

Зіноватна С.Л.

Національний університет «Одеська політехніка»

Ошовський В.Р.

Національний університет «Одеська політехніка»

Онiщенко Т.В.

Національний університет «Одеська політехніка»

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ОБЛІКУ КОМБІНОВАНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Розглянуто проблему зростання попиту на послуги з перевезення пасажирів та посилок у контексті масового переміщення населення України після повномасштабного вторгнення у лютому 2022 року. Вказано, що значна кількість вимушених переселенців, а також необхідність підтримки соціальних і родинних зв'язків зумовили активний розвиток бізнесу приватних перевізників, які поєднують транспортні послуги для людей та доставку посилок. Метою дослідження є підвищення ефективності роботи перевізників і збільшення прибутковості їх діяльності за рахунок розробки підходу до автоматизації обліку замовлень на перевезення. Для досягнення мети проведено аналіз останніх публікацій і досліджень, у яких розкрито масштаби вимушеного переміщення населення та описано підходи до комбінованих перевезень. Розглянуто математичні методи оптимізації, зокрема задачу комівояжера, задачу маршрутизації транспорту, методи лінійного програмування, а також сучасні підходи до динамічної маршрутизації із залученням штучного інтелекту та прогнозової аналітики. У роботі запропоновано модель даних для аналізу маршрутів, що враховує складну структуру взаємозв'язків між об'єктами предметної області. Побудовано архітектуру програмного забезпечення на основі комбінації архітектурних шаблонів Model-View-ViewModel та Model-View-Presenter, що забезпечує розділення бізнес-логіки, інтерфейсу та логіки взаємодії. Основним результатом дослідження є формалізована математична модель та архітектурне рішення програмної системи, яке забезпечує ефективний облік замовлень, аналіз маршрутів та оптимізацію використання транспортних засобів. Це дозволяє скоротити витрати перевізників, підвищити рівень обслуговування клієнтів і зменшити ризики помилок у фінансовому та логістичному обліку. Практичне значення роботи полягає у можливості впровадження запропонованого рішення в діяльність невеликих транспортних компаній і приватних перевізників, що надають послуги з перевезення пасажирів та посилок у міжнародному та внутрішньому сполученні.

Ключові слова: планування маршруту, обробка даних, математична модель, облік замовлень, архітектура програмного забезпечення.

Постановка проблеми. Послуги з перевезення пасажирів та посилок означають бізнес, який займається переміщенням людей та фізичних товарів з одного місця до іншого, як окремо, так і шляхом об'єднання обох послуг в одному транспортному засобі чи системі. Для України послуга з перевезення пасажирів та посилок є особливо актуальною. Після повномасштабного вторгнення у лютому 2022 року Україна зіткнулася з найбільшим у Європі з часів Другої світової війни вимушеним переміщенням населення. Набуття чинності Директиви Європейського Союзу про тимчасовий захист полегшило негай-

ний доступ українських біженців до житла, працевлаштування та соціального забезпечення, що різко контрастує з минулими кризами біженців [1]. Така велика кількість переміщених осіб зробила послугу з перевезення пасажирів та посилок особливо затребуваною. Причини цього наступні: переїзд сімей у різні місця для проживання; переїзд членів сімей для возз'єднання; приїзд членів сімей для тимчасових зустрічей; необхідність перевозити речі; необхідність передавати речі із колишніх місць проживання за допомогою рідних чи близьких; закупівля товарів в онлайн магазинах та відправка їх до місця проживання, що може

зменшити вартість придбання необхідних речей порівняно з цінами в інших країнах. Все перераховане призвело до розвитку бізнесу, в якому приватні перевізники надають послуги з інтегрованого перевезення пасажирів та посилок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Згідно з [2] до січня 2025 року зареєстровано понад 6,8 мільйонів українських біженців у всьому світі. До березня 2025 року їхня кількість склала близько 6,9 мільйона. У [3] зазначено, що понад 14 мільйонів людей були змушені залишити свої будинки, у тому числі майже 8 мільйонів людей, насамперед жінки та діти, поїхали за кордон. В [4] наводяться дані про те, що переміщення можуть виконуватися багаторазово: «Відсутність безпеки залишається основною причиною нових переміщень в Україні. Однак повторне переміщення обумовлене поєднанням відсутності безпеки та соціально-економічних факторів. Серед внутрішньо переміщених осіб (ВПО), які неодноразово змінювали місце проживання, 18% повідомили про неможливість заробляти, 16% назвали відсутність доступного житла основною причиною переїзду, 41% – погіршення умов безпеки».

