

УДК 65.012.45:004.89 (656.1)

Зоріна Олена Іванівна

*доктор економічних наук, професор,
завідувач кафедри маркетингу, комерційної діяльності та економічної теорії
Український державний університет залізничного транспорту*

Zorina Olena

*Doctor of Economics, Professor,
Head of the Department of Marketing, Commercial Activities and Economic Theory
Ukrainian State University of Railway Transport
ORCID: 0009-0003-8373-3209*

Сиволовська Олена Вікторівна

*кандидат економічних наук,
доцент кафедри маркетингу, комерційної діяльності та економічної теорії
Український державний університет залізничного транспорту*

Syvolovska Olena

*Candidate of Economic Sciences,
Associate Professor at the Department of Marketing, Commercial Activities and Economic Theory
Ukrainian State University of Railway Transport
ORCID: 0000-0002-9317-9307*

Дергоусова Алла Олександрівна

*кандидат економічних наук,
доцент кафедри маркетингу, комерційної діяльності та економічної теорії
Український державний університет залізничного транспорту*

Derhousova Alla

*Candidate of Economic Sciences,
Associate Professor at the Department of Marketing, Commercial Activities and Economic Theory
Ukrainian State University of Railway Transport
ORCID: 0000-0002-3565-2338*

Мкртичян Олена Миколаївна

*старший викладач кафедри маркетингу, комерційної діяльності та економічної теорії
Український державний університет залізничного транспорту*

Mkrtychian Olena

*Senior Lecturer at the Department of Marketing, Commercial Activities and Economic Theory
Ukrainian State University of Railway Transport
ORCID: 0000-0002-2687-174X*

DOI: 10.25313/2520-2294-2025-7-11168

**МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМИ УПРАВЛІННЯ
МАРКЕТИНГОМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ
СИСТЕМ В УМОВАХ СКЛАДНОГО РИЗИКОВОГО СЕРЕДОВИЩА**

**METHODS AND ALGORITHMS FOR
MANAGING THE MARKETING OF INTELLIGENT
TRANSPORT SYSTEMS IN COMPLEX RISK ENVIRONMENTS**

Анотація. Вступ. Об'єктом дослідження є маркетинг інтелектуальних транспортних систем (ІТС) в українських реаліях складного ризикового середовища, що характеризується військовими викликами, відсутністю авіасполучення, обмеженнями транспортної інфраструктури, і при цьому високими вимогами споживачів до якості послуг.

Мета. Метою є розробка ефективних методів та алгоритмів управління маркетингом ІТС, здатних забезпечити адаптацію транспортних послуг до потреб пасажирів.

Матеріали і методи. У дослідженні використано поєднання теоретичних і прикладних підходів. Методологічною основою слугували аналіз наукових джерел, системний підхід до виявлення актуальних викликів транспортної системи, методи машинного навчання (кластеризація K-Means), Big Data-аналітика та інструменти економічного прогнозування. Для емпіричної частини було зібрано первинну та вторинну інформацію щодо уподобань пасажирів, маршрутів, затримок та соціально-демографічних характеристик. Статистичні моделі оцінювали ефективність інтегрованого маркетингового підходу за показниками ROI, економії часу, залученості до програм лояльності та зростання пасажиропотоку. Для практичного впровадження використовувались інструменти Python, REST API, IoT-сенсори, GPS-моніторинг, а також розроблено цифрові рішення для реал-тайм інформування пасажирів.

Результати. В результаті дослідження розроблено метод інтеграції маркетингових інструментів у діяльність ІТС, що включає персоналізацію послуг, динамічне ціноутворення, програми лояльності, інтеграцію цифрових платформ та реал-тайм інформування пасажирів. Запропоновано алгоритми сегментації (кластеризації) пасажирів за допомогою машинного навчання (метод k-середніх), побудовано моделі динамічного ціноутворення та адаптивних маркетингових рішень, що базуються на аналізі даних (Big Data).

За прогнозними розрахунками, впровадження методу дозволяє: зменшити операційні витрати на 15–20% завдяки автоматизації процесів; скоротити середній час затримок на 12% завдяки оптимізації маршрутів та резервним рішенням; збільшити пасажиропотік на 8–12% через підвищення задоволеності клієнтів; підвищити рівень залученості до програм лояльності на 25%.

Особливістю отриманих результатів дослідження є спрямованість на мінімізацію негативних наслідків від військових грі, енергетичні перебої та пошкодження транспортної інфраструктури.

Перспективи. Запропонований метод дозволяє забезпечити безперервність транспортних операцій через інтеграцію різних видів транспорту, покращення інформаційної підтримки та адаптивне управління транспортними маршрутами. Практичне застосування результатів можливе у транспортних компаніях, які працюють у регіональних та міжнародних економічних системах, що функціонують в Україні в умовах підвищеного ризику.

Ключові слова: маркетинг інтелектуальних транспортних систем, управління транспортними послугами, ризикове середовище, динамічне ціноутворення, програми лояльності, оптимізація витрат, управління розвитком регіональних та міжнародних економічних систем.

Summary. Introduction. The research object is the marketing of intelligent transport systems (ITS) in the Ukrainian context of a challenging risk environment characterized by military challenges, the absence of air connectivity, constraints in transport infrastructure, and high consumer demands for service quality.

Purpose. The research problem focuses on developing effective methods and algorithms for managing ITS marketing to adapt transport services to passenger needs.

Materials and methods. The research applied a combination of theoretical and applied methods to investigate the marketing of intelligent transport systems (ITS) under the complex risk conditions of Ukraine. The methodological framework included literature analysis, a systems approach to identifying transport sector challenges, machine learning methods (K-Means clustering), Big Data analytics, and economic forecasting tools. Empirical data collection encompassed both primary and secondary sources, including passenger preferences, travel patterns, delays, and socio-demographic profiles. Statistical modeling was used to assess the effectiveness of the proposed integrated marketing method through indicators such as ROI, time savings, loyalty program engagement, and passenger flow growth. For practical implementation, the study utilized tools such as Python, REST APIs, IoT sensors, GPS tracking, and digital solutions for real-time passenger information.

Results. The study resulted in the development of a method for integrating marketing tools into ITS operations, including service personalization, dynamic pricing, loyalty programs, digital platform integration, and real-time passenger information. Algorithms for passenger segmentation (clustering) using machine learning (the k-means method) were proposed, along with models for dynamic pricing and adaptive marketing solutions based on Big Data analysis. Forecast calculations show that implementing the proposed method can reduce operational costs by 15–20% through process automation, decrease average delays by 12% via route optimization and backup solutions, increase passenger flow by 8–12% through enhanced customer satisfaction, and improve loyalty program engagement by 25%.

Discussion. The unique feature of the research findings lies in addressing the minimization of adverse effects caused by military actions, energy disruptions, and damage to transport infrastructure. The proposed method ensures the continuity of transport operations through the integration of different transport modes, enhanced informational support, and adaptive transport route management. Practical application of the results is feasible for transport companies operating in regional and international economic systems in Ukraine's high-risk environment.

Key words: marketing of intelligent transport systems, transport service management, risk environment, dynamic pricing, loyalty programs, cost optimization, management of regional and international economic system development.

Постановка проблеми. Сучасний розвиток суспільства характеризується зростаючою потребою в мобільності, стрімкими темпами урбанізації та поширенням електронної комерції в усі сфери соціальної діяльності. В сукупності ці процеси формують підвищені вимоги до якості транспортних послуг, що зумовлює необхідність впровадження інноваційних маркетингових та технологічних рішень у транспортну сферу.

Ефективне задоволення потреб споживачів відбувається завдяки інтелектуальній транспортній системі (ІТС), яка пропонує комплексний підхід до управління пасажиропотоками. ІТС дозволяє оптимізувати транспортні операції, забезпечує персоналізацію транспортних послуг, інтегрує між собою різні види транспорту, надає інформацію в реальному часі, а також підвищує рівень лояльності пасажирів завдяки використанню сучасних маркетингових інструментів.

Ключовими складовими маркетингу ІТС є: персоналізація послуг, динамічне ціноутворення, інтеграція цифрових платформ, використання програм лояльності та адаптивних рішень для підтримки пасажирів. Крім того ІТС для реалізації своїх моделей впроваджують інноваційні технології, такі як машинне навчання, IoT-сенсори, Big Data тощо, що з врахуванням вподобань пасажирів дозволяє створювати персоналізовані пропозиції.

В Україні з 2022 року реалізація ІТС проходить на фоні військових реалій, а саме [1].

1. Закриття повітряного простору для цивільної авіації. Це призводить до перенаправлення пасажиропотоків на залізничний та автомобільний транспорт, суттєво збільшуючи навантаження.

2. Інтеграція різних видів транспорту. Забезпечення безперервності перевезень вимагає синхронізації on-line і off-line систем для координації маршрутів і пересадок.

3. Вплив безпекової ситуації. Затримки транспорту через повітряні тривоги, пошкодження інфраструктури та інші надзвичайні обставини створюють додаткові труднощі.

