DOI: https://doi.org.10.15276/ict.02.2025.52
УДК 004.41

Програмне забезпечення для оцінки ефективності комбінованих перевезень

Ошовський Владислав Русланович[1)]
Магістр каф. Інженерії програмного забезпечення
ORCID: https://orcid.org/0009-0003-9327-2979; vlad.oshovskyi@gmail.com
Зіноватна Світлана Леонідівна[1)]
Канд. техніч. наук, доцент каф. Інженерії програмного забезпечення
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9190-6486; zinovatnaya.svetlana@op.edu.ua. Scopus Author ID: 57219779480
[1)] Національний університет «Одеська політехніка», пр. Шевченка, 1. Одеса, 65044, Україна

АНОТАЦІЯ

Масові внутрішні та зовнішні переміщення населення України, зумовлені воєнними діями, сформували високий попит на транспортні послуги. Необхідність перевезення людей, особистих речей, гуманітарної допомоги та вантажів для відновлення інфраструктури підсилює потребу в ефективних логістичних рішеннях. Особливу увагу привертають комбіновані перевезення пасажирів і посилок, які дають змогу підвищити ефективність використання транспортних ресурсів, знизити витрати та забезпечити сталість перевезень.

В роботі описано розробку автоматизованої системи обліку замовлень на комбіновані перевезення з метою підвищення фінансових результатів транспортних компаній.

Виконано аналіз наукових джерел і сучасного програмного забезпечення для управління транспортними послугами, систематизацію ключових показників ефективності та формалізацію математичних моделей для розрахунку вартості, часу доставки, завантаженості транспортних засобів і прибутковості.

Обґрунтовано актуальність комбінованих перевезень у контексті гуманітарних і економічних викликів. Визначено набір ключових показників ефективності для оцінки ефективності маршрутів та розроблено підходи до їх розрахунку. Проведено огляд сучасних інформаційних систем управління транспортом, що показав відсутність рішень, здатних інтегровано підтримувати перевезення пасажирів і посилок в одному транспортному засобі.

Оптимізація комбінованих перевезень є перспективним напрямом для транспортних компаній України, що дозволяє знизити витрати та підвищити якість обслуговування клієнтів.

Ключові слова: комбіноване перевезення, планування маршруту, обробка даних, параметри ефективності, облік маршруту, аналіз витрат

Актуальність. Послуги перевезень пасажирів і речей є дуже актуальними для України, у зв'язку з масовим внутрішнім і зовнішнім переміщенням населення, викликаним воєнними діями на території країни. Переміщення великої кількості населення вимагає рішень для таких проблем, як доставка людей, їхніх особистих речей, гуманітарної допомоги.

У [1] з використанням даних соціальних мереж підрахували, що 5,3 мільйона осіб було внутрішньо переміщено зі свого базового адміністративного регіону протягом перших трьох тижнів після початку конфлікту. Незважаючи на швидку та єдину міжнародну реакцію на гуманітарну кризу, особливо на кордонах, одразу після вторгнення відчувався дефіцит інформації про місцезнаходження та демографічні характеристики переміщеного населення всередині України.

Масове переміщення населення призвело до зростання рівня невизначеності та збільшення ризиків як для окремих людей, так і для всього суспільства. У [2] представлено огляд індивідуальних викликів та ризиків, викликаних вимушеним переміщенням населення.

Відповідно до [3] в Україні налічується 3,7 мільйона внутрішньо переміщених осіб (ВПО). При виборі місця проживання близькість до сім'ї та друзів виявлялася найважливішим чинником. Загалом 39% ВПО вказали це як основну причину вибору нинішнього місця проживання, 21% вказали сприятливу ситуацію з безпекою, 14% вказали доступ до житла та 11% вказали доступ до можливостей отримання доходу. Часто проблеми на новому місці проживання приводять до повторної його зміни.