В [5] послуга перевезення описана в такий спосіб. Ride Parcel Pooling (RPP) – це інтегрована послуга перевезення пасажирів та посилок. Вона заснована на так званому райд-пулінгу на вимогу, який динамічно розподіляє поїздки клієнтів по транспортних засобах автопарку в режимі реального часу, розділяючи їх поїздки і, таким чином, прагнучи скоротити відстань поїздок і розмір автопарку в порівнянні з сервісами замовлення поїздок. У разі RPP вводиться додатковий попит на посилки, який менш чутливий до більш тривалих поїздок та часу очікування, а також менше схильний до негативного впливу зміни транспортних засобів. У цьому випадку посилки обслуговуються з більш низьким пріоритетом, ніж пасажирів, і просто переміщуються разом із відповідними пасажирськими поїздками. Це дозволяє більш ефективно використовувати вантажопідйомність транспортних засобів та додатково скоротити загальну відстань, що проходить для забезпечення мобільності пасажирів та логістичних завдань.

Послуги з перевезення пасажирів та посилок при їх наданні мають багато аспектів. У [6] розглядається питання якості надання таких послуг. Вказано, що основним видом транспортних послуг вважається не перевезення, а процес надання послуг, що дає бажаний результат.

Метою статті є збільшення прибутку компанії, яка надає послугу перевезення пасажирів та поси-

лок за рахунок автоматизації обліку замовлень на виконання перевезень.

Виклад основного матеріалу. Математичні методи для аналізу маршрутів засновані на використанні алгоритмів та моделей для знаходження оптимальних рішень. Задача комівояжера (Traveling Salesman Problem, TSP) є класичним методом, який шукає найкоротший замкнений маршрут, що проходить через заданий набір пунктів один раз. У контексті перевезень це може бути маршрут одного перевізника, який повинен доставити посилки в кілька адрес і повернутися до початкової точки [7]. Задача про маршрутизацію транспорту (Vehicle Routing Problem, VRP) є більш складною версією TSP, яка враховує множинні транспортні засоби, їх вантажопідйомність, часові вікна доставки та інші обмеження. Наприклад, вона дозволяє визначити оптимальні маршрути для кількох автомобілів, які обслуговують різні групи клієнтів, зважаючи на місткість кожного автомобіля [8]. Метод лінійного програмування використовується для знаходження найкращого рішення у межах системи лінійних обмежень. Наприклад, він може допомогти визначити оптимальне розподілення посилок між різними складами або транспортними засобами, щоб мінімізувати загальні витрати на перевезення [9]. Метод статичної (традиційної) маршрутизації заснований на використанні заздалегідь відомих, фіксованих даних, таких як відстань, розклад і час у дорозі. Він підходить для регулярних, передбачуваних перевезень, характерних для суспільного транспорту, де маршрути, зупинні пункти й розклад руху задані заздалегідь. Головним обмеженням цього підходу є його повна неадаптивність до мінливих зовнішніх факторів, що робить його непридатним для «останньої милі» у логістиці, де кожне замовлення унікальне й може мінятися в реальному часі [10]. Динамічна маршрутизація являє собою сучасний підхід, який «іде від строгих обмежень традиційної маршрутизації за рахунок адаптації в реальному часі». Метод заснований на безперервній інтеграції даних з різних джерел, включаючи інформацію про дорожній рух, погоду, перекриття доріг і інші перешкоди [11]. Сучасні підходи до маршрутизації зміщують фокус із простого реагування на поточні події до їхнього прогнозування. Використання технологій штучного інтелекту і машинного навчання дозволяє системі не тільки адаптуватися до поточних пробок, а прогнозувати їхнє виникнення на основі аналізу історичних даних, погодних прогнозів і подій. Це означає, що маршрут може бути скоректований до того, як проблема виникне, що виводить ефективність на якісно новий рівень. Такий підхід транс-

формує роль логіста з оперативного диспетчера, що постійно реагує на виклики, у стратегічного аналітика, здатного завчасно оптимізувати процеси [12].

