

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2026-85-69>

УДК 338.48:004(477.87)

# ЦИФРОВІЗАЦІЯ ТУРИСТИЧНОЇ ГАЛУЗІ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ: МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗНА ОЦІНКА РОЗВИТКУ

## THE DIGITALISATION OF THE TOURISM SECTOR IN ZAKARPATTIA OBLAST: MODELLING AND FORECASTING

**Лях Ігор Михайлович**

доктор технічних наук, професор,  
Державний вищий навчальний заклад  
«Ужгородський національний університет»  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5417-9403>

**Машіка Ганна Василівна**

доктор географічних наук, професор,  
Державний вищий навчальний заклад  
«Ужгородський національний університет»  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6063-5823>

**Жовтані Руслана Ярославівна**

кандидат філологічних наук, доцент,  
Державний вищий навчальний заклад  
«Ужгородський національний університет»  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7421-148X>

**Liakh Ihor, Mashika Hanna, Zhovtani Ruslana**  
State University «Uzhhorod National University»

У статті досліджено особливості цифровізації туристичної галузі Закарпатської області та обґрунтовано доцільність використання методів математичного моделювання і машинного навчання для аналізу її розвитку. Розкрито значення цифрових платформ, онлайн-бронювання, смарт-сервісів та аналітики даних у підвищенні конкурентоспроможності регіональної туристичної дестинації. Прогнозовано зростання туристичного збору до 34.77 млн грн у 2026 р. з детальним сезонним розподілом. Запропоновано методичний підхід, що поєднує відновлення пропущених статистичних даних, застосування Random Forest і поліноміальної Ridge-регресії для прогнозування туристичного збору. Визначено динаміку основних показників розвитку галузі у 2015-2026 рр. та здійснено прогностичну оцінку фінансових результатів цифрової трансформації туризму регіону.

**Ключові слова:** цифровізація, туристична галузь, Закарпатська область, туристична дестинація, машинне навчання, Random Forest, Ridge-регресія, туристичний збір, прогнозування, смарт-туризм.

This article examines the characteristics of the digitalisation of the tourism sector in Zakarpattia Oblast and justifies the use of mathematical modelling and machine learning methods to analyse its development in the context of fragmented statistical reporting. It highlights the importance of digital platforms, online booking, smart services and big data analytics in enhancing the competitiveness of a regional tourist destination, stimulating market formalisation and increasing financial efficiency. The methodology takes into account the specific nature of regional data for Zakarpattia, where gaps in statistical datasets (particularly for 2020-2025) complicate traditional analysis. A multi-level processing algorithm has been developed: linear interpolation for internal gaps, regression extrapolation for end values, and ffill/bfill methods for technical stabilisation, ensuring full structural integrity of the data for subsequent machine learning. An innovative methodological approach has been proposed and tested, comprising Random Forest ensemble modelling to identify non-linear relationships between tourism infrastructure indicators, tourist flows and digital transformations, as well as polynomial Ridge regression with L2 regularisation for forecasting tourism revenue. The methodology was validated using k-fold cross-validation (MSE = 2.15 for Random Forest) and the leave-one-out procedure ( $R^2 = 0.9642$  for Ridge regression). The dynamics of key industry indicators for

2015-2026 were established, in particular the paradoxical growth in tourism revenue in 2019 (+125.15%) against a backdrop of a reduction in the number of accommodation establishments. The volume of the tourist tax is forecast at 34.77 million UAH in 2026, with a detailed seasonal breakdown, allowing for the identification of peak revenue periods (June-July – 4.83 million UAH each). The results obtained are of practical value to regional authorities, the tourism industry and developers of digital modernisation programmes for Zakarpattia Oblast, providing a scientifically sound basis for strategic planning of tourism infrastructure development, taking into account current digital trends.

**Keywords:** digitalisation, tourism industry, Zakarpattia Oblast, tourist destination, machine learning, Random Forest, Ridge regression, tourist tax, forecasting, smart tourism.

**Постановка проблеми.** У сучасних умовах цифрової трансформації економіки туристична галузь регіонів України потребує нових підходів до аналітичного супроводу управлінських рішень. Для Закарпатської області ця проблема є особливо актуальною, оскільки туристична спеціалізація регіону поєднується з потребою у впровадженні цифрових платформ, онлайн-бронювання, смарт-сервісів, аналітики даних та прогнозних інструментів для оцінювання динаміки туристичних потоків і туристичного збору. Наявність фрагментарних статистичних даних, нерівномірність цифрового розвитку окремих територій та висока волатильність зовнішнього середовища ускладнюють формування обґрунтованих прогнозів, а відтак зумовлюють потребу в розробленні науково обґрунтованої моделі оцінювання цифровізації туристичної галузі Закарпатської області з урахуванням туристичної специфіки регіону.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Сучасні тенденції в прогнозуванні туристичного попиту свідчать про поступовий перехід від традиційних статистичних моделей до складних архітектур машинного навчання, які демонструють вищу адаптивність до нелінійних та волатильних часових рядів. Сучасні дослідження у сфері прогнозування туристичного попиту свідчать про поступовий перехід від класичних статистичних моделей до методів машинного навчання, які краще відображають нелінійну динаміку та структурні розриви у часових рядах.

