

ВИКОРИСТАННЯ 3D-ТЕХНОЛОГІЙ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В РОЗВИТКУ СУЧАСНОГО ТУРИЗМУ

APPLICATION OF 3D VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY FOR THE DEVELOPMENT OF CONTEMPORARY TOURISM

Сущенко Олена Анатоліївна

доктор економічних наук, професор,
Київський національний університет технологій та дизайну
Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2645-8015>

Корнійчук Роман Олегович

здобувач вищої освіти, ступінь доктор філософії,
Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4095-9888>

Sushchenko Olena

Kyiv National University of Technologies and Design;
Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics

Korniichuk Roman

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics

Досліджено особливості використання технологій віртуальної реальності на основі тривимірної візуалізації у розвитку сучасного туризму. Розкрито теоретико-методичні засади формування віртуальних турів із використанням тривимірного моделювання, панорамної візуалізації та інтерактивних цифрових середовищ. Проаналізовано ключові технологічні етапи створення віртуальних турів. Особливу увагу приділено методам моделювання на основі зображень. Доведено, що використання віртуальних турів сприяє підвищенню маркетингової привабливості туристичних дестинацій, формуванню попереднього досвіду подорожі, розширенню доступу до туристичних ресурсів. Обґрунтовано доцільність розгляду витрат на створення віртуальних турів як стратегічних інвестицій. Зроблено висновок, що технології віртуальної реальності формують новий тип туристичного продукту, здатний доповнювати традиційні форми туризму.

Ключові слова: туризм, цифровізація, технології, віртуальна реальність, віртуальний тур, туристичний продукт, моделювання.

The features of utilizing virtual reality technologies based on three-dimensional visualization in the development of modern tourism, within the context of the digital transformation of the economy and the growing role of information technologies in shaping tourist demand, are examined. It is substantiated that the introduction of innovative digital tools into tourism activities is due to changes in consumer behavioral patterns, increased requirements for visibility, interactivity, and accessibility of tourist products, as well as restrictions on physical mobility caused by global crises and security challenges. The theoretical and methodological principles underlying the creation of virtual tours through three-dimensional modeling, panoramic visualization, and interactive digital environments are presented. Virtual tours are considered a tool for creating an interactive tourist experience that combines technological, economic, and social aspects of the tourism industry's development. The key technological stages of creating virtual tours are analyzed, specifically the geometric modeling of tourist objects, the formation of three-dimensional scenes, the construction of panoramic images, the design of the user interface, and the integration of multimedia content. Particular attention is paid to image-based modeling methods that provide a high level of photorealism and reduce the cost of creating digital tourism products. It has been proven that the use of virtual tours contributes to increasing the marketing attractiveness of tourist destinations, forming a previous travel experience, reducing information asymmetry between tourists and the objects of their visits, as well as expanding access to tourism resources for people with limited mobility. The feasibility of considering the costs of creating virtual tours as strategic investments with a multiplier effect in the context of sustainable development, inclusiveness, and the preservation of cultural and natural heritage is substantiated. It is concluded that virtual reality technologies form a new type of tourism product that can complement traditional forms of tourism and integrate into regional and national strategies for the development of the tourism industry.

Keywords: tourism, digitalization, technologies, virtual reality, virtual tour, tourism product, modeling.

Постановка проблеми. Сучасний розвиток туристичної галузі відбувається в умовах глибокої цифрової трансформації, зростання глобальної конкуренції та зміни поведінкових моделей споживачів туристичних послуг. Туристи дедалі частіше орієнтуються на цифрові канали отримання інформації, дистанційні формати планування подорожей і візуально насичені інструменти попереднього ознайомлення з туристичними DESTINATIONAMI. За таких умов традиційні способи презентації туристичного продукту (текстові описи, статичні зображення, стандартні відеоматеріали) втрачають ефективність, оскільки не забезпечують повноцінного ефекту присутності та не дозволяють сформувати глибоке емоційне залучення потенційного споживача. Особливої актуальності проблема набуває в контексті зовнішніх обмежень розвитку туризму, зокрема пандемічних криз, воєнних дій, обмежень мобільності та зростання безпекових ризиків. У таких умовах знижується можливість безпосереднього відвідування туристичних об'єктів, що посилює потребу в альтернативних формах взаємодії зі споживачами та нових каналах просування туристичних DESTINATIONAMI.