Війна в Україні вплинула на транспортні перевезення, як пасажирські, так і вантажні, саме в контексті масового виїзду громадян за кордон. Транспорт став важливим інструментом для возз'єднання родин, розлучених війною, і для забезпечення можливості людям відвідати своїх рідних, що перебувають за кордоном, або, навпаки, повернутися на батьківщину. Виїзд великої кількості українців за кордон привів до значного росту попиту на послуги з відправлення посилок. Це стало способом підтримки зв'язку між тими, хто залишився в Україні, й тими, хто був змушений виїхати. Через служби доставки українці відправляють за кордон особисті речі, документи, а також одержують гуманітарну допомогу від родичів і волонтерів з-за кордону.

Через затребуваність послуги було організовано багато перевезень з боку приватних перевізників. Далі розглядається діяльність організацій, які надають послуги з перевезення пасажирів та посилок в нерегулярному режимі для осіб, які переміщуються між країнами в більшості випадків через масову зміну проживання через воєнний стан в Україні.

Для таких перевізників характерним є наступне: невеликий автопарк; відносно постійні маршрути, але з можливістю гнучко змінити маршрут; відносно значні інтервали між поїздками; виконання поїздок у відповідності до замовлень на перевезення.

Під час своєї діяльності невелика компанія, яка будує бізнес в області перевезень, стикається з множиною проблем (табл. 1).

Наявність засобу для автоматизованого обліку діяльності компанії перевізника дозволяє вирішити перелічені проблеми.

Для виконання аналізу маршрутів необхідно формалізувати дані, на основі яких мають бути зібрані статистичні дані та проведені розрахунки. На рис. 1 представлені зв'язки між даними, компонент маршруту описує переїзд з одного населеного пункту в інший, тобто представляє пару точок зупинки.

Схема відображає запланований та фактичний маршрути. Структура даних для кожного елементу має складну структуру.

Маршрут R на загальному рівні описується наступним чином:

$$R = \langle PT, tr, DR, dst, tst \rangle,$$

де PT – множина точок зупинки, під точкою зупинки мається на увазі населений пункт, де відбувається посадка або висадка пасажирів, прийом або видача посилок або проходження границі між країнами, tr – транспортний засіб, DR – множина водіїв, dst – дата виїзду за початкової точки, tst – час виїзду з початкової точки.

Дані про точку зупинки pt мають наступну структуру:

$$pt = \langle n, td, dpt, tpt, lpt, rpt, PSin, PSout, PCin, PCout \rangle,$$

де n – порядковий номер в маршруті, td – загальні дані про точку зупинки, dpt – дата приїзду в точку зупинки, tpt – час приїзду в точку зупинки, lpt – тривалість знаходження в точці зупинки, rpt – відстань від попередньої точки зупинки, $PSin$ – множина пасажирів, які мають приєднатися до поїздки в точці зупинки, $PSout$ – множина пасажирів, які мають вийти в точці зупинки, $PCin$ – множина посилок, які мають бути прийняті в точці зупинки, $PCout$ – множина посилок, які мають бути видані в точці зупинки.

Таблиця 1

Проблеми предметної області

Кого стосується	Опис	Наслідки
Власник	Недостатня завантаженість транспортного засобу	Зменшення прибутку або його відсутність
Власник	Перевищення запланованих витрат	Зменшення прибутку або його відсутність
Власник	Складність обліку бажаючих отримати послугу	Помилки при обробці замовлень
Власник	Складність обліку фінансів під час виконання послуги	Помилки в розрахунках прибутковості бізнесу
Власник	Складність формування маршруту	Втрата заробітку або, навпаки, надлишкові витрати
Водій	Збільшення часу виконання маршруту	Незадоволеність клієнтів
Клієнт	Складність пошуку перевізника для потрібного маршруту	Неможливість отримати потрібну послугу
Клієнт	Помилка при формуванні наповненості маршруту	Втрата комфорту проїзду

Загальні дані про точку зупинки *td* наступні:

$td = \langle nmpt, ctr, adrr, isbr \rangle$

де *nmpt* – назва населеного пункту, *ctr* – дані про країну, в якій знаходиться населений пункт, *adrr* – адреса збору для пасажирів та прийому/видачі посилок, *isbr* – чи є пунктом перетину кордону.