Багато громадян України покинули країну й переїхали за кордон. Переважна більшість біженців за кордоном проживає у Польщі (1,6 мільйона), Німеччині (1,1 мільйона) та Чехії (540 000). Тисячі людей живуть в Центральній та Південній Європі, а також у Великій

This is an open access article under the CC BY license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.uk)

Британії, до 200 000 українців мігрували до країн Північної Європи (Норвегію, Данію та Швецію разом узяті). Згідно з декількома дослідженнями, українські сім'ї за кордоном стикаються з численними труднощами [4]. Це недостатнє володіння мовою приймаючої країни, що ускладнює можливості працевлаштування, та тривалі процеси підтвердження та перекладу українських професійних кваліфікацій, що уповільнює працевлаштування. Батьки, переважно жінки з дітьми, стикаються з додатковими труднощами через обмежений доступ до послуг з догляду за дітьми, що ще більше позначається на їхній працездатності.

Таким, образом, причинами актуальності перевезень у цей час для України є перевезення людей і їхніх особистих речей, у тому числі великих, наприклад, меблів; доставка гуманітарної допомоги, продуктів харчування, ліків і інших життєво важливих вантажів у постраждалі регіони; вивіз людей з небезпечних зон і евакуації; перевезення матеріалів і техніки для відновлення зруйнованої інфраструктури; бізнес і економічна активність; розвиток цифрових сервісів для замовлення таксі і інших транспортних послуг.

Можна виділити кілька основних видів актуальних перевезень: пасажирські перевезення (послуги таксі й більших видів транспорту для переміщення людей); вантажні перевезення (доставка особистих речей, гуманітарної допомоги й товарів для бізнесу); перевезення особистих речей.

Послуги по комбінованому перевезенню пасажирів і посилок мають на увазі переміщення людей і товарів одночасно, з використанням інтегрованих автопарків і оптимізованої логістики для підвищення ефективності, зниження витрат і сприяння стійкому розвитку [5].

Метою роботи є покращення фінансових результатів компанії, яка спеціалізується на наданні послуг з перевезення пасажирів та доставки посилок, що досягається завдяки впровадженню автоматизованої системи обліку замовлень на перевезення.

Огляд літератури. Переміщення людей з одного місця в інше в загальному випадку включає послуги за запитом, регулярні маршрути та туризм. Перевезення посилок передбачає переміщення невеликих товарів, посилок та вантажів, що часто відіграє ключову роль у торгівлі та повсякденній комерції. Комбінування пасажирських та посилальних послуг викликає зростаючий інтерес. Метою інтеграції часто є підвищення ефективності, зниження витрат та максимальне використання існуючої транспортної інфраструктури. Це може призвести до таких переваг, як скорочення часу в дорозі, зменшення пробок та зниження експлуатаційних витрат. Постачальниками послуг є різні організації: від великих транспортних компаній та платформ на замовлення поїздок до нових мереж доставки із залученням великої кількості людей.

Особливістю транспортної діяльності з точки зору надання якісних послуг зводяться до наступних правил: транспортні послуги не можуть існувати поза процесом їх надання (тобто не можуть накопичуватися); продаж транспортних послуг насправді є продажем результатів трудового процесу, тому якість транспортних послуг визначається якістю самого трудового процесу; послуги пасажирського транспорту являють собою конкретну споживчу цінність лише у певний час та у певному місці чи напрямку, що суттєво обмежує їхню здатність замінювати ринкові послуги; якісні послуги з перевезення пасажирів належать до завершення та/або обслуговування, що передує процесу матеріального виробництва [6].

У зв'язку зі зростаючою популярністю електронної комерції росте популярність послуг доставки вантажів "від дверей до дверей". У міру того, як усе більше людей звертаються до онлайн-покупок, потреба в ефективних транспортних системах для переміщення товарів зі складів до кінцевих користувачів стає усе більше критичною. У Сполучених Штатах на частку електронної комерції довелося 16,2% від загального обсягу роздрібних продажів у третьому кварталі 2024 року, що підкреслює її значну роль у сучасних ланцюжках поставок. Цей сплеск попиту виявив проблеми в міських логістичних системах, особливо в керуванні зрослим обсягом вантажних перевезень [7].