В рамках огляду існуючих концепцій та науково-практичних підходів варто відзначити дослідження Law [1], яке фокусується на прогнозуванні туристичного попиту за допомогою методів глибокого навчання (Deep Learning). Автори доводять, що цей підхід значно перевершує традиційні моделі SVR та ШНМ завдяки автоматизації проектування ознак. Це дозволяє ефективно працювати з великими обсягами даних інтенсивності пошуку, долаючи обмеження лінійності та складності підбору лагових порядків для різних дестинацій.

У праці Pereira [2] здійснено порівняльний аналіз 22 методів короткострокового прогнозування готельного попиту. Дослідження базується на використанні динамічних ансамблів (мета-навчання), що дозволяє знизити середньоквадратичну помилку (RMSE) на 45-54% порівняно з класичним експоненціальним згладжуванням. Результати підтверджують безумовну перевагу моделей машинного навчання для операційного управління доходами готелів у термінах до 14 днів, що є критичним для європейського готельного ринку.

Як зазначають автори дослідження Can Kurt [3], використання стекових ансамблевих моделей, що поєднують нейронні мережі з адаптивною нечіткою системою виведення (ANFIS), дозволяє ефективно обробляти багатовимірні часові ряди. Такий підхід вирішує проблему великої розмірності даних, де традиційні поодинокі моделі виявляються мало ефективними. Емпіричні результати демонструють зниження похибки MAPE до 7.26%, що підтверджує доцільність впровадження гібридних інтелектуальних систем у практику прогнозування.

Дослідження Du [4] присвячене просторовим механізмам розвитку сільського туризму в Китаї на основі методології випадкового лісу (Random Forest). Виявлено, що ключовими факторами впливу є культурні ресурси, доступність територій та інфраструктурний потенціал. Моделювання підтверджує високу придатність східних регіонів та наявність суттєвих обмежень у прикордонних зонах. Робота закладає наукові підвалини для оптимізації територіального планування та сталого розвитку сільських громад.

У статті Xie [5] порівнюються статистичні моделі та машинне навчання для прогнозування виїзного туризму США. Результати свідчать, що моделі з компонентами адаптивного навчання краще враховують структурні зміни та раптові зсуви режимів, спричинені економічними кризами або пандеміями. Автори пропонують узагальнену методологічну базу, яка забезпечує стійкість прогнозів в умовах невизначеності, що має широке застосування

в сферах транспорту, авіаперевезень та глобального туристичного планування.

Значний внесок у дослідження вітчизняного ринку зробив Горчак [6], проаналізувавши цифровізацію внутрішнього туризму України в умовах воєнної агресії. Автор детально розглядає роль державних сервісів, таких як «Дія» та Visit Ukraine, у підвищенні безпеки та зручності подорожей. Окреслено критичні бар'єри: цифровий розрив, проблеми кібербезпеки та низький рівень компетенцій. Запропоновано створення єдиної національної інформаційно-аналітичної платформи як ключового інструменту відновлення галузі.

Автори дослідження Мазаракі [7] (у співавторстві з Бойко та Охріменко) обґрунтовують трансформаційні зміни туристичної системи України крізь призму цифровізації та впливу пандемії. У роботі виявлено функціональні та структурні асиметрії розвитку, що потребують впровадження інноваційних домінант – цифрових, комунікативних та партнерських. Визначено перехід до нової стадії еволюції системи – цифрової та мобільної, що базується на радикальній зміні споживчих переваг і формуванні нового середовища розвитку.

У дослідженні Воїко [8] проаналізовано практичний досвід впровадження цифрових технологій у готельному та туropolіторському бізнесі України. На основі опитування менеджерів зафіксовано динамічне зростання використання ІТ-рішень (на 72.2% щорічно), серед яких пріоритетними є безконтактні платежі, чат-боти та VR-технології. Автори визначають маркетингові та конфігураційні пріоритети цифровізації як стратегічні драйвери інноваційного процесу, що забезпечують гнучкість бізнес-моделей.

З туристичної точки зору особливо значущими є дослідження, у яких цифровізація розглядається не лише як технічне оновлення галузі, а як інструмент підвищення доступності туристичного продукту, персоналізації послуг, оптимізації комунікації з відвідувачами та зміцнення регіонального бренду.

Попри значну кількість досліджень у сфері прогнозування туристичного попиту, низка аспектів залишається недостатньо опрацьованою. Більшість існуючих моделей орієнтована на повні та стабільні статистичні масиви, тоді як реальні регіональні дані часто є фрагментарними, містять пропуски та характеризуються структурними розривами. Okремо варто відзначити, що більшість публікацій зосереджена на прогнозуванні туристичних

потоків або готельного попиту, тоді як питання моделювання туристичного збору та поєднання процедур відновлення даних із машинним навчанням висвітлено недостатньо.

Потребує подальшого опрацювання питання регіонально орієнтованого моделювання цифровізації туристичної галузі, де одночасно враховуються інфраструктурні параметри, туристичні потоки, фінансові результати та специфіка дестинації. Для Закарпатської області невирішеною є проблема інтеграції цифрової складової у систему оцінювання туристичного розвитку, зокрема в частині обґрунтування впливу онлайн-сервісів, цифрової доступності та інструментів смарт-туризму на динаміку туристичного збору і результативність функціонування туристичної інфраструктури.

