystem-oriented architectures // Natural Computing. 2011. Vol. 10. P. 1143–1194.
14. Averian A. Supply chain modelling as digital ecosystem // Матеріали міжнародної наукової конференції ITEMA 2017. 2017. С. 27–35.
15. Walsh W. E., Wellman M. P. Focused supply chain formation: market protocol and competitive equilibrium analysis // Journal of Artificial Intelligence Research. 2003. Vol. 19. P. 513–567. DOI: 10.1613/jair.1213.
16. Walsh W. E., Wellman M. P. Modeling supply chain formation in multiagent systems // Матеріали міжнародного семінару Agent-Mediated Electronic Commerce. Springer, Berlin–Heidelberg. 1999. Vol. 1788. P. 94–101.
17. Begon M., Harper J. L., Townsend C. R. Ecology: Individuals, Populations and Communities. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1986.
18. Lee M., Wolsan M. Integration, individuality and species concepts // Biology and Philosophy. 2002. Vol. 17, No. 5. P. 651–660. DOI: 10.1023/A:1022596904397.
19. Hosmer L. T. Trust: connecting link between organizational theory and philosophical ethics // Academy of Management Review. 1995. Vol. 20, No. 2. P. 379–403. DOI: <https://doi.org/105465>.
20. Guo J., Bouwman H. An ecosystem view on third-party mobile payment providers: a case study of Alipay wallet // Info. 2016. Vol. 18, No. 5. P. 56–78. DOI: <https://doi.org/10.1108/info-01-2016-0003>.
21. Levin S. Ecosystems and biosphere as complex adaptive systems // Ecosystems. 1998. Vol. 1, No. 5. P. 431–436.
22. Averian A. A reference architecture for digital ecosystems [Електронний ресурс]. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.77395>.
23. Ferronato P. Architecture for digital ecosystems, beyond service-oriented architecture // IEEE-IES Digital Ecosystem Technologies Conference. 2007. DOI: 10.1109/DEST.2007.372047.
24. Via acquires Citymapper to expand its end-to-end TransitTech solution [Електронний ресурс] // PR Newswire. – 2023. – 16 березня. – Режим доступу: <https://www.prnewswire.com/news-releases/via-acquires-citymapper-to-expand-its->

end-to-end-transittech-solution-301772464.html, вільний. – Дата звернення: 06.08.2025.

25. Musa S. MaaS Global is dead; long live MaaS [Електронний ресурс] / S. Musa // Zag Daily. – 2024. – Режим доступу: <https://zagdaily.com/trends/maas-global-is-dead-long-live-maas/>, вільний. – Дата звернення: 05.08.2025.

26. Dutch mobility startup umob acquires MaaS Global, creator of Whim app [Електронний ресурс] // Silicon Canals. – 2024. – Режим доступу: <https://siliconcanals.com/umob-acquires-maas-global>, вільний. – Дата звернення: 05.08.2025.

27. Gersch M., Bartnik M., Genseler G. Mobilitätshubs für Berlin: Geschäftsmodelloptionen für Service-Innovationen als Plattformen für lokale Ökosysteme / M. Gersch, M. Bartnik, G. Genseler // Making Connected Mobility Work / ред. Н. Proff. – Wiesbaden: Springer Gabler, 2021. – С. 25–46. – DOI: 10.1007/978-3-658-32266-3_2.

28. Paye O., et al. Car dependency and precariousness in Brussels [Електронний ресурс] / O. Paye та ін. // Brussels Studies. – 2025. – Article 204. – Режим доступу: <https://journals.openedition.org/brussels/>, вільний. – Дата звернення: 05.08.2025.

29. Breeze (Mobility-as-a-Service app) [Електронний ресурс] // Solent Transport. – 2025. – Режим доступу: <https://solent-transport.com/ftz/breeze/>, вільний. – Дата звернення: 05.08.2025.

30. Ratnasingam P. Trust in inter-organizational exchanges: a case study in business electronic commerce.

31. Malone P., Jennings B. Distributed accountability model for digital ecosystems // Матеріали 2-ї міжнародної конференції IEEE з цифрових технологій (IEEE-DEST). 2008.

32. Закон України «Про автомобільний транспорт» від 5 квітня 2001 р. № 2344-III // Відомості Верховної Ради України. 2001. № 22. Ст. 105. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14>.

33. Закон України «Про транспорт» від 10 листопада 1994 р. № 232/94-ВР // Відомості Верховної Ради України. 1994. № 51. Ст. 446. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://urist.com.ua/act/pro_transport.

34. Захаренко В. Проектування бази даних поїздок користувачів громадського транспорту з елементами технології Data Warehouse / В. Захаренко, І. Туркін, І. Шевченко // Відкриті інформаційні та комп'ютерні інтегровані технології. – 2023. – №97 – С. 205–216. <https://doi.org/10.32620/aktt.2024.3.10>

Reference

1. Hensher, D. A. (2024) 'The future of mobility as a service', *Transportation Planning and Technology*, 47(5), pp. 624–627. doi:10.1080/03081060.2024.2356619.