В [6] розглядається проблема недовикористання транспорту таксі. Оскільки попит на пасажирські перевезення сильно міняється протягом дня, автопарк може бути недовикористаний у непікові годинники. Для ефективного використання місткості власних транспортних засобів, оператор автопарку може задовольняти попит на вантажоперевезення, коли це необхідно. Крім підвищення прибутковості за рахунок взаємозамінного обслуговування запитів пасажирів і посилок, інтегрована транспортна система може знизити витрати на маршрутизацію транспортних засобів за рахунок об'єднання різнорідних поїздок, що перекриваються. Запропонована багатошарова мережа, розширена в часі, у якій кожний шар відповідає таксі, для моделювання складних переміщень пасажирів, посилок і таксі в просторовому й часовому вимірах. Метод дозволяє описувати різні види діяльності електричних і бензинових таксі, зокрема обслуговування клієнтів, простоювання в очікуванні пасажирів, підзарядка акумуляторів.

В [8] розглядається проблема оптимізації транспортування в межах великого міста. описується проблема суспільного транспорту і міських перевезень вантажів, які традиційно проектуються як дві незалежні системи. Однак обидві транспортні системи прагнуть ефективно задовольняти потреби в перевезеннях пасажирів або вантажів у певний час і в певне місце призначення. Концепція об'єднання декількох потоків попиту в одній транспортній системі позначена як інтегроване транспортування. Вказано, що задача маршрутизації транспортних засобів має різні формулювання: задача маршрутизації неоднорідних транспортних засобів; задача маршрутизації транспортних засобів зі знімними кузовами; задача маршрутизації причепів і транспортних засобів для перевезення вантажів; задача спільних поїздок.

В [9] розглядається питання комбінованих перевезень щодо залізнодорожнього транспорту. Вказано, що залежність від автомобільного транспорту у внутрішній логістиці може привести до посилення заторів і викидів парникових газів, через ріст цін на нафту можливе збільшення логістичних витрат, яке може мати високі соціальні витрати. Існуючі системи залізничного транспорту через низьку швидкість, обмежену пропускна здатність шляхів і неможливість впровадження системи "від дверей до дверей" ускладнюють їх використання. В роботі описаний проєкт по розробці високошвидкісного пасажирсько-багажного змішаного поїзда (Hy-SoBex).

У [10] особливу увагу приділяють екологічним викликам, пов’язаним із даним видом послуг, оскільки транспортний сектор сьогодні стикається з чотирма взаємопов’язаними проблемами: зміною клімату, урбанізацією, розвитком електронної комерції та зростанням потреб у міській мобільності. Зростання обсягів викидів парникових газів спричиняє кліматичні зміни, що проявляються у вигляді екстремальних погодних явищ і підвищення рівня моря, становлячи глобальну загрозу. Паралельно інтенсивно розвивається урбанізація: міграція населення до міст у пошуках кращих можливостей спричиняє збільшення щільності населення та навантаження на дорожню інфраструктуру. Важливим чинником виступає і стрімке зростання електронної комерції: поширення онлайн-покупок та доставки додому значно підвищує рівень викидів, особливо у сфері логістики «останньої милі». Ця тенденція веде до зростання інтенсивності міських вантажних перевезень, що підсилює затори, збільшує ризики дорожньо-транспортних пригод і погіршує стан громадського здоров’я.

В [11] розглядається задача спільного використання сервісу замовлення поїздок (Ride-hailing) для перевезення посилок. У цій задачі пасажири й посилки, а також кілька посилок можуть перевозитися в тих самих транспортних засобах. Посилки діляться на вісім класів залежно від розміру (дуже маленької, маленької, середні й більші) і терміновості (термінові й нетермінові). Цілями при пошуку рішення є максимізація прибутку платформи й мінімізація загальних витрат на водіння транспортних засобів. Розглядаються обмеження часового вікна, обмеження місткості транспортного засобу для пасажирів, обмеження місткості багажника для посилок і багажу й обмеження місткості контейнера для доставки посилок. Зазначено, що звичайно перевезення посилок і пасажирів вивчається окремо. Однак

доставка посилок і пасажирських перевезень схожі тим, що в обох завдань є пункти відправлення й призначення. Більше того, посилки й пасажири перевозяться транспортними засобами й повинні бути забрані й доставлені в певні часові інтервали.