Саме тому 3D-технології віртуальної реальності розглядаються як інструмент, здатний компенсувати дефіцит фізичних подорожей, забезпечити доступ до туристичних ресурсів у дистанційному форматі та підтримати інтерес до туристичних локацій. При цьому зростання практичного використання 3D-технологій віртуальної реальності у туризмі супроводжується недостатнім рівнем їх теоретико-методологічного обґрунтування в наукових дослідженнях, що обумовлює необхідність ґрунтовного дослідження ролі, потенціалу і перспектив використання VR-технологій як інноваційного інструменту розвитку туристичної індустрії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика розвитку процесів цифровізації та впровадження інноваційних технологій в туристичній сфері є об'єктом активних досліджень як закордонних, так і вітчизняних вчених. У зарубіжній науковій літературі 3D/VR-технології в туризмі розглядаються як інструмент «досвіду до подорожі», так званий pre-experience, що здатний впливати на образ DESTINATIONAMI, зниження невизначеності та формування поведінкових намірів [1-3]. Д. Гутентаг підкреслює, що віртуальна реальність у туризмі має потенціал підсилувати залученість і «ефект присутності», і як

результат, змінювати ставлення до туристичного продукту/туристичної DESTINATIONAMI та підвищувати ймовірність вибору [4]. Важливим при цьому є якість контенту, технічна реалізація й контекст споживання І. Туссядія та ін. зазначають, що VR-досвід може спричинити статистично значущі зрушення в установках і намірах туристичних подорожей через механізми присутності та емоційного залучення [5]. Дж. Бек та ін. акцентують у своїх дослідженнях, що VR/360°-контент найбільш результативний у поєднанні з чіткими маркетинговими цілями (бренд-позиціонування, стимулювання попиту, підтримка продажу), тоді як головними обмеженнями залишаються «ефект новизни», нерівномірність доступу до комп'ютерної техніки і складність коректної оцінки реальних поїздок та витрат [6].

Вітчизняні дослідники переважно зосереджуються на проблематиці цифровізації туризму та впровадження інноваційних інструментів просування DESTINATIONAMI і туристичних продуктів, де VR/AR та 3D-віртуальні тури розглядаються як перспективний канал презентації культурної спадщини й рекреаційних ресурсів, а також як інструмент формування попиту в контексті цифрових трендів розвитку туризму [7-11]. Окрему увагу в українській науковій літературі приділено ролі віртуальних екскурсій і 3D-турів як інноваційної форми туристичної діяльності на регіональному рівні, що дозволяє популяризувати локації та підвищувати їхню впізнаваність за умов обмежень мобільності [12; 13].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Проте, попри значний інтерес у наукових колах до даної проблематики, слід відзначити наявність певних питань, які потребують додаткових, більш ґрунтовних досліджень, зокрема, теоретико-методичних та прикладних аспектів використання 3D-технологій віртуальної реальності в туристичній сфері.

Формулювання цілей статті. Метою статті є теоретико-методичне обґрунтування використання 3D-технологій віртуальної реальності в процесі розвитку сучасного туризму та аналізі можливостей їх використання для створення цифрових туристичних продуктів, підвищення доступності туристичних DESTINATIONAMI.

Виклад основного матеріалу дослідження. На сучасному етапі розвитку економіки процеси виробництва та споживання неможливі без широкого використання інформаційних технологій, оскільки практично всі

сфери діяльності характеризуються зростаючими обсягами інформації та потребою в її оперативній обробці й інформаційному обслуговуванні. Інформаційні технології забезпечують можливість ефективного управління значними масивами даних із використанням обчислювальної техніки, що створює передумови для підвищення конкурентоспроможності суб'єктів господарювання незалежно від їхнього масштабу. Зокрема, навіть малі підприємства та туристичні агентства, за умови цілеспрямованого інвестування та раціонального використання цифрових інструментів, здатні успішно інтегруватися у високотехнологічні сегменти ринку. Інформаційні технології дедалі глибше проникають у всі сфери суспільного життя, трансформуючи традиційні моделі комунікації, споживання та надання послуг. У цьому контексті особливого значення набувають технології віртуальної реальності, які адаптуються до потреб цифрового туризму та ґрунтуються на відтворенні реального туристичного ландшафту. Метою використання віртуальної реальності у туризмі є моделювання та створення тривимірних віртуальних destinations, що дозволяють користувачам взаємодіяти з туристичними об'єктами у цифровому середовищі без фізичного переміщення.