4. Повні блекаути та періодичні перебої в енергопостачанні. Ці фактори ускладнюють роботу цифрових систем і вимагають впровадження резервних механізмів та адаптивних підходів.

У таких умовах роль маркетингових інструментів у системі ІТС стає надзвичайно важливою. Інтелектуальні рішення дозволяють не лише адаптувати транспортні послуги до споживчих потреб ринку, але й створювати додаткову цінність для пасажирів через інтеграцію персоналізованих сервісів, акційних пропозицій, програм лояльності та прозору комунікацію в реальному часі.

Таким чином, маркетинг ІТС забезпечує поєднання технологій і маркетингових стратегій для підвищення якості транспортних послуг, залучення нових клієнтів та зміцнення лояльності постійних

пасажирів. Це сприяє стабільності транспортної системи навіть в умовах війни.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання розвитку ІТС викликають значний інтерес як серед наукової спільноти, так і серед бізнес-практиків [1–18]. Значна кількість досліджень присвячена технічним, управлінським та технологічним аспектам ІТС. Але на сьогодні відсутні комплексні підходи до розробки методів та алгоритмів реалізації маркетингу в ІТС. Зокрема, бракує цілісного бачення інтеграції маркетингових стратегій на цифрові платформи, орієнтованих на задоволення реальних потреб споживачів, а також впровадження персоналізації послуг та програм лояльності в умовах складного ризикового середовища України. Нижче наведено аналіз основних досліджень, присвячених цій тематиці.

У роботах [2; 3] акцент зроблено на технічних аспектах управління транспортними потоками в міських умовах та впровадженні інтелектуальних транспортних систем (ІТС). Дослідження охоплюють аналіз потреб великих міст (зокрема Києва) у застосуванні ІТС для оптимізації пасажиропотоків, інтеграції різних видів транспорту та мінімізації затримок. Невирішеним залишається питання маркетингового інструментарію, що враховують соціально-економічні фактори та вподобання споживачів.

В статті [4] висвітлено загальні перспективи розвитку ІТС, з акцентом на IoT, штучний інтелект та Big Data, а саме на технічній архітектурі та інноваційних рішеннях у рамках управління транспортною інфраструктурою. При цьому в роботі не розглянуто питання інтеграції маркетингових підходів у цифрові платформи ІТС, тобто дослідження носить інженерне спрямування.

У монографії [5] представлено теоретичні основи функціонування ІТС, моделі планування транспортних потоків та управління інфраструктурою. Автори пропонує інноваційні підходи до проектування систем, акцентують увагу на технічних компонентах. Проте не досліджують економічні аспекти функціонування ІТС, у тому числі, вплив маркетингових стратегій на збільшення рівня залученості клієнтів і підвищення лояльності споживачів.

Роботи [6; 7] присвячені цифровим трансформаціям у транспортних системах. [6] досліджує інтеграцію IoT та штучного інтелекту в ІТС. Робота [7] розглядає інноваційні рішення в управлінні підприємствами, зокрема через цифровізацію процесів. Однак, обидві роботи не торкаються питань маркетингових стратегій.

У статті [8] розглядається вплив транспортно-го забруднення на здоров'я, акцент на екологічних аспектах ІТС. Робота демонструє значення інтелектуальних рішень для мінімізації шкоди від транспортної діяльності. Проте в дослідженні повністю ігноруються маркетингові аспекти, такі як просування екологічно чистих транспортних рішень або програми лояльності для користувачів.

У статтях [9; 10] представлено дослідження застосування Big Data та реального часу для управління транспортними потоками. Вони висвітлюють інструменти збору та аналізу даних, що дозволяють покращувати маршрутизацію та знижувати затримки. Втім, не розглядається, як ці технології можуть бути використані для реалізації маркетингових стратегій, наприклад, формування персоналізованих пропозицій для пасажирів.

Джерела [11; 12] аналізують питання впровадження технологій в «розумному» транспорті. Обидві роботи, пропонують цікаві технічні підходи, але не розглядають питання адаптації маркетингових інструментів на транспортні рішення, що залишає цей напрямок відкритим для подальшого дослідження.

Роботи [13–18], хоча і не мають прямого відношення до тематики маркетингу ІТС, використовувались у дослідженні як похідна основа для обґрунтування методів збору, аналізу даних, а також для розгляду дотичних аспектів, таких як вплив екологічних чинників, технологічні інновації та їх інтеграція в транспортну інфраструктуру.

Проведений аналіз показує, що всі дослідження щодо розвитку ІТС залишають поза увагою питання інтеграції маркетингових інструментів. Це дає підстави стверджувати, що наше дослідження, присвячене розробці методів та алгоритмів реалізації маркетингу в ІТС є актуальним та необхідним.

Метою є розробка методу та алгоритму реалізації комплексу маркетингу ІТС, які забезпечать адаптацію транспортних послуг до сучасних викликів, підвищення рівня задоволеності пасажирів та ефективну маркетингову взаємодію в умовах складного ризикового середовища України. Виходячи з мети, сформувано задачі дослідження.

1. Аналіз викликів транспортної системи України в умовах війни, визначення ключових потреб пасажирів, які потребують маркетингової реалізації.

2. Обґрунтування складових комплексу маркетингу ІТС, шляхом адаптації класичної моделі Ф. Котлера 4Р до специфіки транспортної сфери та ризикового середовища України.

3. Розробка методу та алгоритму реалізації маркетингової взаємодії в ІТС.

4. Оцінка економічної ефективності впровадження комплексу маркетингу інтелектуальної транспортної системи, зокрема вплив на рівень задоволеності пасажирів та ефективність транспортних послуг.

Матеріали та методи. Оскільки об'єктом дослідження є маркетинг інтелектуальних транспортних систем (ІТС), адаптованих до умов складного ризикового середовища України, то основна гіпотеза дослідження полягає в тому, що впровадження інтегрованих маркетингових інструментів, таких як персоналізація послуг, динамічне ціноутворення та програми лояльності, сприятиме підвищенню рівня задоволеності пасажирів та стабільності функціонування транспортної системи в умовах війни. Для моделювання було прийнято припущення про раціональну поведінку пасажирів, які потребують якісних та адаптивних транспортних послуг, та потенційно достатній рівень цифровізації транспортної інфраструктури.

Методологічна основа дослідження містить використання теоретичних та експериментальних методів. Аналіз наукових статей та системний підхід до актуальної проблеми дозволили виявити основні виклики у маркетинговій реалізації ІТС. Для розробки персоналізованих рішень та алгоритмів динамічного ціноутворення використано методи машинного навчання — кластеризацію K-Means, із застосуванням програмного забезпечення Python. Економічне прогнозування дозволило створити алгоритм, який дозволяє оцінити ефективність впровадження запропонованого методу за допомогою показників ROI, рівня скорочення витрат та рівня залученості пасажирів до програм лояльності, збільшення пасажиропотоку, економії часу.

Виклад основного матеріалу. Війна в Україні створила безпрецедентні виклики для транспортної інфраструктури. Однією з найбільших проблем є закриття повітряного простору для цивільної авіації, що обумовило повне перенаправлення пасажиропотоків на залізничний та автомобільний транспорт



Рис. 1. Структура проблем і методи їх вирішення
Джерело: розроблено авторами

Таблиця 1

Проблеми транспортної системи України в умовах війни

Проблема	Характеристика	Вплив	Рішення
Відсутність авіації	Закриття повітряного простору	Перенаправлення пасажирів на інший транспорт	Інтеграція розкладів
Зростання навантаження	Підвищення попиту	Затримки, зниження якості	Інтелектуальне управління
Міжнародне сполучення	Тривалий контроль на кордонах	Затримки автобусів	Автоматизація процедур
Блекаути	Перебої енергопостачання	Збої продажу квитків, затримки	Резервне енергоживлення
Вартість перевезень	Зростання витрат	Підвищення цін	Оптимізація витрат
Безпекова ситуація	Обстріли, тривоги	Затримки, пошкодження	Планування маршрутів

Джерело: побудовано авторами, на основі аналізу аналітичного звіту [1]

[1]. Ця ситуація, у свою чергу, спричинила різке зростання навантаження на ці види транспорту, що призвело до затримок і зниження якості обслуговування пасажирів (рис. 1).

Крім того, безпекова ситуація, що включає регулярні повітряні тривоги, обстріли та пошкодження транспортної інфраструктури, ще більше ускладнює виконання розкладів перевезень. Це особливо актуально для залізничного транспорту, який відіграє ключову роль у перевезеннях як усередині країни, так і за її межами [3; 4].

Не менш важливим є вплив енергетичних перебоїв на роботу транспортної інфраструктури [1]. Блекаути впливають на функціонування цифрових систем продажу квитків, координацію маршрутів та загальну організацію перевезень. Такі перебої потребують розробки резервних механізмів для забезпечення стабільності транспортних послуг (табл. 1).