Огляд наявного програмного забезпечення для транспортних компаній. Компанія Allride (Каліфорнія, США) [12], як вказано на сайті, пропонує рішення для керування пасажирськими перевезеннями з функціями оптимізації маршрутів, автоматизованого планування й оперативного керування. Завдяки інтегрованій платформі на базі штучного інтелекту застосунку AllRide міняють підхід до підготовки, експлуатації й обслуговуванню автопарку. Пропонуються окремі продукти, а саме програмне забезпечення для керування автопарком, спільних поїздок і оренди автомобілів; програмне забезпечення для керування автобусним парком; платформа керування доставкою на базі штучного інтелекту з відстеженням у реальному часі й інтелектуальною аналітикою; програмне забезпечення для керування логістикою. Декларується багатомовна підтримка, але не описано, як саме вона реалізована. Платіжна система орієнтована на США.

Система керування транспортом PCS|TMS for Shippers (Техас, США) [13] оптимізує диспетчеризацію, керування автопарком, бухгалтерський облік і планування на централізованій платформі для перевізників і брокерів. PCS|TMS for Shippers пропонується для керування приватним автопарком і для комерційних перевізників. Для PCS TMS використається убудована платформа штучного інтелекту (ШІ) Cortex, що заснована на багаторічному досвіді в області вантажоперевезень і є не просто стандартним ШІ, а рішенням, розробленим з урахуванням реальних вимог вантажоперевезень: низкою маржі, волатільності ринків і необхідності безперервного рішення проблем. PCS|TMS for Shippers не призначена для обліку пасажирських перевезень, тільки для вантажних.

Oracle пропонує складну систему керування логістикою й транспортуванням, з функціями для планування, виконання й фінансових аспектів Система управляє транспортними операціями по всьому глобальному ланцюжку поставок. Сполучаючи простоту використання з передовими в галузі можливостями, Oracle Transportation Management [14] дозволяє ефективніше управляти логістичними операціями, скорочувати транспортні витрати й оптимізувати рівень обслуговування.

Можна зробити висновок, що існує велика кількість програмних засобів для керування транспортом, логістикою перевезень, з вбудованим ШІ. Однак розглянуті платформи, не зважаючи на велику кількість різних функцій, не дають можливості одночасно планувати для одного транспортного засобу виконання замовлень одночасно для пасажирів та посилок. Тому є необхідним створення простого програмного продукту із зрозумілим функціоналом та алгоритмами розрахунків для неспеціалістів в області логістики.

Метрики й показники ефективності (KPI) аналізу маршрутів. Аналіз і оптимізація маршрутів є ключовими процесами сучасної логістики, що мають безпосередній вплив на ефективність роботи, рівень обслуговування клієнтів і загальну рентабельність компанії. Вони виступають відправною точкою всього транспортного циклу – від етапу планування до моменту доставки.

Основна мета маршрутизації полягає в економії часу й ресурсів, однак підходи до організації пасажирських і вантажно-посилкових перевезень істотно відрізняються. Обидва типи транспортування зіштовхуються з подібними викликами – пробками, несприятливими погодними умовами й необхідністю дотримання розкладу, однак їхні моделі роботи різні. Пасажирські перевезення, особливо суспільні, зазвичай ґрунтуються на стабільних маршрутах з фіксованими зупинками й розкладом. Вантажні й кур'єрські доставки вимагають гнучкої, динамічної оптимізації, що враховує унікальний набір точок доставки і їхніх можливих змін у режимі реального часу.

Основними цілями аналізу та оптимізації маршрутів є: зниження операційних витрат, а саме мінімізація витрат на паливо, заробітну плату водіїв і технічне обслуговування автопарку; підвищення якості обслуговування, а саме забезпечення своєчасності й точності

доставки; поліпшення операційної ефективності, а саме максимізація використання транспортних ресурсів і продуктивності праці; зниження екологічного сліду, а саме зменшення шкідливих викидів за рахунок скорочення пробігу.

Для оцінки ефективності аналізу маршрутів і прийняття обґрунтованих управлінських рішень необхідно використати ключові показники (KPI). Ці метрики дозволяють виміряти продуктивність, виявити «вузькі місця» і визначити внесок логістичного відділу в загальну рентабельність бізнесу [15]. В таблиці 1 представлено KPI, розділені на категорії, які можуть бути використані для комплексної оцінки маршрутизації.