Завдяки застосуванню 3D-візуалізації та інтерактивних середовищ віртуальні туристи отримують можливість перебувати у віртуальному просторі, досліджувати об'єкти та формувати попередній досвід подорожі. Технологія віртуальної реальності характеризується трьома базовими ознаками: ефектом занурення, інтерактивною взаємодією та формуванням уявного досвіду, що в сукупності забезпечує високий рівень залученості користувачів і розширює можливості її практичного застосування у сфері туризму [4-6].

3D-віртуальна реальність являє собою комплекс комп'ютерних технологій, сенсорних та вимірювальних систем, засобів математичного та графічного моделювання, мікроелектроніки й інших мультидисциплінарних високих технологій, інтегрованих у єдину функціональну систему. У контексті розвитку сучасного туризму ці технології формують основу для створення віртуальних туристичних destinations, які відтворюють просторові, візуальні та частково поведінкові характеристики реальних туристичних об'єктів. У віртуальному середовищі туристичні об'єкти, зокрема, музеї, історичні міста, архітектурні пам'ятки, природні ландшафти та

рекреаційні території, створюються шляхом комп'ютерного моделювання, що забезпечує їх цифрову реконструкцію, візуалізацію та інтерактивну доступність. Ключовим елементом цього процесу є 3D-моделювання віртуальних сцен, яке дозволяє відтворювати геометрію об'єктів, просторові пропорції, рельєф місцевості та особливості навколишнього середовища з високим рівнем достовірності. Не менш важливим складником створення туристичних VR-destinations є проектування інтерфейсу користувача, орієнтованого на 3D-поточкову взаємодію. Такий інтерфейс забезпечує можливість віртуальної навігації музеями, міськими просторами або природними об'єктами, інтерактивного огляду експозицій, ландшафтів і пам'яток, а також формування персоналізованих туристичних маршрутів у режимі реального часу. Це розширює доступ до туристичних ресурсів для осіб з обмеженою мобільністю, іноземних користувачів та потенційних туристів на етапі прийняття рішення про подорож.

Створення віртуальної реальності в туристичній сфері передбачає поєднання низки взаємопов'язаних технологічних етапів, серед яких базовими є [4; 5]:

- геометричне моделювання туристичних об'єктів і просторового середовища;
- формування та візуалізація тривимірного зображення, адаптованого до інтерактивного туристичного використання.

Використання 3D-віртуальної реальності у розвитку туризму створює передумови для цифрової репрезентації культурної та природної спадщини, підвищення туристичної привабливості destinations, а також формування інноваційних туристичних продуктів у межах концепції цифрового та сталого туризму. Геометричне моделювання є базовим елементом технологій віртуальної реальності та становить основу формування віртуального туристичного середовища. У межах VR-систем геометричне моделювання виступає об'єктом репрезентації просторової інформації, пов'язаної з конструюванням, описом і маніпулюванням даними за допомогою алгоритмів структурованого зберігання. Саме цей підхід забезпечує можливість цифрового відтворення туристичних об'єктів у форматі інтерактивних тривимірних destinations.

На рівні моделювання широко застосовується ієрархічна (деревоподібна) структура представлення компонентів об'єкта, яка забезпечує коректне відтворення складних рухів і взаємодій. Такий підхід особливо акту-

альний для моделювання динамічних елементів туристичних VR-сцен, наприклад, рухів віртуальних гідів, анімації відвідувачів музеїв або інтерактивних елементів експозицій.