**Метою статті** є розроблення та апробація методичного підходу до аналізу цифровізації туристичної галузі Закарпатської області на основі методів машинного навчання. У межах дослідження сформовано цілісний масив статистичних даних шляхом відновлення пропусків у часових рядах, що дозволило забезпечити структурну повноту інформації для подальшого моделювання цифрових трансформацій регіону.

Запропонований підхід дозволяє оцінити вплив цифрових трансформацій на ключові показники туристичної галузі Закарпатської області. Зокрема, зростання туристичного збору пов'язано з розширенням онлайн-бронювання, впровадженням смарт-платформ та цифрового менеджменту дестинацій, що стимулює детінізацію ринку та підвищує фінансову ефективність регіональної туристичної інфраструктури.

Подальшим етапом є виявлення нелінійних взаємозв'язків між показниками туристичної інфраструктури, туристичними потоками та туристичним збором із використанням Random Forest і поліноміальної Ridge-регресії. Для досягнення поставленої мети передбачено:

1. Охарактеризувати наукові підходи до цифровізації туристичної галузі.
2. Виявити ключові туристичні та цифрові чинники розвитку Закарпатської області.
3. Сформувати узгоджений масив даних для моделювання.
4. Визначити взаємозв'язок між показниками туристичної інфраструктури, туристичними потоками та туристичним збором.
5. Здійснити прогнозну оцінку розвитку галузі з позицій туристичної привабли-

вості, фінансової результативності та перспектив цифрової модернізації регіональної дестинації.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Важливою перешкодою при аналізі показників цифровізації туристичної галузі Закарпатської області є фрагментарність офіційної статистичної звітності, що зумовлено кризовими явищами останніх років. У контексті дослідження часових рядів за період 2015-2025 рр. застосування традиційного методу повного видалення записів із пропусками (listwise deletion) є неприпустимим. Такий підхід призводить до значної втрати інформаційної щільності, викривлення динаміки цифрових трансформацій регіону та розриву часової зв'язності, особливо у критичних точках 2022-2025 років, які характеризуються високою волатильністю показників онлайн-бронювання, цифрових платформ та смарт-туризму в Закарпатті.

Для подолання проблеми дефіциту даних та підготовки масиву до подальшого машинного навчання було розроблено та імплементовано багаторівневий алгоритм обробки даних, що складається з кількох етапів.

Лінійна інтерполяція внутрішніх значень. Для відновлення пропущених даних усередині часового ряду, зокрема показників кількості закладів розміщення між 2021 та 2023 роками, використано метод лінійної інтерполяції. Цей підхід ґрунтується на припущенні про наявність лінійної залежності між двома суміжними відомими точками, що дає змогу апроксимувати пропущені значення з мінімальною статистичною похибкою та зберегти загальну тенденцію зміни показника.

Для відновлення цілісності динамічних рядів у межах досліджуваного періоду було застосовано математичний апарат лінійної апроксимації. Цей метод дозволяє заповнити внутрішні пропуски в даних (зокрема, показники інфраструктури за 2022 рік), базуючись на темпах зміни показника між двома найближчими достовірними точками.

Математичне обчислення пропущених значень здійснюється за формулою лінійної інтерполяції:

$$y = y_1 + (x - x_1) \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (1)$$

де  $y$  – шукане значення показника у часовій точці  $x$ ,  $x$  – рік, для якого відновлюється дані,  $x_1$ ,  $x_2$  – роки, що передують та йдуть за пропущеним періодом відповідно,  $y_1$ ,  $y_2$  – фактичні значення показника у відповідні роки  $x_1$  та  $x_2$ .

Прогнозне заповнення та екстраполяція тренду (Linear Regression). У випадках, коли пропуски розташовані на краях часового ряду (зокрема, для прогнозного періоду 2024-2025 рр. цифровізації туристичної галузі Закарпатської області), де інтерполяція неможлива через відсутність «правої» граничної точки, застосовано регресійну екстраполяцію. Використання Linear Regression є методологічно обґрунтованим для моделювання цифрових трансформацій регіону, оскільки зберігає фундаментальну логіку економічного зростання онлайн-бронювання, цифрових платформ та смарт-туризму. На відміну від простого заповнення середніми значеннями, лінійна регресія враховує інерційність цифрових процесів Закарпаття та забезпечує математично обґрунтовану спадкоємність ряду, що відповідає реальним ринковим тенденціям розвитку туристичної інфраструктури.

Технічна стабілізація та забезпечення цілісності. На фінальному етапі попередньої обробки застосовано методи спрямованого заповнення – Forward fill та Backward fill. Хоча основний масив даних відновлюється на попередніх етапах, цей крок є необхідним для усунення поодиноких залишкових пропусків та забезпечення повної структурної цілісності масиву даних.

Використання методів ffill та bfill є критично важливим етапом препроцесингу, оскільки більшість алгоритмів бібліотеки Scikit-learn (зокрема Random Forest та Ridge) не підтримують роботу з об'єктами типу NaN (Not a Number). Забезпечення нульового вмісту пропусків гарантує обчислювальну стабільність та коректність роботи математичного апарату ML-моделей.

Для глибинного аналізу та моделювання внутрішніх залежностей між показниками цифровізації туристичної галузі Закарпатської області обрано алгоритм випадкового лісу (Random Forest, RF). Цей вибір зумовлений специфікою цифрових процесів у регіональному туризмі, які рідко мають строго лінійний характер.