Загальні дані *ctr* про країну наступні:

$ctr = \langle nmctr, isvz, isvt, PRVT \rangle$,

де *nmctr* – назва країни, *isvz* – чи потрібна віза, *isvt* – чи потрібна віньетка.

Множина *PRVT* представляє вартість віньетки для країни.

$prvt = \langle vtd, prd \rangle$,

де *vtd* – тривалість в днях, *prd* – вартість для тривалості.

Дані про пасажирів мають наступну структуру:

$ps = \langle nmpr, cd, ct, prps, ptin, ptout \rangle$,

де *nmpr* – ім'я пасажирів, *cd* – контактні дані пасажирів, *ct* – громадянство пасажирів, *prps* – вартість проїзду, *ptin* – точку зупинки, де пасажир приєднується до маршруту, *ptout* – точка зупинки, де пасажир висаджується.

Дані про посилку мають наступну структуру:

$pl = \langle idpl, ctin, cdout, tppl, dc, wt, wd, h, dp, prps, ptin, ptout \rangle$,

де *idpl* – номер посилки, *cdin* – контактні дані особи, яка відправляє посилку, *cdout* – контактні дані особи, яка отримує посилку, *tppl* – тип посилки, *dc* – опис посилки, *wt* – вага посилки, *wd* – ширина посилки, *h* – висота посилки, *dp* – глибина посилки, *prps* – вартість перевезення, *ptin* – точку зупинки, де посилка приймається, *ptout* – точка зупинки, де посилка отримується.

Транспортний засіб *tr* описується наступним чином:

$tr = \langle mr, vy, qps, vpl, cm, isr, gc \rangle$,

де *mr* – марка транспортного засобу, *vy* – рік випуску, *qps* – кількість пасажирських місць, *vpl* – об'єм багажного відсіку, *cm* – вантажопідйомність, *isr* – дата закінчення дії страхувального документу, *gc* – зелена карта, $gc = \langle gsdst, gsdf, GSCTR \rangle$, *gsdst* – дата початку дії, *gsdf* – дата завершення дії, *GSCTR* – множина країн, в яких діє зелена карта.

Дані про заплановані витрати *expl* описується наступним чином:

$expl = \langle tpex, am, cr \rangle$,

де *tpex* – тип витрат, *am* – сума витрат, *cr* – валюта.

Схема на рис. 2 показує завантаженість транспортного засобу для кожного компоненту маршруту. Для кожного компоненту представляється кількість пасажирів *qps_i* та обсяг посилок *qpl_i*. Штрихування показує, що даний компонент наповнений максимально.

Архітектура програми для аналізу маршрутів визначена з використанням комбінації шаблонів Model-View-ViewModel (MVVM) та Model-View-Presenter (MVP). Враховані переваги шаблону MVVM (сильне зв'язування між View і ViewModel) і MVP (явний Presenter для керування логікою й взаємодією). Архітектура передбачає поділ модулів програми на кілька компонентів. Компонент Model (Модель) реалізує шар даних і бізнес-логіки. У цьому компоненті описуються й обробляються дані про об'єкти предметної області. Також компонент забезпечує доступ до даних: робота з базою даних MySQL