Ієрархічна модель передбачає, що зміна положення об'єкта вищого рівня автоматично спричиняє трансформацію пов'язаних з ним об'єктів нижчого рівня, що забезпечує узгодженість і природність руху. З огляду на складність 3D-моделей туристичних об'єктів, їх повторне створення для кожного користувача є економічно та технічно недоцільним. Тому 3D-об'єкти, як правило, формуються одноразово розробником або власником цифрового контенту й зберігаються у відповідних сховищах. Доступ до таких об'єктів надається користувачам за запитом у режимі потокової передачі даних, що дозволяє масштабувати VR-дестинації та інтегрувати їх у цифрові туристичні платформи без втрати якості та продуктивності.

Віртуальна сцена, сформована на основі зображень, являє собою різновид просторової віртуальної реальності, у якій цифрове середовище відтворюється на основі фото- та відеоматеріалів реальних об'єктів. Такий віртуальний простір ґрунтується на дискретному безперервному відеозображенні, отриманому за допомогою фото- або відеокамер, що фіксують реальні туристичні локації. Відзнятий візуальний матеріал слугує основою для побудови панорамних або сферичних зображень, які надалі інтегруються у віртуальне середовище з можливістю навігації, огляду та взаємодії користувача з простором. Особливо актуально це для створення VR-дестинацій у сфері туризму, зокрема віртуальних музеїв, історичних центрів міст, об'єктів культурної спадщини та природних ландшафтів, де ключовим завданням є збереження автентичності середовища та візуальної достовірності. На відміну від повністю синтетичного 3D-моделювання, технології «image-based rendering» дозволяють відтворювати туристичні об'єкти з високим рівнем фотореалізму та значно скорочувати витрати на створення цифрового контенту.

Методи моделювання та рендерингу на основі зображень [1; 4; 6] охоплюють декілька технологічних підходів. Перший з них базується на використанні стереозображень, де шляхом поєднання зображень, знятих під різними кутами, формується стереоскопічний ефект просторового сприйняття сцени. Ключовим завданням цього підходу є встановлення відповідності між парами зображень

для коректного відтворення глибини простору, що має важливе значення при створенні віртуальних екскурсій історичними об'єктами або інтер'єрами музеїв.

Інший підхід ґрунтується на інтерполяції кутів огляду та деформації зображень. У цьому випадку нові візуальні перспективи генеруються шляхом математичної інтерполяції між наявними зображеннями, що дозволяє імітувати зміну позиції спостерігача. Такий метод широко застосовується у VR-прогулянках міськими просторами та природними ландшафтами. Метод, заснований на багатосторонньому представленні зображень, передбачає об'єднання великої кількості фрагментів в єдину панорамну сцену. Техніки мозаїчного зображення забезпечують стабілізацію панорам, підвищення роздільної здатності та оптимізацію обробки відеоданих, що є критично важливим для створення високоякісних туристичних VR-дестинацій із широким кутом огляду. Ієрархічне подання інформації використовується для опису складних сцен і динамічних елементів у VR-просторі. У цьому випадку відеоряд 3D-сцени поділяється на окремі рівні, кожен з яких відповідає за двовимірні зображення та їх трансформації. Це дозволяє ефективно моделювати рухи об'єктів і зміну перспективи, що актуально для інтерактивних VR-експозицій і віртуальних подій у туристичному середовищі.

Найбільш комплексним є метод, заснований на повній візуальній функції, який передбачає реконструкцію безперервної просторово-візуальної функції на основі дискретних зразків зображень. Отримана функція дає змогу відтворювати сцену з довільного кута огляду, що відкриває перспективи для створення високореалістичних віртуальних туристичних дестинацій із максимальною свободою навігації та занурення. Алгоритм застосування технології 3D-моделювання у віртуальній реальності доцільно представити у вигляді послідовності взаємопов'язаних етапів, що відображають логіку формування та функціонування віртуального середовища на основі VR-технологій (рис. 1) [1; 4; 6].

Застосування наведеного алгоритму дає змогу досягти підвищеного рівня реалістичності візуалізації об'єктів у режимі реального часу та забезпечити інтерактивну взаємодію користувача з віртуальним середовищем. Поєднання технологій віртуальної реальності з мережевими рішеннями створює передумови для організації повноцінних онлайн-



Рис. 1. Алгоритм застосування технології 3D-моделювання у віртуальній реальності

Джерело: сформовано авторами

віртуальних турів, доступних широкому колу користувачів незалежно від їхнього фізичного місцезнаходження. Віртуальний тур у цьому контексті слід розглядати як форму цифрового відтворення реального середовища із застосуванням VR-технологій, що передбачає моделювання простору, розроблення сценаріїв переміщення та забезпечення безперервного доступу до просторової й довідкової інформації. Користувач отримує можливість не лише спостерігати за віртуальною дестинацією, а й активно взаємодіяти з її елементами, що суттєво підвищує когнітивну та емоційну залученість у туристичний досвід.