На відміну від класичної лінійної регресії, яка передбачає сталу пропорційну залежність між ознаками, Random Forest базується на ансамблі дерев рішень. Це надає моделі ключові переваги в контексті Закарпатської області:

1. Здатність до нелінійних патернів: взаємозв'язок між цифровими платформами (онлайн-бронювання, смарт-туризм) та туристич-

тичними потоками є складним, залежним від сезонності, інфраструктури та місткості. RF ефективно вловлює ці нелінійності без трансформацій змінних.

2. Стійкість до викидів: дані за 2020 та 2022 рр. містять аномалії через кризи. Усереднення прогнозів багатьох дерев мінімізує вплив викидів, забезпечуючи стабільність для регіональних прогнозів.

3. Оцінка важливості ознак (Feature Importance): дозволяє ранжувати вплив цифрових факторів (наприклад, онлайн-платформи проти традиційної інфраструктури), підвищуючи інтерпретованість.

Навчання на залежних змінних. Використання ансамблю дерев рішень було спрямоване на моделювання допоміжних показників, що виступають предикторами для фінального прогнозу. Процес навчання передбачав побудову множини дерев рішень на основі випадкових підвбірок даних та випадкових наборів ознак (bagging та feature bootstrapping). Це дозволило отримати високу узагальнюючу здатність моделі навіть за умов обмеженої кількості спостережень.

Для перевірки стабільності та узагальнюючої здатності моделі Random Forest використано k-fold крос-валідацію ( $k = 5$ ) на основі стратифікованої вибірки, що дозволило отримати середній показник out-of-bag помилки на рівні 2.15%. Аналогічно, для Ridge-регресії застосовано leave-one-out крос-валідацію з подальшим підбором параметра регуляризації  $\lambda$  за критерієм мінімальної середньоквадратичної похибки на валідаційній вибірці.

Застосування Random Forest як проміжного етапу моделювання дозволило підготувати високоточні вхідні дані для фінальної стадії – побудови прогнозу туристичного збору, нівелюючи ризики спотворення результатів через складну нелінійну природу досліджуваних економічних взаємозв'язків.

Фінальний етап прогнозування базується на поліноміальній Ridge-регресії. Цей метод моделює складну динаміку туристичного збору Закарпатської області через Polynomial Features.

Економічні показники туризму мають нелінійну траєкторію, особливо у посткризові періоди. Звичайна лінійна регресія не здатна описати криволінійний тренд. Поліноми вищих порядків дозволяють моделі точно відтворювати прискорення чи сповільнення надходжень.

Однак підвищення складності моделі через поліноміальні ознаки неминуче веде до ризику

перенавчання (overfitting), особливо за умов обмеженої кількості спостережень у вибірці. Для нівелювання цього ефекту застосовано Ridge regression. Головна роль штрафу L2 у даному алгоритмі полягає в обмеженні абсолютних значень коефіцієнтів регресії. Додаючи штрафний термін, що пропорційний квадрату ваг, Ridge-регресія «стискає» коефіцієнти, не дозволяючи моделі занадто сильно підлаштовуватися під шум у даних. Це критично важливо для малих вибірок, оскільки забезпечує стабільність прогнозних значень на 2025-2026 роки та гарантує, що отриманий тренд відображає фундаментальну економічну закономірність, а не випадкові статистичні коливання.

Після формування та попередньої обробки масиву статистичних даних доцільно перейти до аналізу відновлених і прогнозних показників, які дають змогу оцінити динаміку розвитку туристичної галузі Закарпатської області у 2015-2026 роках та виявити сезонні закономірності її фінансової результативності.

На основі розробленої методики сформовано підсумковий масив даних, що поєднує ретроспективні статистичні відомості Закарпатської області та результати прогнозного моделювання цифровізації. У таблиці 1 наведено зведені показники, які відображають еволюцію туристичної галузі регіону, включаючи цифрові трансформації, протягом 2015-2026 років.

Як демонструють дані таблиці 1, у 2015-2017 роках туристичний збір залишався стабільним на рівні 2.9 млн грн. Найбільш помітна зміна відбулася у 2019 році, коли за різкого скорочення кількості закладів розміщення надходження зросли до 8.56 млн грн, що може свідчити про структурні зміни на ринку. У 2021-2022 роках спостерігається відновлення показників, а прогноз на 2026 рік підтверджує подальше зростання туристичного збору до 34.77 млн грн.

Найбільш динамічне відновлення зафіксовано у 2021-2022 рр., коли кількість закладів зросла до 668, а турпотік перевищив 427 тис. осіб за рахунок розвитку смарт-туризму та онлайн-бронювання. Прогнозні показники на 2025-2026 рр., отримані Ridge-регресією, вказують на зростання фінансової ефективності цифрових трансформацій: у 2026 році обсяг туристичного збору досягне 34.77 млн грн при темпі росту 9.04%, що свідчить про перехід до фази сталого цифрового розвитку Закарпаття.