Таблиця 1. **Ключові показники ефективності**

Категорія	Показник	Опис	Розрахунок
Фінансові	Вартість доставки на одиницю вантажу	Дозволяє оцінити фінансову ефективність доставки	Загальні витрати на доставку/Кількість одиниць вантажу
	Співвідношення вартості доставки до продажів	Фінансова метрика, що показує внесок логістики в загальну рентабельність бізнесу	Вартість доставки/Обсяг продажів
	Витрати на паливо	Прямий показник ефективності маршруту Оцінюється в грошових одиницях на кілометр пробігу	Витрати на паливо/Пробіг
Операційні	Коефіцієнт завантаження транспортного засобу	Показує, наскільки ефективно використається місткість транспорту	(Маса/Обсяг вантажу)/(Макс. вантажопідйомність) × 100%
	Час доставки	Ключова метрика для швидкості й продуктивності логістичного процесу	Сума часу всіх доставок/Кількість доставок
	Відсоток виконання плану	Відбиває ефективність роботи логіста й водія	(Виконані завдання/Заплановані завдання) × 100%
Сервісні	Індекс зробленого замовлення (POI)	Холістична оцінка якості сервісу	Своєчасність × Комплектність × Безпомилковість
	Своєчасність доставки (OTD)	Критично важливий показник задоволеності клієнта	(Доставлено під час)/(Всі доставки) × 100%
	Відсоток інцидентів	Оцінка надійності й безпеки перевезень	(Кількість інцидентів/Загальна кількість перевезень) × 100%

Оптимізація маршрутів, крім прямої економії, також впливає на так звані «м’які» показники, які в довгостроковій перспективі підвищують прибутковість. Коли доставка стає швидшою та точнішою, зростає POI. Високе значення цього показника означає більше задоволених клієнтів, відповідно, більшу їхню лояльність і бажання знову користуватися послугами. У результаті формується «петля зворотного зв’язку»: інвестиції в удосконалення

логістики поступово перетворюються на зростання доходів і розширення частки компанії на ринку.

Додаткові переваги включають: збільшення задоволеності клієнтів (швидка й своєчасна доставка підвищує якість сервісу); поліпшення іміджу компанії (скорочення викидів CO_2 за рахунок оптимізації пробігу позитивно впливає на репутацію й залучає «зелених» споживачів); підвищення продуктивності (зменшення часу простою й більше ефективне використання автопарку приводять до збільшення загальної продуктивності).

Розрахунки ключових показників ефективності. В таблиці 2 описана множина KPI, актуальні для аналізу маршрутів комбінованих перевезень пасажирів та посилок.

Таблиця 2. **Опис ключових показників ефективності**

Показник	Позначення	Враховуються
Вартість доставки на одиницю обсягу посилки	*vdpl*	Всі фактичні витрати в розрахунку та обсяг перевезених посилок
Вартість доставки на одного пасажира	*vdps*	Всі фактичні витрати в розрахунку та кількість перевезених пасажирів,
Співвідношення вартості доставки до продажів	*prf*	Всі фактичні витрати та отримана кількість фінансів за всі посилки та всіх пасажирів
Витрати на паливо	*prp*	Витрати на паливо та відстань між точками зупинки
Коефіцієнт завантаження транспортного засобу відносно обсягу багажа	*ktrpl*	Маса посилок та їх обсяг
Коефіцієнт завантаження транспортного засобу відносно кількості пасажирських місць	*ktrps*	Кількість перевезених пасажирів та їх обсяг
Час доставки	*td*	Тривалість маршрутів та кількість виконаних перевезень
Відсоток виконання плану	не розглядається	
Індекс зробленого замовлення (POI)	*poi*	Плановий та фактичний час виконання, завантаженість транспортного засобу, помилки при плануванні маршруту з його перебудовою
Своєчасність доставки (OTD)	*otd*	Плановий та фактичний час виконання, кількість маршрутів
Відсоток інцидентів	*pci*	Кількість невиконаних перевезень через технічні або аварійні ситуації

Показники можуть розраховуватися для окремого маршруту, за визначений період, для окремого транспортного засобу.