Значне зростання навантаження на залізничний та автомобільний транспорт також створює додаткові виклики і для міжнародного сполучення. Міжнародні пасажирські перевезення, вимагають подолання таких проблем, як тривалий контроль на митницях та прикордонних пунктах, затримки автобусів та автомобілів, а також необхідність адаптації транспортних систем до підвищеного попиту. Різні види транспорту мають свої переваги та обмеження в міжнародному сполученні, які визначають якість обслуговування пасажирів (табл. 2).

Як видно з табл. 2, кожен вид транспорту має свої переваги та обмеження, що впливають на якість послуг [2; 5; 6].

Залізничний транспорт демонструє переваги у швидкості та зручності завдяки проходженню митного контролю безпосередньо в потязі. Водночас автобусний і автомобільний транспорт стикаються з довшими затримками на кордонах через ручні перевірки. Автобусні перевезення залишаються доступними за вартістю, проте значний час затримок обмежує їх привабливість. Автомобільний транспорт забезпечує індивідуальну мобільність, але є залежним від черг на кордонах та витрат на паливе (рис. 2).

Для подолання цих викликів необхідно впроваджувати такі рішення, як електронні черги для автобусів, коридори швидкого проходу для автомобілів, а також інтеграцію цифрових платформ для залізничних перевезень, тобто оптимізацію пасажирських перевезень та формування системи ефективної маркетингової взаємодії з пасажиром.

Для розв'язання вищезазначених проблем розроблено складові та практичний інструментарій комплексу маркетингу інтелектуальної транспортної системи (ІТС). (рис. 3, табл. 3).

Комплекс маркетингу ІТС було побудовано на основі адаптації класичної моделі 4Р Ф. Котлера (Product, Price, Place to market, Promotion) до специфіки транспортної сфери України, з урахуванням сучасних технологій, соціально-економічних викликів і потреб пасажирів. Доповнення цієї моделі складовою «Підтримка (Support)» дозволяє акцентувати увагу на потребах суспільства в умовах війни, що сприяє формуванню лояльності та ефективності взаємодії між транспортними компаніями та пасажиром [2; 3; 5; 8; 12].

Таблиця 2

Порівняльний аналіз транспорту в міжнародному сполученні

Вид транспорту	Контроль	Вартість (грн)	Затримка (год)	Особливості	Удосконалення
Залізничний	У потязі	1000–2500	1–2	Швидкість, зручність	Інтеграція платформ
Автобусний	На кордоні	800–2000	4–8	Довгі черги	Електронні черги
Автомобільний	На кордоні	Варіюється	3–6	Мобільність, довгі затримки	Коридори швидкого проходу

Джерело: побудовано авторами, на основі аналізу аналітичного звіту [1]

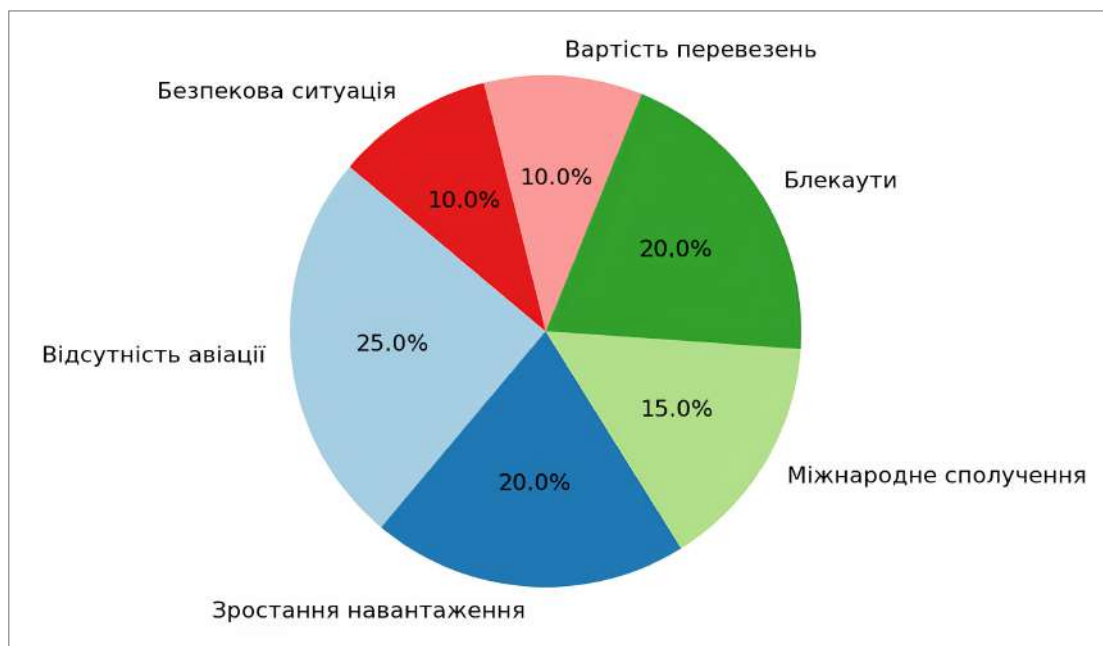


Рис. 2. Структура викликів у транспортній сфері України
Джерело: побудовано авторами, на основі аналізу аналітичного звіту [1]

1. Товар (Product)

Товар для ІТС охоплює не лише саму транспортну послугу, а також додаткові сервіси, спрямовані на персоналізацію та інтеграцію послуг. Інтелектуальні системи дозволяють створювати індивідуальні маршрути за допомогою цифрових застосунків, тим самим пропонують оптимальні варіанти пересадок, враховують години доби, рівень попиту та вподобання споживачів. Всі персоналізовані рекомендації будуються на аналізі великих обсягів даних (бази даних Big Data), що дозволяє враховувати особливі потреби кожного пасажирів.

2. Ціна (Price)

Цінова політика в ІТС орієнтована на гнучке ціноутворення, що враховує попит, час доби та категорії пасажирів. Наприклад, у години пікового навантаження можуть застосовуватися підвищені тарифи, тоді як у непікові періоди — це знижені ціни, що

стимулює рівномірний розподіл пасажиропотоків. Особливе місце займають програми лояльності, які мотивують клієнтів на повторне користування транспортною послугою, завдяки накопиченню бонусів або знижки. Такі програми також можуть включати спеціальні тарифи для соціально незахищених верств населення, наприклад, внутрішньо переміщених осіб, пенсіонерів тощо.

3. Місце (Place to market)

Ця складова в ІТС означає рівень доступності транспортних послуг всіма категоріями населення. Інтеграція цифрових платформ, таких як мобільні застосунки та онлайн-сервіси, дозволяє пасажирів бронювати квитки, планувати маршрути та отримувати інформацію про затримки в реальному часі. Водночас важливе значення мають фізичні точки продажу квитків, особливо в регіонах із обмеженим доступом до Інтернету. Синхронізація між різними



Рис. 3. Комплекс маркетингу інтелектуальної транспортної системи
Джерело: розроблено авторами

Таблиця 3

Складові комплексу маркетингу ІТС (4P+S)

Складова	Характеристика	Приклади реалізації	Інструменти
Товар (Product)	Персоналізація транспортних послуг, інформаційна підтримка, інтеграція послуг	– індивідуальні маршрути; – синхронізація різних видів транспорту; – інформація в реальному часі	Машинне навчання (K-Means, нейронні мережі), IoT-сенсори, інтеграція API
Ціна (Price)	Динамічне ціноутворення, програми лояльності, оптимізація витрат	– зниження цін на поїздки у непіковий час; – бонуси для постійних клієнтів; – акції на комбіновані маршрути	Big Data-аналітика, CRM-системи, оптимізаційні алгоритми
Просування (Promotion)	Реал-тайм інформування, акції, комунікація через соц-мережі	– мобільні додатки для бронювання квитків – зручна пересадка між видами транспорту – інфраструктура для онлайн та офлайн доступу	REST API, електронне бронювання, геолокаційні сервіси
Просування (Promotion)	Реал-тайм інформування, акції, комунікація через соц-мережі	– push-сповіщення про затримки – знижки для нових клієнтів – взаємодія через Instagram, Telegram-боти	Маркетингові платформи, автоматизовані розсилки, аналітичні системи
Підтримка (Support)	Соціальна підтримка та адаптація до кризових умов	– безкоштовний транспорт для евакуації – знижки для ветеранів та волонтерів – гнучкі маршрути	Управління транспортними ресурсами, альтернативні маршрути

Джерело: розроблено авторами

видами транспорту, наприклад, залізничним, автобусним та таксі, забезпечує безперервність маршрутів і зручність для пасажирів.