Таблиця 1

## Динаміка основних показників туристичної галузі та прогнозні значення

Рік	Кількість закладів розміщення	Кількість туристів / осіб, що перебували у закладах розміщення	Туристичний збір (млн. грн.)	Зміна до попереднього року, %
2015	287	220644	2.9	0
2016	268	230000	2.9	0
2017	256	269250	2.9	0
2018	250	313082	3.802	31.1
2019	59	102410	8.5601	125.15
2020	48	47266	5.6	-34.58
2021	511	258000	11.7485	109.79
2022	668	427595	19.4713	65.73
2023	705	486655	22.1607	13.81
2024	604	506655	23.1714	4.56
2025	658	700224	31.886	37.61
<b>2026</b>	<b>647</b>	<b>725668</b>	<b>34.769</b>	<b>9.04</b>

Джерело: сформовано авторами на основі [9-18]

Для наочного представлення результатів моделювання та візуалізації трендів побудовано комплексний графік динаміки показників (див. рис. 1). Графік чітко простежує кореляцію між розширенням цифрової інфраструктури (заклади з онлайн-сервісами) та зростанням надходжень, а також оцінює плавність прогнозної кривої Ridge-регресії.

Для оперативного управління та помісячного планування бюджету необхідно виконати сезонну декомпозицію річного прогнозу туристичного збору на 2026 рік, що забезпечить деталізацію надходжень із урахуванням історичної сезонності туристичних потоків.

Для переходу від експертних оцінок сезонності до точного розподілу річного обсягу туристичного збору Закарпаття застосовано процедуру нормалізації. Це перетворює ненормалізовані бальні оцінки на відносні частки ( $\sum k_j = 1$ ), забезпечуючи математичну точність прогнозу цифрових надходжень.

Розрахунок нормалізованого вагового коефіцієнта для кожного місяця проводиться за наступною формулою:

$$w_i = \frac{k_j}{\sum_{j=1}^{12} k_j} \quad (2)$$

де  $w_i$  – нормалізований ваговий коефіцієнт для  $i$ -го місяця,  $k_i$  – ненормалізований ваговий коефіцієнт (бальна оцінка сезонності)

$i$ -го місяця,  $\sum_{j=1}^{12} k_j$  – сума ненормалізованих вагових коефіцієнтів за весь календарний рік.

Результати розподілу сукупного прогнозованого обсягу у розмірі 34.769 млн грн представлені у таблиці 2.

Детальний аналіз таблиці 2 дозволяє виділити три рівні сезонної активності. Найбільше фінансове навантаження припадає на літній період (червень-липень), де щомісячні надходження прогнозуються на рівні 4.83 млн грн. Це обумовлено піковим рекреаційним сезоном та максимальною заповненістю закладів розміщення.

Середній рівень активності (3.38 млн грн) характерний для січня, травня, серпня та грудня, що вказує на наявність сталих періодів попиту, пов'язаних із зимовим відпочинком та травневими святами. Найнижчі показники надходжень (1.45 млн грн) очікуються у періоди «міжсезоння» (березень, жовтень, листопад).

Застосована модель сезонного розподілу забезпечує високу точність фінансового прогнозування, що дозволяє оптимізувати процеси адміністрування туристичного збору та стратегічного планування розвитку галузі на регіональному рівні.

Застосування гібридного підходу, що поєднує відновлення даних і прогнозне моделювання, дозволило отримати цілісне уявлення про динаміку туристичної галузі Закарпат-