2. Pippuri, S. (2024) 'The Story of Mobility as a Service Global', *MaaS Solutions* [online]. Available at: <https://maas-solutions.fi/blog/story-of-maas-1> (Accessed: 5 August 2025).

3. Briscoe, G., Sadedin, S. and Wilde, P.D. (2011) 'Digital ecosystems: ecosystem-oriented architectures', *Natural Computing*, 10(3), pp. 1143–1194. doi:10.1007/s11047-011-9254-0.

4. Boley, H. and Chang, E. (2007) 'Digital ecosystems: principles and semantics', *Proceedings of the 1st IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies*, Cairns, Australia, February 2007.

5. (2006) 'Digital ecosystems: a next generation of the collaborative environment', Proceedings of the 8th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services (iiWAS'2006), Yogyakarta, Indonesia, 4–6 December 2006.
6. Peltoniemi, M. (2004) 'Cluster, value network and business ecosystem: knowledge and innovation approach', Conference "Organisation, Innovation and Complexity: New Perspectives on the Knowledge Economy", Manchester, UK, 9–10 September 2004.
7. Azmuk, N. (2018) 'Ecosystema rynku pracy Ukraini', Rynok pracy ta zainiatist naselennia, 2(55), pp. 33–41.
8. Beni, G. and Wang, J. (1989) 'Swarm intelligence in cellular robotic systems', Proceedings of NATO Workshop "Robots and Biological Systems", Tuscany, Italy, 26–30 June 1989 [online]. Available at: <http://www-users.york.ac.uk/~jo115/paper-reviews/SwarmIntelligenceinCellularRoboticSystems.pdf>.
9. Beni, G. and Wang, J. (1989) 'Swarm intelligence in cellular robotic systems', Proceedings of NATO Workshop "Robots and Biological Systems", Tuscany, Italy, 26–30 June 1989.
10. Lemeshko, M. (2022) 'Nova ekonomika iak systemoutvoriuiuchy faktor ta draiver rozvytku ekosystem biznesu', Ekonomika ta suspilstvo, (46). doi:10.32782/2524-0072/2022-46-35.
11. Kviatko, T. M. (2023) 'Osoblyvosti formuvannia biznes-ekosystem u suchasnykh umovakh', University Economic Bulletin, (57), pp. 57–62. doi:10.31470/2306-546X-2023-57-57-62.
12. Lemeshko, M. (2021) 'Sut ta osoblyvosti formuvannia ekosystem biznesu v novii ekonomitsi', Ekonomika ta suspilstvo, (34). doi:10.32782/2524-0072/2021-34-49.
13. Briscoe, G., Sadedin, S. and Wilde, P. D. (2011) 'Digital ecosystems: ecosystem-oriented architectures', Natural Computing, 10, pp. 1143–1194.
14. Averian, A. (2017) 'Supply chain modelling as digital ecosystem', Proceedings of the International Scientific Conference ITEMA 2017, pp. 27–35.
15. Walsh, W.E. and Wellman, M.P. (2003) 'Focused supply chain formation: market protocol and competitive equilibrium analysis', Journal of Artificial Intelligence Research, 19, pp. 513–567. doi:10.1613/jair.1213.
16. Walsh, W. E. and Wellman, M. P. (1999) 'Modeling supply chain formation in multiagent systems', Proceedings of the International Workshop on Agent-Mediated Electronic Commerce, Berlin–Heidelberg: Springer, 1788, pp. 94–101.
17. Begon, M., Harper, J. L. and Townsend, C.R. (1986) Ecology: Individuals, Populations and Communities. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
18. Lee, M. and Wolsan, M. (2002) 'Integration, individuality and species concepts', Biology and Philosophy, 17(5), pp. 651–660. doi:10.1023/A:1022596904397.
19. Hosmer, L. T. (1995) 'Trust: connecting link between organizational theory and philosophical ethics', Academy of Management Review, 20(2), pp. 379–403. doi:10.5465/amr.1995.9507312923.
20. Guo, J. and Bouwman, H. (2016) 'An ecosystem view on third-party mobile payment providers: a case study of Alipay wallet', Info, 18(5), pp. 56–78. doi:10.1108/info-01-2016-0003.
21. Levin, S. (1998) 'Ecosystems and biosphere as complex adaptive systems', Ecosystems, 1(5), pp. 431–436.
22. Averian, A. (2018) 'A reference architecture for digital ecosystems' [online].

doi:10.5772/intechopen.77395.

23. Ferronato, P. (2007) 'Architecture for digital ecosystems, beyond service-oriented architecture', IEEE-IES Digital Ecosystem Technologies Conference. doi:10.1109/DEST.2007.372047.

24. PR Newswire (2023) 'Via acquires Citymapper to expand its end-to-end TransitTech solution', PR Newswire, 16 March [online]. Available at: <https://www.prnewswire.com/news-releases/via-acquires-citymapper-to-expand-its-end-to-end-transittech-solution-301772464.html> (Accessed: 6 August 2025).

25. Musa, S. (2024) 'Mobility as a Service Global is dead; long live Mobility as a Service', Zag Daily [online]. Available at: <https://zagdaily.com/trends/maas-global-is-dead-long-live-maas/> (Accessed: 5 August 2025).