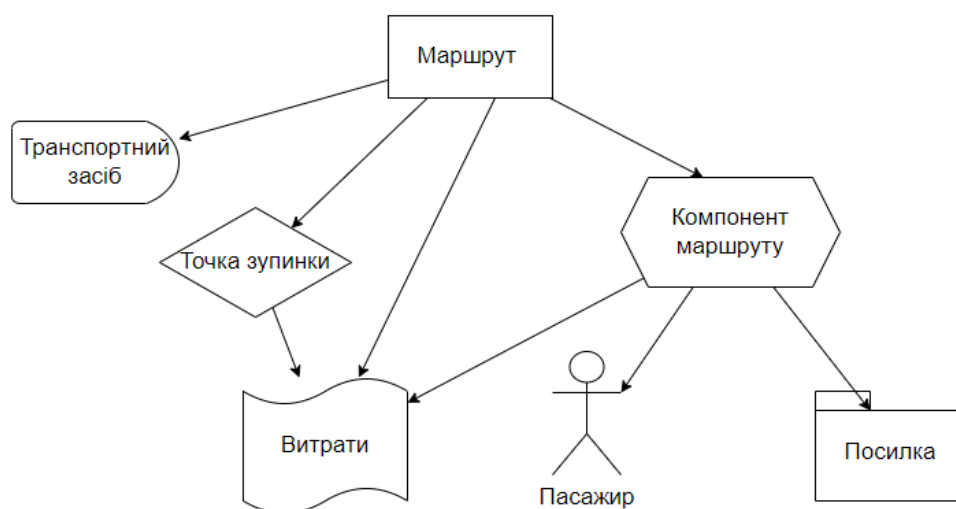


Рис. 1. Зв'язки між даними

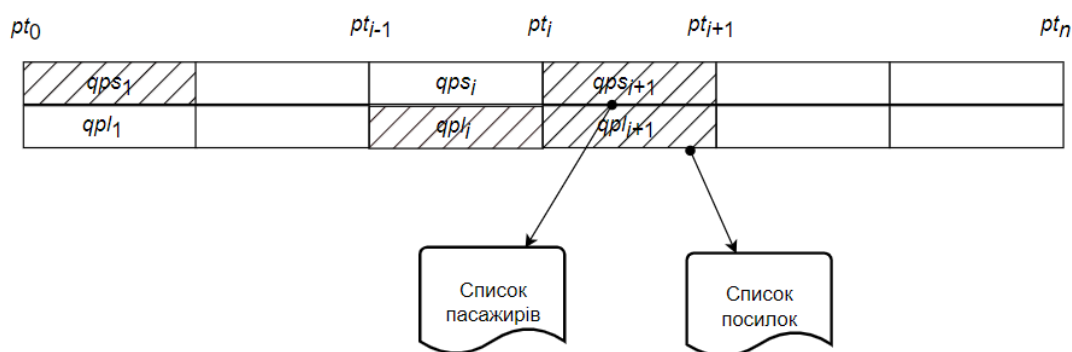


Рис. 2 Схема наповненості маршруту

і отримання різного виду інформації. Компонент View (Представлення) реалізує інтерфейс користувача. Компонент View відповідає тільки за відображення даних і обробку користувацьких дій (натискання кнопок, уведення інформації). Компонент ViewModel (Модель представлення) є посередником між View і Model та відповідає за підготовку даних для відображення. Зокрема, цей компонент перетворює дані з моделі в зручний для UI формат, зберігає стан інтерфейсу (обрані користувачем дані). Нариклад, Model повертає список маршрутів з параметрами (час, вартість, завантаженість транспорту), ViewModel формує структурований об'єкт для виведення в таблицю.

Компонент Presenter (Презентатор) служить для керування логікою взаємодії. Цей компонент приймає користувацькі дії з View і вирішує, які операції викликати в Model. Він контролює сценарії використання, делегує перетворення даних ViewModel, повертає результат в View.

Висновки. Надана математична модель для аналізу маршрутів комбінованих перевезень пасажирів та посилок, представлення даних у вигляді множин та кортежів використовується як базис для проектування логічної та фізичної структури бази даних. Спроектowana архітектура, яка забезпечує поділ обов'язків, масштабованість, тестованість та гнучкість інтерфейсу.