4. Просування (Promotion)

Просування в ІТС поєднує класичні рекламні інструменти з можливостями цифрових технологій. Одним із важливих елементів є реал-тайм інформування, що дозволяє повідомляти пасажирів про зміни у розкладі, затримки чи погодні умови через push-сповіщення або SMS. Це сприяє підвищенню довіри до УкрЗалізниці, автобусних чи автомобільних компаній. Крім того, в ІТС активно використовуються соціальні мережі та месенджери (Telegram, Instagram, Facebook), де пасажирів можуть залишати відгуки, отримувати оперативну інформацію та взаємодіяти з як з транспортними компаніями так іншими пасажирів. Програми лояльності, наприклад, такі як акції для нових клієнтів або спеціальні пропозиції для постійних споживачів, також є дієвим інструментом формування загальної клієнтської лояльності.

5. Підтримка (Support)

Складова підтримка є критично важливою для українців в війну, оскільки орієнтована на забезпечення доступності транспортних послуг для вразливих категорій населення. Як мінімум, це безкоштовні або пільгові квитки на соціально важливих маршрутах. Крім того, гнучкі маршрути та адаптивне планування розкладів дозволяють ефективно реагувати на непередбачувані обставини, такі як затримки через ракетні обстріли чи блекаути. Цей компонент відіграє ключову роль у формуванні лояльності та соціальної довіри.

З врахуванням викликів та можливостей, які визначають сучасний стан української транспортної системи, було запропоновано інтегрований метод реалізації маркетингу інтелектуальних транспортних систем, який, на відміну від існуючих підходів, дозволяє підвищити ефективність взаємодії з пасажирів за рахунок збільшення обсягів збору та аналізу даних, оптимізації управлінських процесів і використання цифрових технологій.

Метод базується на впровадженні персоналізованих послуг, динамічного ціноутворення, інтеграції цифрових платформ, реал-тайм інформування та програм лояльності. Його основою є використання алгоритмів машинного навчання, IoT-технологій і Big Data-аналітики, що забезпечує адаптивність до змін попиту, підвищення лояльності клієнтів і стабільність транспортної системи в умовах кризових ситуацій, зокрема війни.

Разом із тим метод потребує значних початкових інвестицій у цифрову інфраструктуру, оновлення технічного забезпечення та навчання персоналу, що компенсується довгостроковими перевагами, зокрема підвищенням операційної ефективності, зниженням витрат та зростанням рівня лояльності споживачів.

Інтегрований метод маркетингу інтелектуальної транспортної системи включає наступні покрокові етапи реалізації (рис. 4). Алгоритм реалізації методу побудовано з врахуванням досліджень загального розвитку ІТС [4; 6; 8; 12] та можливостей застосування в ІТС Big Data та машинного навчання: [9; 10; 15].

І Етап. Збір даних (маркетингові дослідження: збір вторинної і вторинної інформації).

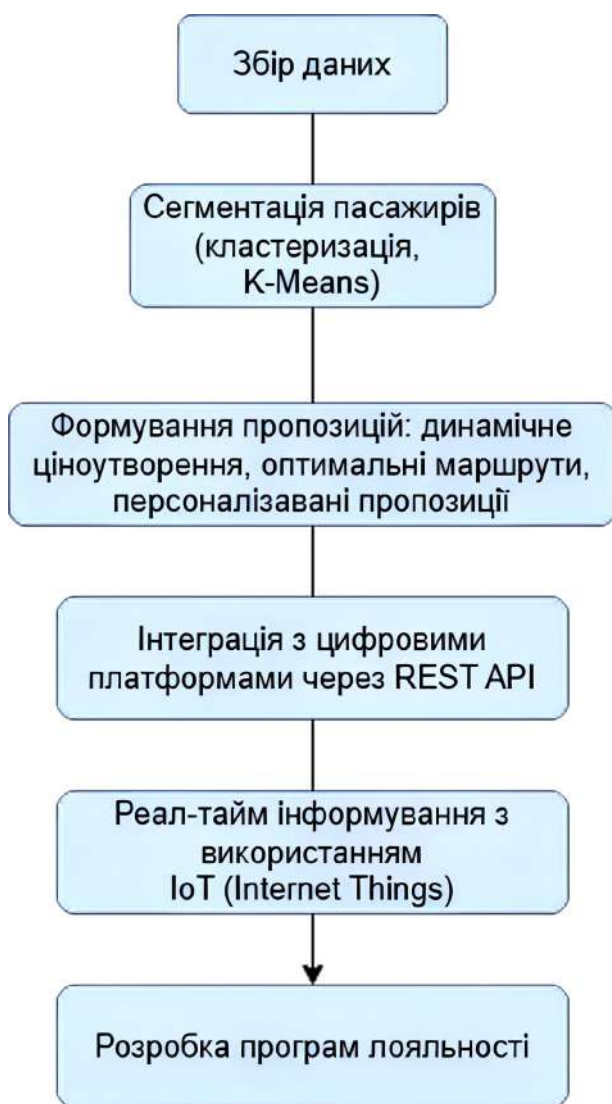


Рис. 4. Алгоритм реалізації маркетингу ІТС

На першому етапі реалізації маркетингу інтелектуальних транспортних систем здійснюється комплексний збір і підготовка даних, які є основою для подальшого аналізу, сегментації та формування персоналізованих пропозицій для пасажирів. Спочатку, за маркетинговими канонами, проводиться збір

вторинної інформації, що включає аналіз доступних джерел, таких як звіти, статистичні дані, бази даних транспортних компаній, аналітичні матеріали та прогнози розвитку ринку транспортних послуг. Цей етап дозволяє отримати загальну картину поточного стану транспортного ринку, виявити ключові тенденції та визначити подальші напрямки маркетингових досліджень.

Далі здійснюється збір первинної інформації для отримання актуальних даних безпосередньо від пасажирів. Для цього застосовуються: опитування (он-лайн та оф-лайн), проведення фокус-груп та інтерв'ю, аналіз відгуків на цифрових каналах, спостереження за поведінкою пасажирів у реальних умовах. Зібрані дані можуть охоплювати: маршрути, частоту поїздок, час доби, запити щодо послуг та специфіку використання транспортних ресурсів.

Отримана інформація проходить перевірку на повноту, актуальність та достовірність. Цей етап є важливим для виявлення можливих прогалин у даних, корекції помилок та забезпечення максимальної точності. Після перевірки всі дані інтегруються у систему Big Data, що дозволяє об'єднувати різні джерела інформації, створювати комплексний набір даних для подальшого аналізу та забезпечувати можливість їх використання в алгоритмах сегментації та прогнозування.

II Етап. Сегментація пасажирів (кластеризація)

Для сегментації пасажирів в методі реалізації маркетингу ІТС запропоновано використання методу K-Means (k-середніх), за допомогою якого групуються об'єкти (у цьому випадку пасажирів) у кластери (сегменти) за визначеними східними між собою параметрами [10; 13; 15]. Основною ідеєю алгоритму K-Means є мінімізація внутрішньокластерної відстані між об'єктами та центром кластеру, що визначається за формулою:

$$d(x, c) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - c_i)^2} \quad (1)$$

де $d(x, c)$ — відстань між пасажиром x та центром кластера c ;

Таблиця 4

Характеристика різних видів інформації та типів даних

Тип даних	Джерело	Мета використання	Приклад
Пасажирські вподобання	Опитування пасажирів, мобільні додатки	Визначення популярних маршрутів та послуг	Час доби, коли пасажир подорожує
Частота поїздок	Квиткові системи, мобільні додатки	Сегментація пасажирів за регулярністю поїздок	Щоденні/тижневі поїздки
Інформація про маршрути	Дані транспортних операторів	Планування оптимальних маршрутів	Доступність міжміських маршрутів
Час затримок та навантаження	ІоТ-сенсори, GPS, мобільні додатки	Визначення «вузьких місць» та коригування маршрутів	Затримки на конкретних маршрутах
Соціально-демографічні дані	CRM-системи, соціопитування	Формування персоналізованих пропозицій	Вік, професія, соціальний статус

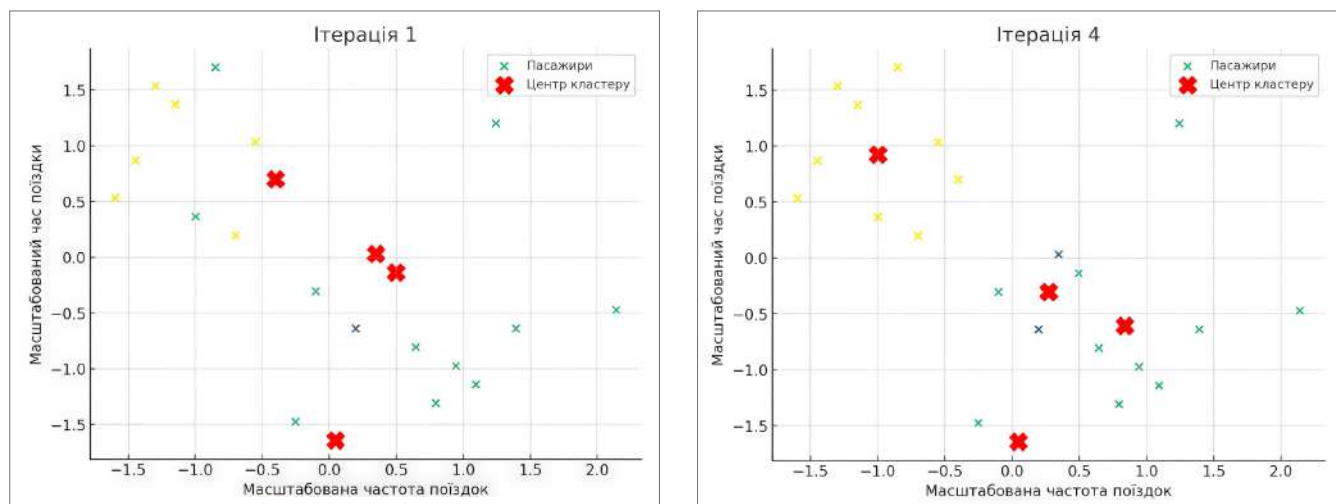


Рис. 5. Приклад реалізації методу k -середніх

x_i та c_i — координати пасажирів та центру кластера у багатовимірному просторі вподобань.