26. Silicon Canals (2024) 'Dutch mobility startup umob acquires Mobility as a Service Global, creator of Whim app', Silicon Canals [online]. Available at: <https://siliconcanals.com/umob-acquires-maas-global> (Accessed: 5 August 2025).

27. Gersch, M., Bartnik, M. and Genseler, G. (2021) 'Mobilitätshubs für Berlin: Geschäftsmodelloptionen für Service-Innovationen als Plattformen für lokale Ökosysteme', in Proff, H. (ed.) Making Connected Mobility Work. Wiesbaden: Springer Gabler, pp. 25–46. doi:10.1007/978-3-658-32266-3_2.

28. Paye, O. et al. (2025) 'Car dependency and precariousness in Brussels', Brussels Studies, Article 204 [online]. Available at: <https://journals.openedition.org/brussels/> (Accessed: 5 August 2025).

29. Solent Transport (2025) 'Breeze (Mobility-as-a-Service app)', Solent Transport [online]. Available at: <https://solent-transport.com/ftz/breeze/> (Accessed: 5 August 2025).

30. Ratnasingam, P. (1999) 'Trust in inter-organizational exchanges: a case study in business electronic commerce', Electronic Markets, 9(3), pp. 51–58. doi:10.1080/101967899359401.

31. Malone, P. and Jennings, B. (2008) 'Distributed accountability model for digital ecosystems', Proceedings of the 2nd IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies (DEST).

32. Verkhovna Rada Ukrainy (2001) 'Zakon Ukraïny "Pro avtomobilnyi transport" vid 5 kvitnia 2001 r. No. 2344-III', Vidomosti Verkhovnoï Rady Ukraïny, 22, Art. 105 [online]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14>.

33. Verkhovna Rada Ukrainy (1994) 'Zakon Ukraïny "Pro transport" vid 10 lystopada 1994 r. No. 232/94-VR', Vidomosti Verkhovnoï Rady Ukraïny, 51, Art. 446 [online]. Available at: https://urst.com.ua/act/pro_transport.

34. Zakharenko, V., Turkin, I. and Shevchenko, I. (2023) 'Proektuvannia bazy danykh poizdok korystuvachiv hromadskoho transportu z elementamy tekhnologii Data Warehouse', Vidkryti informatsiini ta komp'iuterni intehrovani tekhnologii, (97), pp. 205–216. doi:10.32620/aktt.2024.3.10.

Надійшла до редакції 25.08.2025, розглянута на редколегії 25.08.2025

Mobility as a Service: Digital Platform for the Passenger Transport Ecosystem in Megacities

The article examines the concept of Mobility as a Service as the foundation for developing a digital ecosystem of passenger transport in a megacity. The main challenges of modern mobility are identified: overloaded infrastructure, fragmentation

of services, and the lack of an integrated digital platform. It is shown that the Mobility as a Service model enables the integration of different modes of transport—public, private, micromobility, car sharing, and taxis—into a single digital environment with options for trip planning, booking, and payment.

Scientific research and practical examples of similar solutions implemented in different countries are analyzed. The study highlights architectural models of digital ecosystems, their components, and principles in accordance with the RADE reference model. Special attention is given to the role of digital agents, network nodes, contextual integration, and open data standards that ensure the scalability and interoperability of transport platforms.

The article also considers business models for the development of Mobility as a Service, which combine technological, organizational, and social factors. The significance of trust and reputation is emphasized as key conditions for functioning: only transparent interaction between operators, municipalities, and users ensures acceptance of the digital ecosystem and its resilience.

It is concluded that a successful passenger transport ecosystem must be self-organizing, scalable, customer-oriented, and reputation-reliable, which opens new perspectives for the innovative transformation of urban mobility.

Key words: Mobility as a Service, Digital transport ecosystem, Urban mobility, Integrated transport platforms, Trust and reputation in digital services, RADE architectural models.

Відомості про авторів:

Захаренко Володимир Олександрович – доцент, канд. техн. наук, доцент кафедри інженерії програмного забезпечення Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна, ел. пошта: v.zakharenko@khai.edu, ORCID: 0009-0003-1713-4558

Туркін Ігор Борисович – професор, доктор техн. наук, завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна, ел. пошта: i.turkin@khai.edu, ORCID: 0000-0002-3986-4186

Туркіна Вікторія Валентинівна – канд. техн. наук, старший викладач кафедри менеджменту Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна, ел. пошта: v.turkina@khai.edu, ORCID: 0000-0001-9151-360X

About the Authors:

Zakharenko Volodymyr – associate professor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Software Engineering of the National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine, e-mail: v.zakharenko@khai.edu, ORCID: 0009-0003-1713-4558

Turkin Ihor – professor, doctor of technology sciences, head of the software engineering department of the National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine, e-mail: i.turkin@khai.edu, ORCID: 0000-0002-3986-4186

Turkina Viktoriia – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of Management, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine. e-mail: v.turkina@khai.edu, ORCID: 0000-0001-9151-360X