Список літератури:

1. Schrooten M. Navigating displacement: the Ukrainian refugee crisis in Europe. *Global Networks*. 2025. Vol. 25. P. e70006. DOI: 10.1111/glob.70006.
2. Ukraine Refugee Situation. *Operational Data Portal*. 2025. URL: <https://data.unhcr.org/en/situations/ukraine> (дата звернення: 20.08.2025).
3. Malynovska O. The migration of the population of Ukraine due to a foreign invasion. *Strategic Panorama*. 2023. P. 55–67. DOI: 10.53679/2616-9460.2.2022.05.
4. Ukraine – displacement and return: trends, drivers and intentions. *International Organization for Migration*. 2025. URL: <https://dtm.iom.int/reports/ukraine-displacement-and-return-trends-drivers-and-intentions-june-2025?close=true> (дата звернення: 13.08.2025).
5. Ride-Parcel-Pooling: integrating on-demand passenger transportation and city logistics. *XXVIIth World Road Congress*. Prague, Czech Republic. 2023. P. 1–16. URL: https://www.researchgate.net/publication/374381625_Ride-Parcel-Pooling_Integrating_On-Demand_Passenger_Transportation_and_City_Logistics (дата звернення: 12.08.2025).
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. *Матеріали XLIX науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ*. Вінниця, 27–28 квітня 2020 р. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/29706/9634.pdf?sequence=3&isAllowed=y> (дата звернення: 28.07.2025).
7. Ahmed H. Operations research: Traveling Salesman Problem (TSP). 2021. DOI: 10.13140/RG.2.2.28577.53603.
8. Braekers K., Ramaekers K., Nieuwenhuysen I. The vehicle routing problem: state of the art classification and review. *Computers & Industrial Engineering*. 2015. Vol. 99. DOI: 10.1016/j.cie.2015.12.007.
9. Manoharan S., Stilling D., Kabir G., Sarker S. Implementation of linear programming and decision-making model for the improvement of warehouse utilization. *Applied System Innovation*. 2022. Vol. 5, No. 2. P. 33. DOI: 10.3390/asi5020033.
10. Masłowski D., Kulińska E., Kulińska, K. Application of routing methods in city logistics for sustainable road traffic. *Transportation Research Procedia*. 2019. Vol. 39. P. 309–319. DOI: 10.1016/j.trpro.2019.06.033.

11. Danchuk V., Comi A., Weiß C., Svatko V. The optimization of cargo delivery processes with dynamic route updates in smart logistics. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. Vol. 2, No. 3 (122)). P. 64–73. DOI: 10.15587/1729-4061.2023.277583.

12. Adeoye Y., Onotole E. F., Ogunyankinnu T. et. al. Artificial Intelligence in logistics and distribution: the function of AI in dynamic route planning for transportation, including self-driving trucks and drone delivery systems. *World Journal of Advanced Research and Reviews*. 2025. Vol. 25, No. 02. P. 155–167. DOI: 10.30574/wjarr.2025.25.2.0214.

Zinovatna S.L., Oshovskyi V.R., Onishchenko T.V. INFORMATION SYSTEM FOR ACCOUNTING FOR COMBINED TRANSPORTATION

The study addresses the growing demand for passenger and parcel transportation services in the context of the mass displacement of Ukraine's population following the full-scale invasion in February 2022. It is noted that a significant number of internally displaced persons, as well as the need to maintain social and family ties, have driven the active development of private carriers' businesses that combine passenger transport services with parcel delivery. The purpose of the research is to improve the efficiency of carriers' operations and increase their profitability by developing an approach to the automation of transportation order management.

To achieve this goal, an analysis of recent publications and studies was carried out, revealing the scale of forced displacement and describing approaches to combined transportation. Mathematical optimization methods were considered, in particular the traveling salesman problem, vehicle routing problem, linear programming methods, as well as modern approaches to dynamic routing involving artificial intelligence and predictive analytics.

The study proposes a data model for route analysis that takes into account the complex structure of interrelations between objects in the subject area. The software architecture was built based on a combination of Model-View-ViewModel and Model-View-Presenter patterns, which ensure the separation of business logic, user interface, and interaction logic.

The main result of the research is a formalized mathematical model and an architectural solution for the software system, which enables effective order management, route analysis, and optimization of vehicle usage. This makes it possible to reduce carriers' costs, improve customer service quality, and minimize risks of errors in financial and logistics accounting.

The practical significance of the work lies in the possibility of implementing the proposed solution in the operations of small transport companies and private carriers that provide passenger and parcel transportation services in both international and domestic routes.

Key words: route planning, data processing, mathematical model, order accounting, software architecture.

Дата надходження статті: 23.09.2025

Дата прийняття статті: 06.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025