Алгоритм k -середніх містить наступні етапи

1. Ініціалізація центрів кластерів. Вибираються випадкові точки у просторі як початкові центри.

2. Призначення об'єктів до кластерів. Кожен пасажир (у випадку нашого дослідження) «прикріплюється» до найближчого центру кластеру на основі обчисленої відстані $d(x, c)$.

3. Оновлення центрів кластерів. Центри кластерів перераховуються як середні значення точок, що належать кластеру.

4. Повторення. Етапи 2–3 (ітерації) повторюються до досягнення стабільності (коли об'єкти перестають переходити між кластерами) (рис. 4 — приклад побудовано за допомогою коду на Python).

На рис. 5 представлений приклад реалізації методу k -середніх, а саме початкові дані та результати, отримані після четвертої ітерації алгоритму. На початковому етапі дані представлені у вигляді

точок, які хаотично розподілені у багатовимірному просторі, що показує реальні характеристики пасажирів (частота поїздок, час поїздки, рівень витрат).

Після виконання алгоритму до четвертої ітерації об'єкти розподіляються «кучніше», по кластерах залежно від мінімальної відстані до центрів кластерів. Видно, що центри кластерів змістилися до оптимального положення, мінімізуючи внутрішньо-кластерну відстань, тобто пасажирів групують ближче до центрів своїх кластерів. Чим більше буде проведена кількість ітерацій, тим «чистіше» буде виглядати оптимізація кластерів.

Критерії оптимізації, тобто характеристики, за якими пасажирів можуть об'єднувати в кластери це, наприклад, категорії: частота поїздок, годин доби поїздки (ранок, день, вечір), рівня витрат (квиток 1, 2 класу). Після проведення експериментів, за отриманими результатами, для кожного кластеру розробляються рекомендації (табл. 5).

Таблиця 5

Приклад кластеризації (сегментації) пасажирів

Клас-тер	Основні вподобання	Рекомендовані маршрути	Акційні пропозиції	Частота поїздок на місяць	Рекламний слоган	Додаткові сервіси
1	Ранкові маршрути	Маршрут A → B	Знижка 10% на ранкові рейси	20+	Ранковий комфорт: швидко та зручно	Швидкий доступ до перших вагонів
2	Вихідні дні, вечірні рейси	Маршрут C → D	Кешбек 5% за поїздки	8–12	Вихідний релакс: подорожуйте вигідно	Знижки на додаткові сервіси (Wi-Fi, каву)
3	Щоденні поїздки на роботу	Маршрут E → F	Безкоштовний квиток за кожну 10-ту поїздку	25+	Щоденний комфорт: ваш ідеальний маршрут	Резервування місця, знижки на абонементи
4	Тривалі подорожі (більше 7 годин)	Маршрут G → H	Знижка на поїздки у вихідні	5–10	Подорожуйте з комфортом	Інтеграція з туристичними послугами
5	Молодь (вік 18–25 років)	Маршрут J → K	Спеціальні тарифи для студентів	10–15	Молодіжний драйв: куди завгодно!	Розваги в поїзді, доступ до зарядних станцій

Таким чином, сегментація пасажирів в межах реалізації маркетингу ІТС, заснована на алгоритмі k-середніх, дозволяє не лише ефективно групувати пасажирів у сегменти за їх уподобаннями, частотою та специфікою поїздки, але й забезпечує мінімізацію внутрішньокластерної відстані, що, у свою чергу, створює основу для розробки персоналізованих маршрутів, акційних пропозицій та підвищення загальної ефективності транспортної системи, адаптуючи її до індивідуальних потреб пасажирів і ринкових умов.

III Етап. Формування персоналізованих пропозицій

На цьому етапі для отриманих сегментів здійснюється розробка персоналізованих пропозицій для кожного кластеру, що враховують специфіку уподобань пасажирів та їхні потреби [12; 14; 15]. Цей етап включає.

1. Розробка оптимальних маршрутів. Для кожного сегменту пасажирів формуються маршрути, що враховують час доби, завантаження транспорту та можливі альтернативні варіанти. Завдяки використанню алгоритмів прогнозування попиту та аналізу трафіку, забезпечується мінімізація часу в дорозі та максимальний комфорт для пасажирів. Інтеграція IoT-сенсорів і даних GPS дозволяє оперативно оновлювати маршрути у разі виникнення затримок чи при змінах у розкладі руху транспорту.

2. Система динамічного ціноутворення. Впроваджується алгоритм гнучкого ціноутворення, який враховує попит, завантаженість маршрутів та час доби. Наприклад, у непікові години пасажирів пропонуються знижки, що стимулює рівномірний розподіл пасажиропотоку. Для постійних клієнтів впроваджуються програми лояльності з нарахуванням бонусів за кожну поїздку, які можуть бути використані для отримання знижок чи безкоштовних квитків.

3. Персоналізовані повідомлення. Пасажирам надсилаються індивідуалізовані пропозиції, що включають інформацію про доступні знижки, ак-

ції чи спеціальні пропозиції. Повідомлення формуються на основі аналізу поведінки пасажирів (наприклад, частота поїздки, улюблені маршрути) і надсилаються через мобільні додатки, push-сповіщення чи SMS. Використання машинного навчання дозволяє забезпечити високу релевантність контенту, що сприяє підвищенню клієнтської лояльності.

4. Інтеграція додаткових послуг. Для окремих кластерів пасажирів пропонуються додаткові сервіси, такі як доступ до Wi-Fi, місця для зарядки пристроїв чи послуги харчування під час тривалих подорожей. Ці сервіси інтегруються в загальну систему рекомендацій і дозволяють розширити спектр пропозицій, підвищуючи комфорт і задоволеність пасажирів.

5. Адаптація пропозицій до зовнішніх факторів. У разі форс-мажорних обставин (обстріли, блекаути, затримки через погодні умови, ремонтні роботи) пропозиції автоматично коригуються. Наприклад, пасажирів може бути запропонований альтернативний маршрут або знижка як компенсація за незручності.

IV Етап. Інтеграція з цифровими платформами

Інтеграція з цифровими платформами є ключовою складовою реалізації маркетингу інтелектуальної транспортної системи (ІТС) [6; 8]. Вона забезпечує безперебійну взаємодію між пасажирів та транспортними сервісами через використання REST API (Application Programming Interface) — інтерфейсу, який дозволяє обмінюватися даними між системами у реальному часі (рис. 6).

До основних інструментів інтеграції з цифровими платформами належать.

1. Синхронізація даних у реальному часі. REST API забезпечує передачу актуальної інформації про розклади, маршрути, доступність місць та затримки. Наприклад, зміна у розкладі або виникнення затримки одразу відображаються у мобільному додатку, що дозволяє пасажирів оперативно реагувати на зміну обставин.