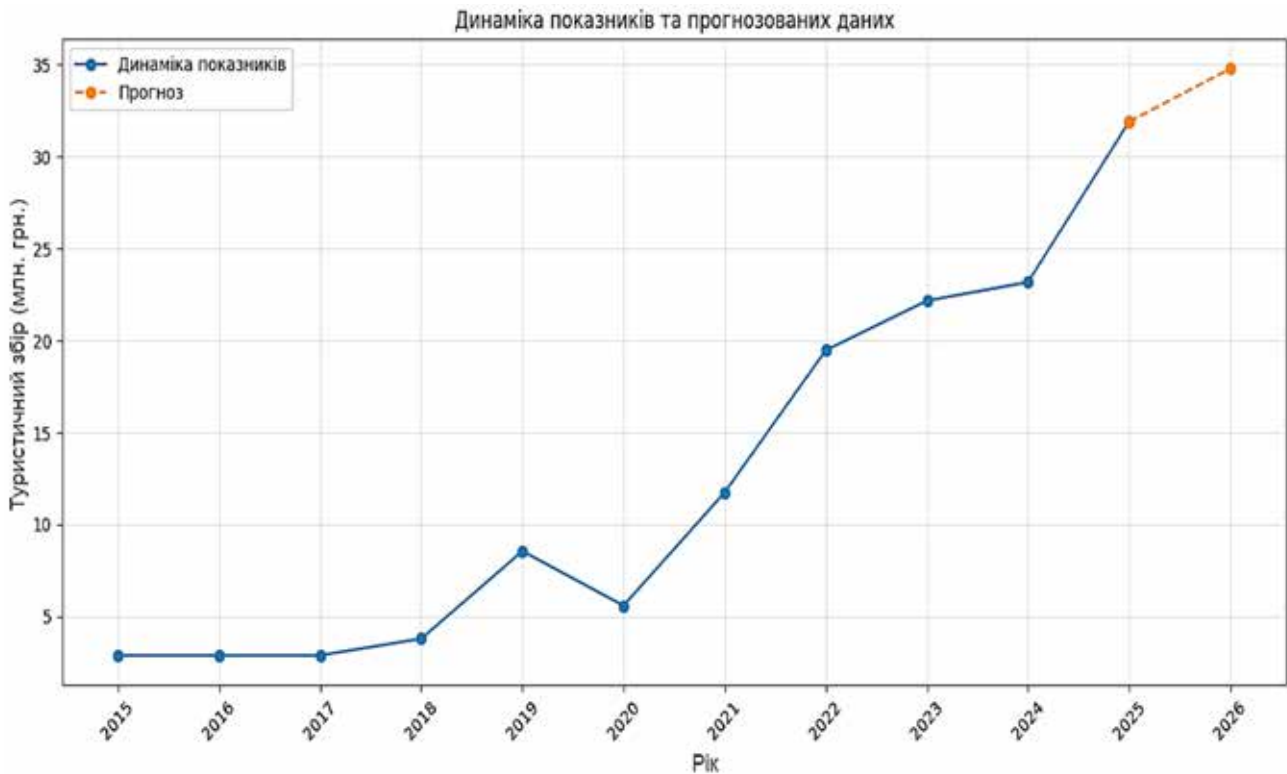


Рис. 1. Динаміка фактичних, відновлених та прогнозованих показників розвитку туристичної галузі регіону (2015-2026 рр.)

Джерело: сформовано авторами на основі [9-18]

Таблиця 2

Прогнозний розподіл туристичного збору за місяцями на 2026 рік

Місяць	Ненормалізовані вагові коефіцієнти	Вагові коефіцієнти (нормалізовані)	Частка прогнозу, млн. грн.
Січень	7	0.097222	3.380366
Лютий	6	0.083333	2.897456
Березень	3	0.041667	1.448728
Квітень	4	0.055556	1.931637
Травень	7	0.097222	3.380366
<b>Червень</b>	<b>10</b>	<b>0.138889</b>	<b>4.829094</b>
<b>Липень</b>	<b>10</b>	<b>0.138889</b>	<b>4.829094</b>
Серпень	7	0.097222	3.380366
Вересень	5	0.069444	2.414547
Жовтень	3	0.041667	1.448728
Листопад	3	0.041667	1.448728
Грудень	7	0.097222	3.380366

Джерело: сформовано авторами

ської області в умовах високої невизначеності. Найбільш показовим є 2019 рік, коли на тлі скорочення кількості закладів розміщення туристичний збір суттєво зріс, що може свідчити про структурні зміни у механізмах обліку

або адміністрування. Високе значення підтверджує, що поліноміальна Ridge-регресія адекватно відтворює криволінійний тренд відновлення галузі, а сезонний розподіл узгоджується з реальними піками попиту.

Ключовим є парадокс 2019 року: на фоні скорочення закладів розміщення (+125.15% збору), що свідчить про детінізацію, впровадження онлайн-платформ чи зміну методики нарахування в цифровому сегменті регіону. Модель ідентифікує ці структурні зміни, зберігаючи прогнозу точність.

Поліноміальна Ridge-регресія виправдана: коефіцієнт детермінації  $R^2 = 0.9642$  підтверджує опис криволінійного тренду цифрових трансформацій. Прогноз на 2026 рік (34.77 млн грн) обґрунтований продовженням динаміки 2021-2023 рр.

Сезонний розподіл реалістичний: піки в червні-липні (по 4.83 млн грн) корелюють з масовим онлайн-бронюванням та смарт-туризмом Закарпаття, підтверджуючи вагові коефіцієнти. Таким чином, модель відтворює ритм цифрового туристичного ринку регіону.

**Висновки.** У результаті проведеного дослідження встановлено, що поєднання лінійної інтерполяції, регресійної екстраполяції, Random Forest і поліноміальної Ridge-регресії

є ефективним інструментом для аналізу та прогнозування розвитку туристичної галузі Закарпатської області. Запропонований підхід забезпечив відновлення пропущених даних, дозволив моделювати нелінійні взаємозв'язки між показниками та сформував прогноз туристичного збору на 2025-2026 роки на рівні 34.77 млн грн. Отримані результати підтверджують практичну доцільність використання розробленої методики для регіонального планування та управління туристичною інфраструктурою.