Для розрахунку прибутку мають бути враховані витрати та отримані фінанси за виконані перевезення.

$$pr = SR - SD,$$

де *SR* – загальні витрати, *SD* – загальні доходи.

$$SR = \sum_{i=1}^{nr} rf_i$$

$$SD = \sum_{j=1}^{nps} prps_j + \sum_{k=1}^{npl} prpl_k$$

де *rf* – фактична витрата під час виконання первезення; *prps* – вартість проїзду для одного пасажиру, *prps* – вартість перевезення однієї посилки; *nr* – кількість витрат, *nps* – кількість пасажирів, *npl* – кількість посилок.

Вартість доставки розраховується наступним чином:

$$vdpl = \frac{SR}{\sum_{k=1}^{npl} wd_k \times h_k \times dp_k}$$

$$vdps = \frac{SR}{nps}$$

де *wd* – ширина посилки, *h* – висота посилки, *dp* – глибина посилки

Співвідношення вартості доставки до продажів визначається:

$$prf = \frac{SR}{SD}$$

Витрати на паливо визначаються за формулою:

$$prp = \frac{SR(tp = \text{"паливо"})}{\sum_{l=1}^{nmax} rpt_l}$$

де $nmax = |PT|$, *PT* – множина точок зупинки; *rpt* – відстань між точками зупинки.

Коефіцієнт завантаження транспортного засобу розраховується:

$$ktrpl = \frac{\sum_{k=1}^{npl} wt \Big/ \sum_{k=1}^{npl}(wd_k \times h_k \times dp_k)}{cm} \times 100$$

$$ktrps = \frac{nps}{qps}$$

де *cm* – вантажопідйомність транспортного засобу, що виконує перевезення; *qps* – кількість пасажирських місць у транспортного засобі,

Показники *ktrpl* та *ktrps* розраховуються для кожного компонента маршруту, для маршруту розраховується середнє значення показників.

Часовий параметр розраховується таким чином:

$$td = \frac{\sum_{l=1}^{nrd} concat(dpt_l, tpt_l, n = 0) - concat(dpt_l, tpt_l, n = nmax - 1)}{nrd}$$

де *n* – порядковий номер точки зупинки в маршруті; *dpt* – дата приїзду в точку зупинки; *tpt* – час приїзду в точку зупинки; *nrd* – кількість виконаних маршрутів.

Індекс зробленого замовлення розраховується за формулою:

$$poi = td_f \times td_p \times ktrpl \times ktrps \times \frac{ner}{nrd},$$

де *ner* – кількість виконаних маршрутів з помилками планування.

Відсоток інцидентів розраховується наступним чином:

$$pci = \frac{nav}{nrd}$$

де *nav* – кількість виконаних маршрутів, які не завершилися через аварії або технічні проблеми.

Спроєктовано програмне забезпечення для реалізації можливостей аналізу виконаних маршрутів. Визначені функціональні вимоги для нього. Функціональні вимоги (functional requirements) є один із ключових видів вимог у розробці програмного забезпечення. Це опис того, що система повинна робити. функціональні вимоги визначають поводження системи, її функції, задачі й сервіси. Це список конкретних дій, які користувач або інша система може виконати за допомогою програми [16].

Функціональні вимоги наведені у на рис. 1 у вигляді діаграми варіантів використання.