2. Інтеграція з платіжними системами. Через REST API транспортні системи можуть з'єднуватися

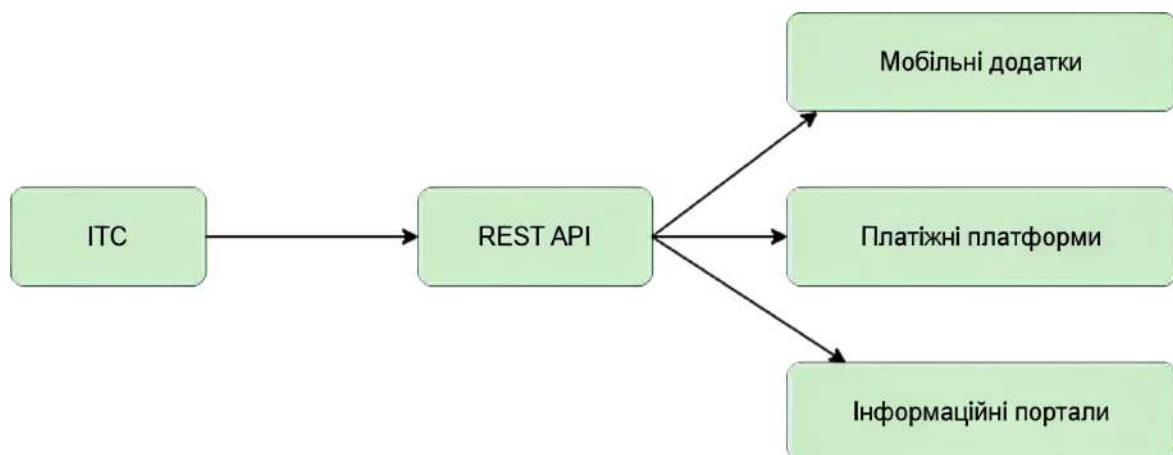


Рис. 6. Взаємодія ІТС через REST API

з платіжними платформами (наприклад, PayPal, Apple Pay, Google Pay), що дає змогу швидко та безпечно оплачувати квитки. Завдяки цьому пасажирів мають доступ до зручного придбання квитків як через мобільні додатки, так і через інші онлайн-ресурси.

3. Оптимізація часу відповіді API. Ефективність інтеграції залежить від мінімізації часу відповіді API. Час обробки запиту має бути $T_{response} < 1$ сек, тобто менше однієї секунди, щоб забезпечити швидке реагування системи та уникнути затримок у наданні інформації. Це особливо важливо в умовах динамічного пасажиропотоку, коли оперативність інформації впливає на рівень задоволеності пасажирів.

4. Стандартизація даних. Для забезпечення коректної інтеграції всі дані повинні бути уніфіковані у форматі JSON або XML, що полегшує їх обробку та інтеграцію з іншими системами. Наприклад, маршрути, розклади та інформація про знижки можуть бути представлені у вигляді структурованих записів, що дозволяє легко адаптувати їх для різних платформ.

5. Розширення функціоналу через API. Використання REST API дає змогу інтегрувати додаткові сервіси, такі як:

- персоналізовані рекомендації для пасажирів (наприклад, пропозиція альтернативного маршруту);
- доступ до історії бронювань;
- сповіщення про стан транспорту в реальному часі.

V Етап. Реал-тайм інформування

Реал-тайм інформування передбачає використання IoT (Internet of Things) для моніторингу транспорту в реальному часі (наприклад, погодні умови, затримки) [6; 8]. Основними джерелами даних є GPS-сенсори, які встановлюються на транспортних засобах та передають інформацію.

Алгоритм реалізації виглядає наступним чином (рис. 7).

1. Отримання даних. Дані GPS збираються на центральному сервері системи.

2. Обробка даних: Аналізуються затримки та визначаються альтернативні маршрути.

3. Інформування пасажирів: Через мобільний додаток пасажирів отримують оновлення про свій маршрут через push-сповіщення.

Приклади даних, які збираються та аналізуються системою, а також їхній вплив на транспортну систему представлені в табл. 6.

Для оцінки ефективності реал-тайм інформування можна використовувати показники часу реакції системи та відсотка пасажирів, які отримали актуальну інформацію. Формула середнього часу реакції системи [6; 8]:

$$T_{response} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{GPS_i}}{n}, \quad (2)$$

де $T_{response}$ — середній час реакції системи на запит;

T_{GPS_i} — час від збору даних до інформування для i -го запиту;

n — кількість запитів.

Розрахунок відсотка пасажирів, які отримали оновлення системи, тобто актуальну інформацію в своїх гаджетах, проводиться за формулою:

$$P_{info} = \frac{N_{info}}{N_{total}} \times 100\%, \quad (3)$$

де P_{info} — відсоток проінформованих пасажирів;

N_{info} та N_{total} — відповідно, кількість пасажирів, які отримали актуальну інформацію, загальна кількість пасажирів.

VI Етап. Розробка програм лояльності

Створення системи програм лояльності для різних сегментів пасажирів стимулює повторне використання всіх транспортних послуг, які є в номенклатурі транспортної компанії. Програми лояльності націлені на заохочення пасажирів до регулярного використання транспортних послуг через систему винагород, знижок чи кешбеку. Це можуть бути не

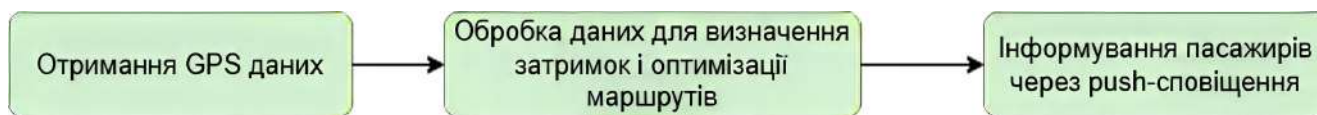


Рис. 7. Алгоритм реалізації реал-тайм інформування

Таблиця 6

Приклади даних в реальному часі

Параметр	Джерело даних	Значення	Результат аналізу	Дія для пасажирів
Затримка транспорту	GPS-сенсор	10 хвилин	Розрахунок нового маршруту	Повідомлення про затримку
Погодні умови	Метеостанція IoT	Сильний дощ	Рекомендація вибору альтернативи	Push-сповіщення
Завантаження маршруту	IoT-сенсор транспорту	90% (перевантаження)	Розрахунок альтернативного маршруту	Інформування про альтернативу
Дорожня ситуація	Системи моніторингу	ДТП	Визначення об'їзду	Оновлення розкладу

лише поїздки, але й додаткові сервіси, такі як бронювання місць, надання пріоритету при пересадках чи знижки на інші послуги.

Для реалізації програм лояльності використовуються формула нарахування бонусів:

$$B = k \cdot N \quad (3)$$

де B — бонуси; k — коефіцієнт нарахування бонусів, N — кількість поїздок.

Наприклад, якщо $k = 5$, а пасажир здійснив 10 поїздок, то йому нараховується 50 бонусів (табл. 7).

Програми лояльності варіюються залежно від сегменту пасажирів. Наприклад, для студентів пропонуються знижки на групові поїздки, для пенсіонерів — це пільгові квитки, а для бізнес-клієнтів — це кешбек (табл. 8).

Для побудови довгострокових відносин із клієнтами, що належить до концепції маркетингу відносин, програми лояльності можуть мати кілька рівнів, в залежності від кількості здійснених поїздок.

Розглянемо два випадки.

1. Пасажир А щомісяця здійснює 12 поїздок, користуючись послугами залізничного транспорту. На основі кількості поїздок за півроку (72 поїздки) пасажир автоматично підвищується до «Платинового» рівня програми лояльності. У межах цього рівня він отримує безкоштовний доступ до лаунж-зони, можливість резервування місця в поїзді без додаткових витрат, а також кешбек у розмірі 7% на всі придбані квитки.

2. Пасажир Б, який подорожує нерегулярно, здійснив 15 поїздок протягом року, досягає «Золотого» рівня. Його переваги включають кешбек 5% на

витрати, пріоритетне бронювання місць і право на безкоштовну гарячу напій під час подорожі.

Проведемо економічну оцінку впровадження маркетингового методу ІТС. Алгоритм економічної оцінки впровадження методу маркетингу інтелектуальних транспортних систем включає наступні етапи.

1. Визначення ключових параметрів, за якими будуть проводитись розрахунки.

Збір первинних даних для оцінки економічних показників, таких як: дохід — R ; витрати на впровадження — C ; кількість пасажирів до та після впровадження P_{before} , P_{after} ; середній час затримки пасажирів; кількість учасників програми лояльності.

2. Розрахунок повернення інвестицій ROI (Return on Investment) [5; 9; 15].

Показник ROI показує співвідношення витрат на впровадження методу до отриманого доходу. Формула розрахунку:

$$ROI = \frac{R - C}{C} \times 100, \quad (4)$$

де R — дохід, отриманий від впровадження методу (збільшення пасажиропотоку, прибуток від програм лояльності, економія на операційних витратах);

C — витрати на впровадження (розробка додатків, інтеграція платформ, навчання персоналу).

3. Аналіз рівня скорочення витрат, завдяки впровадженню методу. Цей показник відображає зниження витрат завдяки проведеній автоматизації та оптимізації технологічних та управлінських процесів [5; 12]. Формула розрахунку:

Таблиця 7

Приклад програми лояльності

Кількість поїздок	Нараховані бонуси	Пропозиція
10	50	Знижка 10% на наступний рейс
20	100	Безкоштовний квиток
50	300	Місячний проїзний без додаткової оплати

Таблиця 8

Приклад сегментації програм лояльності

Категорія пасажирів	Програма лояльності	Приклад пропозиції
Студенти	Знижки на групові поїздки	15% на поїздки групою від 3 осіб
Пенсіонери	Пільгові квитки	Безкоштовний квиток за кожну 5-ту поїздку
Бізнес-клієнти	Кешбек на корпоративні витрати	10% від витрат на транспортні послуги
Туристи	Знижки на тривалі подорожі	20% на квитки при бронюванні понад 3 місць

Таблиця 9

Рівні програм лояльності

Рівень лояльності	Вимоги	Привілеї
Стандартний	До 10 поїздок	Стандартні знижки
Золотий	11–50 поїздок	Пріоритетне бронювання, кешбек 5%
Платиновий	Понад 50 поїздок	Безкоштовні послуги преміум-класу

$$\Delta C = \frac{C_{before} - C_{after}}{C_{before}} \times 100, \quad (5)$$

де C_{before} , C_{after} — відповідно витрати до та після впровадження.