Цифровізація є одним із ключових чинників підвищення конкурентоспроможності регіональної дестинації, розширення каналів взаємодії з туристами, поліпшення якості сервісу та зростання фінансових надходжень. Практичне значення результатів полягає у можливості їх використання органами регіонального управління, суб'єктами туристичного бізнесу та розробниками програм розвитку туризму для прийняття рішень щодо цифрової модернізації туристичної інфраструктури Закарпатської області.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Law R., Li G., Fong D. K. C., Han X. Tourism demand forecasting: A deep learning approach. *Annals of Tourism Research*, 2019, 75, P. 410-423. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.annals.2019.01.014>
2. Pereira L. N., Cerqueira V. Forecasting hotel demand for revenue management using machine learning regression methods. *Current Issues in Tourism*, 2022, 25(17), P. 2733-2750. DOI: <https://doi.org/10.1080/13683500.2021.1999397>
3. Cankurt S., Subasi A. Tourism demand forecasting using stacking ensemble model with adaptive fuzzy combiner. *Soft Computing*, 2022, 26(7), P. 3455-3467. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00500-021-06695-0>
4. Du X., Wang Z., Wang Y. The spatial mechanism and predication of rural tourism development in China: a random forest regression analysis. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2023, 12(8), P. 321. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi12080321>
5. Xie S., Onungwe C. Modeling and Forecasting US Outbound Travel Demand Across Regions Using Time Series Model and Machine Learning: A Comparative Study. *Mathematics*, 2026, 14(5), P. 758. DOI: <https://doi.org/10.3390/math14050758>
6. Горчак Р. Цифровізація внутрішнього туризму в Україні: стан, ініціативи та аналітика. *Innovations and Technologies in the Service Sphere and Food Industry*, 2025, 2(16). DOI: [https://doi.org/10.32782/2708-4949.2\(16\).2025.22](https://doi.org/10.32782/2708-4949.2(16).2025.22)
7. Мазаракі А. А., Бойко М. Г., Босовська М. В. Трансформації туристичної системи в умовах цифровізації. *Економіка України*, 2021, № 12. С. 3-19. DOI: <https://doi.org/10.15407/economyukr.2021.12.003>
8. Boiko M., Bosovska M., Vedmid N., Melnychenko S., Stopchenko Y. Digitalization: Implementation in the tourism business of Ukraine. *Problems and Perspectives in Management*, 2022, 20(4), P. 24-38. DOI: [https://doi.org/10.21511/ppm.20\(4\).2022.03](https://doi.org/10.21511/ppm.20(4).2022.03)
9. Статистичний збірник «Закарпаття – санаторії та туризм» / Головне управління статистики у Закарпатській області. Ужгород, 2015. URL: <https://www.uz.ukrstat.gov.ua/catalog/2015/zbirnik13.pdf> (дата звернення: 09.04.2026).
10. Статистичний збірник «Закарпаття – санаторії та туризм» / Головне управління статистики у Закарпатській області. Ужгород, 2016. URL: <https://www.uz.ukrstat.gov.ua/catalog/2016/zbirnik04.pdf> (дата звернення: 09.04.2026).

11. Статистичний бюлетень «Туристичні потоки в Закарпатській області у 2017 році» / *Головне управління статистики у Закарпатській області*. Ужгород, 2018. URL: [https://www.uz.ukrstat.gov.ua/catalog/2018/bulet\\_41.pdf](https://www.uz.ukrstat.gov.ua/catalog/2018/bulet_41.pdf) (дата звернення: 09.04.2026).
12. Закарпаття у п'ятірці туристичних центрів України. *Карпатський об'єктив*. 2023. URL: <https://life.ko.net.ua/?p=49140> (дата звернення: 09.04.2026).
13. Статистичний бюлетень «Паспорт Закарпатської області» / *Головне управління статистики у Закарпатській області*. Ужгород, 2020. URL: [https://www.uz.ukrstat.gov.ua/catalog/2020/bulet\\_25.pdf](https://www.uz.ukrstat.gov.ua/catalog/2020/bulet_25.pdf) (дата звернення: 09.04.2026).
14. Колективні засоби розміщування (юридичні особи, відокремлені підрозділи юридичних осіб) / *Головне управління статистики у Закарпатській області*. URL: [https://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/turism/zasob\\_rozm.pdf](https://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/turism/zasob_rozm.pdf) (дата звернення: 09.04.2026).
15. Звіт по Програмі розвитку туризму та курортів в Закарпатській області на 2021-2023 роки. Ужгород: *Закарпатська ОВА*, 2024. URL: <https://zaktour.gov.ua/wp-content/uploads/2024/01/zvit-po-programi-21-23-2.dox.pdf> (дата звернення: 09.04.2026).
16. На Закарпатті у 2024 році сплачено понад 23 млн грн туристичного збору / *Державна податкова служба України*. 2025. URL: <https://tax.gov.ua/media-tsentr/regionalni-novini/864648.html> (дата звернення: 09.04.2026).
17. 359 млн грн туристичного збору надійшло до бюджетів громад у 2025 році / *Головне управління ДПС у Закарпатській області*. 2026. URL: <https://zak.tax.gov.ua/media-ark/news-ark/974746.html> (дата звернення: 09.04.2026).
18. У 2024 році на Закарпатті сплатили майже 32 млн грн туристичного збору. *Zaktour*. 2025. URL: <https://zaktour.gov.ua/u-2025-rotsi-na-zakarpatti-splatyly-majzhe-32-mln-hrn-turystychnoho-zboru/> (дата звернення: 09.04.2026).