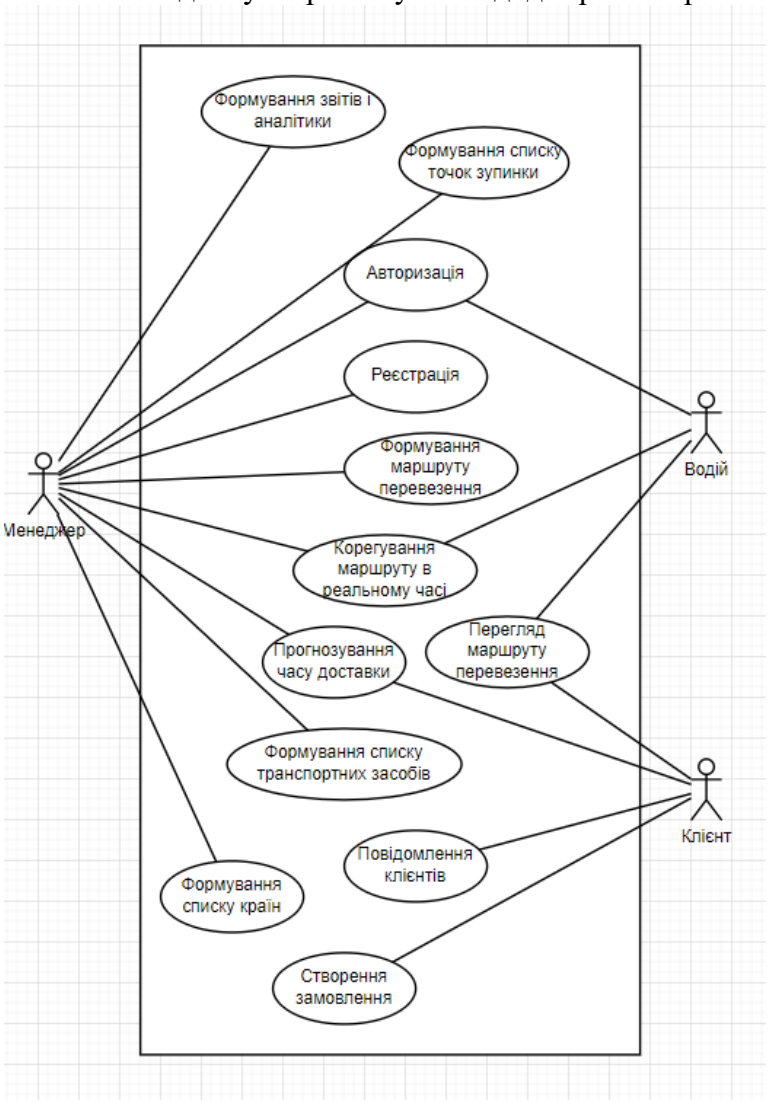


Рис 1. **Діаграма варіантів використання**

Програмне забезпечення повинно використатися менеджерами для планування й контролю маршрутів; для аналізу статистики й прийняття рішень; водіями для виконання рейсів; клієнтами (пасажири й відправники посилок) для оформлення замовлень; для одержання інформації про статус поїздки/доставки.

Висновки. В роботі виконаний огляд проблеми аналізу маршрутів при наданні послуг щодо перевезень пасажирів та посилок. Описані ключові показники ефективності, які можуть бути використані під час аналізу маршрутів. Проаналізовані існуючі програмні

засоби для керування транспортом. Показано, що є необхідність розробки доступного програмного продукту, який не вимагає спеціальних знань в області логістики та може використовуватися власниками та клієнтами приватних перевізників. Наведені формули для розрахунків є основою для визначення запитів на отримання інформації з бази даних та виконання аналізу маршрутів. Крім того, вони встановлюють методичний підхід до проведення аналітичних операцій, зокрема аналізу маршрутів, що є необхідним етапом для забезпечення коректності функціонування програмного комплексу та досягнення заданих показників ефективності. Визначені функціональні вимоги, які задають основу для реалізації прикладної логіки й забезпечують відповідність програми цілям і задачам користувачів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Leasure D. R., Kashyap R., Rampazzo F. et al. “Nowcasting Daily Population Displacement in Ukraine through Social Media Advertising Data”. *Population and Development Review*. 2023; 49: 231–254. DOI: https://doi.org/10.1111/padr.12558.

2. Malynovska O., Yatsenko L. “Forced internal displacement of the ukrainian population: risks raised by war”. *Strategic Panorama* 2024; 2: 27–39. DOI: https://doi.org/10.53679/2616-9460.2.2023.03.

3. “Crisis in Ukraine”. 2025. – Available from: https://www.iom.int/crisis-ukraine.

4. Sergatskova K. “The Impact of War on Ukraine as Seen Through Its Communities in Exile”. 2025. – Available from: https://www.wilsoncenter.org/blog-post/impact-war-ukraine-seen-through-its-communities-exile.

5. Lu C.-C., Diabat A., Li Y.-T., Yang Y.-M. “Combined passenger and parcel transportation using a mixed fleet of electric and gasoline vehicles”. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2022; 157: 102546. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102546.