4. Оцінка отриманої економії часу для пасажирів та транспортних компаній [6; 10].

Оптимізація маршрутів та мінімізація затримок дозволяють оцінити економію часу за формулою:

$$T_{econ} = N \cdot t_{econ}, \quad (6)$$

де T_{econ} — загальна економія часу; t_{econ} — середня економія часу на одну подорож;

N — кількість пасажирів.

5. Рівень залученості пасажирів до програм лояльності P_{engage} . Визначається як відсоток лояльних пасажирів $N_{loyalty}$ від загальної кількості N_{total} , тобто тих пасажирів, які скористались програмою лояльності від транспортної компанії.

$$P_{engage} = \frac{N_{loyalty}}{N_{total}} \times 100. \quad (7)$$

6. Частка проінформованих пасажирів у реальному часі. Визначається як кількість пасажирів, які отримали інформацію в реальному часі до загальної кількості пасажирів

$$P_{inf} = \frac{N_{inf}}{N_{total}} \times 100. \quad (8)$$

7. Зростання пасажиропотоку [1; 2; 5]. Яке визначається за формулою:

$$\Delta P = \frac{P_{before} - P_{after}}{P_{before}} \times 100. \quad (9)$$

На основі отриманих результатів формується загальна оцінка доцільності та перспективності подальшого впровадження запропонованого методу, визначити необхідні коригувальні заходи та обґрунтувати масштабування інтелектуальних транспортних систем на визначені маршрути чи регіони. Залежно від результатів, можуть бути прийняті рішення щодо подальшого вдосконалення алгоритмів, розширення функціоналу цифрових платформ або адаптації програм лояльності до специфічних потреб пасажирів на різних сегментах ринку (кластерах).

Отримані результати від застосування методу та його алгоритму реалізації пояснюються інтеграцією сучасних технологій та адаптацією маркетингових інструментів та стратегій до складного ризикового середовища України. Алгоритми кластеризації пасажирів (рис. 4) створюють сегменти користувачів, що дозволяє розробити персоналізовані пропозиції (табл. 5). Динамічне ціноутворення збалансовує завантаженість транспортних маршрутів, а реал-тайм інформування через IoT-технології (рис. 6) підвищує оперативність реагування. Такі результати досягаються завдяки комплексному використанню Big Data-аналітики, машинного навчання та IoT-сенсорів для обробки даних.

Переваги запропонованого методу та алгоритмів порівняно з аналогами полягають в адаптивності до складного середовища. На відміну від робіт [2; 3], які зосереджених на технічних аспектах ІТС, запропонований метод персоналізує транспортні послуги, що підвищує рівень задоволеності клієнтів. Реал-тайм інформування та динамічне ціноутворення є логічним продовженням підходів в статтях [4; 6], які базуються лише на технічному використанні IoT та Big Data без інтеграції маркетингових інструментів. Тобто адаптація до потреб пасажирів досягнута завдяки поєднанню маркетингових інструментів з інноваційними технологіями.

Проблеми та виклики визначені в розділі 2, вирішені через інтегрований метод реалізації маркетингу ІТС. Персоналізація пропозицій та впровадження програм лояльності (табл. 7) дозволяють задовольнити реальні потреби пасажирів. Динамічне ціноутворення та оптимізація маршрутів забезпечують ефективність транспортних операцій та підвищують рівень задоволеності пасажирів (формули 4, 5). Отримані результати підтверджують досягнення поставленої мети дослідження.

Отримані результати можливі лише за умов достатньої цифровізації інфраструктури та стабільного доступу до IoT-технологій і Big Data. У разі відсутності хмарних обчислень або перебоїв у GPS-сенсорах можливі збої в персоналізації та прогнозуванні.

Недоліком методу є потреба у значних початкових інвестиціях в інфраструктуру та навчання персоналу. Метод також потребує додаткового тестування для адаптації в різних умовах.

Майбутні напрями розвитку методу включають створення прогнозних моделей на основі нейронних мереж, інтеграцію із секторами «розумних міст» і масштабування на міжнародні транспортні системи. Це розширить межі застосування методу та підвищить його ефективність.

Висновки. На основі виконаного дослідження були отримані такі результати.

1. Виявлено основні виклики, з якими стикається транспортна система України в умовах війни: закриття повітряного простору, збільшення навантаження на наземний транспорт, енергетичні перебої та проблеми безпеки. Визначено ключові потреби пасажирів, зокрема: своєчасність, доступність та персоналізація транспортних послуг, які потребують впровадження маркетингового підходу.

2. Обґрунтовано складові комплексу маркетингу ІТС з врахуванням українських реалій. Модель 4P доповнена складовою «підтримка» (Support), яка враховує соціальні та безпекові аспекти транспортної сфери. Основною відмінністю є інтеграція інноваційних технологій (Big Data, IoT, штучний інтелект) у всі етапи маркетингової діяльності, що дозволяє задовольняти базові потреби та створювати додаткову цінність для пасажирів.

3. Запропоновано інтегрований метод, що включає персоналізацію послуг, динамічне ціноутворення, програми лояльності, сегментацію пасажирів (алгоритм k-середніх) та інтеграцію з цифровими платформами. На відміну від існуючих підходів, цей метод забезпечує синергію маркетингових та технологічних інструментів, що дозволяє адаптувати транспортні послуги до реальних потреб споживачів. Результати пояснюються застосуванням сучасних технологій обробки та аналізу даних.

4. Визначено, що реалізація комплексу маркетингу ІТС дозволяє знизити операційні витрати на 15–20%, скоротити середній час затримок на 12% та збільшити пасажиропотік на 8–12%. Підвищення залученості до програм лояльності на 25% свідчить про значний вплив маркетингових заходів на задоволеність клієнтів. Ці результати пояснюються інтеграцією персоналізованих рішень та гнучкого управління в реальному часі, що сприяє оптимізації всіх аспектів транспортної діяльності.

Література

1. Аналітичний звіт ITF «Transport Resilience in Crisis» (2023). URL: <https://www.itf-oecd.org/transport-system-resilience> (дата звернення: 07.01.2025).
2. Чередніченко О. Управління міськими транспортними системами. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2022. (63). С. 164–180. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2022.63.164-180>; URL: <http://archinform.knuba.edu.ua/article/view/263734> (дата звернення: 07.01.2025).
3. Чередніченко О., Валацкене А. Інтелектуальні транспортні системи як інструменти управління транспортними потоками (на прикладі м. Києва). *Містобудування та територіальне планування*. 2022. (80). С. 416–450. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2022.80.416-450>; URL: <http://mtp.knuba.edu.ua/article/view/264477> (дата звернення: 07.01.2025).
4. Ключев С. О., Сігонін А. Є., Цимбал С. В. Розвиток інтелектуальних транспортних систем. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2024. Том 18, № 2. С. 80–86. <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-18-2-80-86> <https://vmt.vntu.edu.ua/index.php/vmt/article/view/357> (дата звернення: 07.01.2025).
5. Аулін В. В., Гриньків А. В., Головатий А. О., Лисенко С. В., Голуб Д. В., Кузик О. В., Тихий А. А. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем: монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В. Кропивницький, 2020. 428 с. URL: <https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/e7410952-bb7d-4c1f-ae12-8f14339b88ff/content> (дата звернення: 07.01.2025).
6. Довженко Н., Мазур Н., Костюк Ю., Рзаєва С. Інтеграція IoT та штучного інтелекту в інтелектуальні транспортні системи. *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2024. 2(26). С. 430–444. <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2024.26.708>; URL: https://www.csecurity.kubg.edu.ua/index.php/journal/article/view/708?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 07.01.2025).
7. Томах В. В., Сіраєва Т. Є., Мартиненко М. В. Цифрова трансформація управління підприємствами України у контексті сталого розвитку: інноваційні рішення, креативні технології. *Академічні Бізніси*. 2023. 18. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7840221>.
8. Zhang Kai, Batterman Stuart Air pollution and health risks due to vehicle traffic *Sci. Total Environ.* 2013. Vol. 450–451. P. 307–316. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.01.074>; URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969713001290?via%3Dihub> (дата звернення: 07.01.2025).
9. Nguyen H., Nguyen P., Bui V. Applications of Big Data Analytics in Traffic Management in Intelligent Transportation Systems. *International Journal on Informatics Visualization*. 2022. 6. 177 p. <https://doi.org/10.30630/joiv.6.1-2.882>; URL: <https://joiv.org/index.php/joiv/article/view/882> (дата звернення: 07.01.2025).
10. Dmitrieva E., Pathani A., Pushkarna G., Acharya P., Rana M., Surekha P. Real-Time Traffic Management in Smart Cities: Insights from the Traffic Management Simulation and Impact Analysis. *BIO Web of Conferences*. 2024. 86. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248601098>; URL: https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/abs/2024/05/bioconf_rtbs2024_01098/bioconf_rtbs2024_01098.html (дата звернення: 07.01.2025).
11. Ambient (outdoor) air quality and health. Fact sheet. World Health Organization. 2024. URL: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (дата звернення: 07.01.2025).
12. Oladimeji D., Khushi G., Nuri A. K., Kubra G., Linqiang Ge, Fan L. Smart Transportation: An Overview of Technologies and Applications. *Sensors*. 2023. 23(8). 3880. <https://doi.org/10.3390/s23083880>; URL: https://www.mdpi.com/1424-8220/23/8/3880?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 07.01.2025).
13. Katerna O. Research of market development of intelligent transport systems in the world. *Economics of Development*. 2018. 17(3). P. 17–29. doi: 10.21511/ed.17(3).2018.02; URL: https://www.hneu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/02/17-29-ED_2018_03_Katerna.pdf (дата звернення: 07.01.2025).
14. Alonso F., Faus M., Tormo M. T., Useche S. A. Could technology and intelligent transport systems help improve mobility in an emerging country? Challenges, opportunities, gaps and other evidence from the Caribbean. *Appl. Sci.*