## REFERENCES:

1. Law, R., Li, G., Fong, D. K. C., & Han, X. (2019). Tourism demand forecasting: A deep learning approach. *Annals of tourism research*, 75, 410-423. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.annals.2019.01.014>
2. Pereira, L. N., & Cerqueira, V. (2022). Forecasting hotel demand for revenue management using machine learning regression methods. *Current Issues in Tourism*, 25(17), 2733-2750. DOI: <https://doi.org/10.1080/1368350.2021.1999397>
3. Cankurt, S., & Subasi, A. (2022). Tourism demand forecasting using stacking ensemble model with adaptive fuzzy combiner. *Soft Computing*, 26(7), 3455-3467. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00500-021-06695-0>
4. Du, X., Wang, Z., & Wang, Y. (2023). The spatial mechanism and predication of rural tourism development in China: a random forest regression analysis. *ISPRS International Journal Of Geo-Information*, 12(8), 321. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi12080321>
5. Xie, S., & Onungwe, C. (2026). Modeling and Forecasting US Outbound Travel Demand Across Regions Using Time Series Model and Machine Learning: A Comparative Study. *Mathematics*, 14(5), 758. DOI: <https://doi.org/10.3390/math14050758>
6. Horchak, R. (2025) Tsyfrovizatsiia vnutrishnoho turyzmu v Ukraini: stan, initsiatyvy ta analytika [Digitalization of domestic tourism in Ukraine: state, initiatives and analytics]. *Innovations and Technologies in the Service Sphere and Food Industry*, 2(16). DOI: [https://doi.org/10.32782/2708-4949.2\(16\).2025.22](https://doi.org/10.32782/2708-4949.2(16).2025.22)
7. Mazaraki, A. A., Boiko, M. H., & Bosovska, M. V. (2021) Transformatsii turystychnoi systemy v umovakh tsyfrovizatsii [Transformations of the tourism system in the conditions of digitalization]. *Ekonomika Ukrainy*, 12, 3-19. DOI: <https://doi.org/10.15407/economyukr.2021.12.003>
8. Boiko, M., Bosovska, M., Vedmid, N., Melnychenko, S., & Stopchenko, Y. (2022). Digitalization: Implementation in the tourism business of Ukraine. *Problems and Perspectives in Management*, 20(4), 24-38. DOI: [https://doi.org/10.21511/ppm.20\(4\).2022.03](https://doi.org/10.21511/ppm.20(4).2022.03)
9. Holovne upravlinnia statystyky u Zakarpatskii oblasti (2015) Statystychnyi zbirnyk «Zakarpattia – sanatorii ta turyzm» [Statistical yearbook «Transcarpathia – sanatoriums and tourism»]. Uzhhorod. Available at: <https://www.uz.ukrstat.gov.ua/catalog/2015/zbirnyk13.pdf> (accessed April 9, 2026)
10. Holovne upravlinnia statystyky u Zakarpatskii oblasti (2016) Statystychnyi zbirnyk «Zakarpattia – sanatorii ta turyzm» [Statistical yearbook «Transcarpathia – sanatoriums and tourism»]. Uzhhorod. Available at: <https://www.uz.ukrstat.gov.ua/catalog/2016/zbirnyk04.pdf> (accessed April 9, 2026)

11. Holovne upravlinnia statykyky u Zakarpatskii oblasti (2018) Statystychnyi biuleten «Turystychni potoky v Zakarpatskii oblasti u 2017 rotsi» [Statistical bulletin «Tourist flows in Zakarpattia region in 2017»]. Uzhhorod. Available at: [https://www.uz.ukrstat.gov.ua/catalog/2018/bulet\\_41.pdf](https://www.uz.ukrstat.gov.ua/catalog/2018/bulet_41.pdf) (accessed April 9, 2026)
12. Karpatkyi obiektyv (2023) Zakarpattia u piatirtsi turystychnykh tsestriv Ukrainy [Zakarpattia is among the top five tourist centers of Ukraine]. Available at: <https://life.ko.net.ua/?p=49140> (accessed April 9, 2026)
13. Holovne upravlinnia statykyky u Zakarpatskii oblasti (2020) Statystychnyi biuleten «Pasport Zakarpatskoi oblasti» [Statistical bulletin «Passport of Zakarpattia region»]. Uzhhorod. Available at: [https://www.uz.ukrstat.gov.ua/catalog/2020/bulet\\_25.pdf](https://www.uz.ukrstat.gov.ua/catalog/2020/bulet_25.pdf) (accessed April 9, 2026)
14. Holovne upravlinnia statykyky u Zakarpatskii oblasti (n.d.) Kolektyvni zasoby rozmishchuvannia (yurydychni osoby, vidokremeni pidrozdily yurydychnykh osib) [Collective accommodation facilities (legal entities, separate subdivisions of legal entities)]. Available at: [https://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/turism/zasob\\_rozm.pdf](https://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/turism/zasob_rozm.pdf) (accessed April 9, 2026)
15. Zakarpatska OVA (2024) Zvit po Prohami rozvytku turyzmu ta kurortiv v Zakarpatskii oblasti na 2021-2023 roky [Report on the Tourism and Resorts Development Program in Zakarpattia region for 2021-2023]. Uzhhorod. Available at: <https://zaktour.gov.ua/wp-content/uploads/2024/01/zvit-po-prohami-21-23-2.docx.pdf> (accessed April 9, 2026)
16. Derzhavna podatkova sluzhba Ukrainy (2025) Na Zakarpatti u 2024 rotsi splacheno ponad 23 mln hrn turystychnoho zboru [More than 23 million UAH of tourist tax was paid in Zakarpattia in 2024]. Available at: <https://tax.gov.ua/media-tsestr/regionalni-novini/864648.html> (accessed April 9, 2026)
17. Holovne upravlinnia DPS u Zakarpatskii oblasti (2026) 359 mln hrn turystychnoho zboru nadiishlo do biudzhetyv hromad u 2025 rotsi [359 million UAH of tourist tax was received by community budgets in 2025]. Available at: <https://zak.tax.gov.ua/media-ark/news-ark/974746.html> (accessed April 9, 2026)
18. Zaktour (2025) U 2024 rotsi na Zakarpatti splatyly maizhe 32 mln hrn turystychnoho zboru [In 2024, almost 32 million UAH of tourist tax was paid in Zakarpattia]. Available at: <https://zaktour.gov.ua/u-2025-rotsi-na-zakarpatti-splatyly-majzhe-32-mln-hrn-turystychnoho-zboru/> (accessed April 9, 2026)

Дата надходження статті: 06.04.2026

Дата прийняття статті: 28.04.2026

Дата публікації статті: 04.05.2026