6. Bilichenko V. V., Svershok A. V., Kyrylenko T. M. “The definition of the notion of passenger quality transportation services and the analysis of the main factors affecting it”. Materials of the XLIX Scientific and Technical Conference of VNTU Divisions. Vinnytsia, Ukraine. 2020. – Available from: https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/29706/9634.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

7. Lee E., Li M., Li L., Lo H. K. “Integrated flexible transport service for passenger and freight under stochastic demand and service time”. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2025; 200: 103313. DOI: https://doi.org/10.1016/j.trb.2025.103313.

8. Hatzenbühler, J. Jenelius, E.. Gidófalvi, G., Cats, O. “Multi-purpose Pickup and Delivery Problem for Combined Passenger and Freight Transport”. *arXiv:2210.05700*. 2022. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2210.05700.

9. Yum, B., Ha, O., Lee, J. “A Comparison Study on the Parcel Transport Service Model-using High-Speed Passenger/Freight Mixed Train”. *Journal of the Korean society for railway*. 2015; 18: 471–480. DOI: https://doi.org/10.7782/JKSR.2015.18.5.471

10. Fehn F. “Ride Parcel Pooling – Sustainable Integration of Parcel Services into Mobility-on-Demand Systems”. *Technische Universität München. Dissertation*. 2024. – Available from: https://mediatum.ub.tum.de/doc/1735024/h0wqszvd6pm6sa3nscipmfatq.Ride_Parcel_Pooling___Sustainable_Integration_of_Urban_Passenger_Transport_and_City_Logistics%20(5).pdf.

11. Zhan, X., Szeto, W.Y., Wang, Y. “The ride-hailing sharing problem with parcel transportation”. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2023; 172: 103073. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tre.2023.103073.

12. “Smart Connected Mobility”. – Available from: https://www.allrideapps.com.

13. “PCS TMS: Built for the Road, Wired for the Real Work”. – Available from: https://pcssoft.com.

14. “Transportation Management”. – Available from: https://www.oracle.com/scm/logistics/transportation-management/?adbt=j2745-v1.

15. Aulin V., Liashuk O., Mironov D., Staliński P., Rutkowski M., Lysenko S. “Management-Oriented Assessment of Transport Service Quality Using Logistics Monitoring System and Harrington’s Desirability Function in Support of SDG 9”. *Sustainability*. 2025; 17 (17): 7837. DOI: https://doi.org/10.3390/su17177837.

16. Hayes A. “Functional Decomposition: Definition, Diagrams, and Applications”. – Available from: https://www.investopedia.com/terms/f/functional-decomposition.asp.

DOI: https://doi.org.10.15276/ict.02.2025.52
UDC 004.41

Software for evaluating the efficiency of combined transportation

Vladyslav R. Oshovskyi[1)]
Master of the Department of Software Engineering
ORCID: https://orcid.org/0009-0003-9327-2979; vlad.oshovskyi@gmail.com
Svitlana L. Zinovatna[1)]
PhD, Associate Professor of the Department of Software Engineering
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9190-6486; zinovatnaya.svetlana@op.edu.ua. Scopus Author ID: 57219779480
[1)] Odesa Polytechnic National University, 1, Shevchenko Ave. Odesa, 65044, Ukraine

ABSTRACT

Mass internal and external displacements of the population of Ukraine, caused by military operations, have created a high demand for transport services. The need to transport people, personal belongings, humanitarian aid and cargo for the restoration of infrastructure increases the need for effective logistics solutions. Combined transportation of passengers and parcels attracts particular attention, which allows to increase the efficiency of the use of transport resources, reduce costs and ensure the sustainability of transportation.

The paper describes the development of an automated system for accounting for orders for combined transportation in order to increase the financial results of transport companies.

An analysis of scientific sources and modern software for managing transport services has been carried out, systematization of key performance indicators (KPIs) and formalization of mathematical models for calculating the cost, delivery time, vehicle load and profitability have been carried out.

The relevance of combined transportation in the context of humanitarian and economic challenges has been substantiated. A set of KPIs for assessing the efficiency of routes has been determined and approaches to their calculation have been developed. A review of modern transport management information systems was conducted, which showed the lack of solutions capable of integrated support for the transportation of passengers and parcels in one vehicle.

Optimization of combined transportation is a promising direction for transport companies in Ukraine, which allows reducing costs and improving the quality of customer service.

Keywords: combined transport; route planning; data processing; efficiency parameters; route accounting; cost analysis