(Basel). 2022. 12(9). 4759. <https://doi.org/10.3390/app12094759>; URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/9/4759> (дата звернення: 07.01.2025).

15. Montoya-Torres J. R., Moreno S., Guerrero W. J., Mejía G. Big data analytics and intelligent transportation systems. *IFAC-PapersOnLine*. 2021. 54(2). P. 216–220. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.06.025>; URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896321004614?via%3Dihub> (дата звернення: 07.01.2025).

16. Neverauskienė L. O., Novikova M., Kazlauskienė E. Factors determining the development of intelligent transport systems. *Bus. Manag. Econ. Eng.* 2021. 19(2). P. 229–243. <https://doi.org/10.3846/bmee.2021.15368>; URL: <https://journals.vilniustech.lt/index.php/BMEE/article/view/15368> (дата звернення: 07.01.2025).

17. Intelligent Transportation Systems: Marketing Intelligent Transportation: Strategies for Promoting Smart Mobility Solutions. URL: <https://fastercapital.com/content/Intelligent-Transportation-Systems—Marketing-Intelligent-Transportation—Strategies-for-Promoting-Smart-Mobility-Solutions.html> (дата звернення: 07.01.2025).

18. Golubchikov O, Thornbush M. Artificial Intelligence and Robotics in Smart City Strategies and Planned Smart Development. *Smart Cities*. 2020. 3(4). P. 1133–1144. <https://doi.org/10.3390/smartcities3040056>; URL: <https://www.mdpi.com/2624-6511/3/4/56> (дата звернення: 07.01.2025).

19. Ключев С. О., Цимбал С. В., Сігонін А. Є. Розвиток інтелектуальних транспортних систем. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2023. Том. 18, № 2. С. 80–86. <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-18-2-80-86>; URL: <https://vmt.vntu.edu.ua/index.php/vmt/article/view/357/320> (дата звернення: 07.01.2025).

20. Холод А. Маркетинговий аналіз ринку транспортних послуг. *Вісник СумДУ Серія «Економіка»*. 2023. С. 29–38 DOI: 10.21272/1817-9215.2023.3-02; URL: https://visnyk.fem.sumdu.edu.ua/issues/3_2023/3.pdf (дата звернення: 07.01.2025).

References

1. International Transport Forum. (2023). Transport resilience in crisis. Retrieved from <https://www.itf-oecd.org/transport-system-resilience>

2. Cherednichenko, O. (2022). Upravlinnia miskymy transportnymy systemamy. *Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia*, (63), 164–180. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2022.63.164-180>

3. Cherednichenko, O., & Valatskene, A. (2022). Intelektualni transportni systemy yak instrumenty upravlinnia transportnymy potokamy (na pryklady m. Kyieva). *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia*, (80), 416–450. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2022.80.416-450>

4. Kliuiev, S. O., Sihonin, A. Ie., & Tsymbal, S. V. (2024). Rozvytok intelektualnykh transportnykh system. *Visnyk mashynobuduvannia ta transportu*, 18(2), 80–86. <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-18-2-80-86>

5. Aulin, V. V., Hrynkyv, A. V., Holovaty, A. O., Lysenko, S. V., Holub, D. V., Kuzyk, O. V., & Tykhyi, A. A. (2020). Metodolohichni osnovy proektuvannia ta funktsionuvannia intelektualnykh transportnykh i vyrobnychykh system (Monograph). Kropyvnytskyi: KNTU. Retrieved from <https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/e7410952-bb7d-4c1f-ae12-8f14339b88ff/content>

6. Dovzhenko, N., Mazur, N., Kostiuk, Yu., & Rzaieva, S. (2024). Intehratsiia IoT ta shtuchnoho intelektu v intelektualni transportni systemy. *Kiberbezpeka: osvita, nauka, tekhnika*, 2(26), 430–444. <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2024.26.708>

7. Tomakh, V. V., Sihaieva, T. Ye., & Martynenko, M. V. (2023). Tsyfrova transformatsiia upravlinnia pidpriemstvamy Ukrainy u konteksti staloho rozvytku: innovatsiini rishennia, kreatyvni tekhnolohii. *Akademichni Vizii*, 18. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7840221>

8. Zhang, K., & Batterman, S. (2013). Air pollution and health risks due to vehicle traffic. *Science of The Total Environment*, 450–451, 307–316. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.01.074>

9. Nguyen, H., Nguyen, P., & Bui, V. (2022). Applications of big data analytics in traffic management in intelligent transportation systems. *International Journal on Informatics Visualization*, 6, 177. <https://doi.org/10.30630/ijov.6.1-2.882>

10. Dmitrieva, E., Pathani, A., Pushkarna, G., Acharya, P., Rana, M., & Surekha, P. (2024). Real-time traffic management in smart cities: Insights from the traffic management simulation and impact analysis. *BIO Web of Conferences*, 86, Article 01098. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248601098>

11. World Health Organization. (2024). Ambient (outdoor) air quality and health. Retrieved from [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

12. Oladimeji, D., Khushi, G., Nuri, A. K., Kubra, G., Linqiang, G., & Fan, L. (2023). *Smart transportation: An overview of technologies and applications*. *Sensors*, 23(8), 3880. <https://doi.org/10.3390/s23083880>

13. Katerna, O. (2018). Research of market development of intelligent transport systems in the world. *Economics of Development*, 17(3), 17–29. [https://doi.org/10.21511/ed.17\(3\).2018.02](https://doi.org/10.21511/ed.17(3).2018.02)

14. Alonso, F., Faus, M., Tormo, M. T., & Useche, S. A. (2022). Could technology and intelligent transport systems help improve mobility in an emerging country? Challenges, opportunities, gaps and other evidence from the Caribbean. *Applied Sciences*, 12(9), 4759. <https://doi.org/10.3390/app12094759>

15. Montoya-Torres, J. R., Moreno, S., Guerrero, W. J., & Mejía, G. (2021). Big data analytics and intelligent transportation systems. *IFAC-PapersOnLine*, 54(2), 216–220. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.06.025>
16. Neverauskienė, L. O., Novikova, M., & Kazlauskienė, E. (2021). Factors determining the development of intelligent transport systems. *Business, Management and Economics Engineering*, 19(2), 229–243. <https://doi.org/10.3846/bmee.2021.15368>
17. FasterCapital. (n.d.). Intelligent transportation systems: Marketing intelligent transportation: Strategies for promoting smart mobility solutions. Retrieved from <https://fastercapital.com/content/Intelligent-Transportation-Systems—Marketing-Intelligent-Transportation—Strategies-for-Promoting-Smart-Mobility-Solutions.html>
18. Golubchikov, O., & Thornbush, M. (2020). Artificial intelligence and robotics in smart city strategies and planned smart development. *Smart Cities*, 3(4), 1133–1144. <https://doi.org/10.3390/smartcities3040056>
19. Kliuiev, S. O., Tsybal, S. V., & Sihonin, A. Ie. (2023). Rozvytok intelektualnykh transportnykh system. *Visnyk mashynobuduvannia ta transportu*, 18(2), 80–86. <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-18-2-80-86>
20. Kholod, A. (2023). Marketynhovy analiz rynku transportnykh posluh. *Visnyk SumD U. Seriiia “Ekonomika”*, (3), 29–38. <https://doi.org/10.21272/1817-9215.2023.3-02>