Проектування віртуальних турів потребує залучення додаткових інформаційних ресурсів і цифрових платформ, здатних забезпечити інтеграцію просторових даних, мультимедійного контенту та актуальної довідкової інформації [1; 6; 10]. Так, сервіс Google Earth

надає широкі можливості для вибору маршрутів і зон огляду, навігації у 3D-просторі, а також формування інформаційної бази відповідно до цілей конкретного туристичного проєкту. Важливою перевагою є регулярне оновлення даних у режимі реального часу. Найпростішу технологічну схему створення віртуального туру із використанням програмних засобів Google Photo Sphere та Tourweaver можна подати у вигляді послідовності взаємопов'язаних етапів, представлених на рис. 2.

На сучасному етапі розвиток віртуального туризму здебільшого спирається на використання готових цифрових платформ, які забезпечують інструментарій для створення, візуалізації та поширення віртуальних турів. Такі платформи поєднують засоби обробки панорамних зображень, 3D-моделювання, інтерактивної навігації та мультимедійного напо-



Рис. 2. Технологічна схема створення віртуального туру із використанням Google Photo Sphere і Tourweaver

Джерело: сформовано авторами

внення, що істотно знижує бар'єри входу для суб'єктів туристичної діяльності.

Процес створення віртуального туру розпочинається з імпорту підготовлених 3D-панорам у спеціалізоване програмне середовище, де для кожної панорами здійснюється її опис, налаштування параметрів відображення та визначення початкової точки огляду. На наступному етапі окремі панорами об'єднуються між собою за допомогою інтерактивних переходів, що формує просторову логіку переміщення користувача у віртуальному середовищі. Після завершення налаштувань здійснюється фінальна генерація проєкту, у результаті якої формується окрема папка з файлами туру та пусковий файл для його запуску. Як правило, готовий продукт містить версії, адаптовані для різних середовищ відтворення, зокрема FLASH і HTML5, що забезпечує сумісність із сучасними веб-браузерами та мобільними пристроями. Створення повноцінного віртуального туру потребує застосування спеціалізованого про-

грамного забезпечення, призначеного для обробки панорамних зображень, їх поєднання в інтерактивний простір і формування кінцевого мультимедійного продукту. Найбільш поширеними програмними розробками, що використовуються для створення віртуальних турів у туристичній сфері, є VR Tour market, Tourweaver 7 (www.easypano.com), VRbrochure FX Virtual Tour Software, Virtual Tour Business Kit (<http://www.360dof.com/>).

Процес створення віртуального туру є багатоступеневим і потребує послідовного виконання низки організаційних та технологічних завдань. Насамперед здійснюється концептуальне проєктування, що передбачає розроблення загальної структури віртуального туру та логіки переміщення користувача у цифровому середовищі. На цьому етапі визначаються ключові точки зйомки панорам, які забезпечують репрезентативне та цілісне відтворення об'єкта або дестинації. Наступним кроком є панорамна фотозйомка, у ході якої формується необхідна кількість зобра-

жень відповідно до запроєктованої структури туру. На завершальному етапі окремі панорами об'єднуються в єдиний віртуальний простір за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.

Ключовим елементом будь-якого віртуального туру є панорамні зображення, які забезпечують просторову цілісність і ефект занурення у віртуальне середовище. Для їх формування можуть застосовуватися різні технології та технічні засоби, зокрема смартфони, планшети й цифрові фотоапарати.

Базовий комплект обладнання, необхідний для створення повноцінних 3D-панорам, включає:

- цифровий фотоапарат із відповідним об'єктивом;
- штатив для стабілізації зйомки;
- панорамну головку, що забезпечує коректне обертання камери навколо вузлової точки та мінімізує паралаксні спотворення.

Застосування зазначеного обладнання дозволяє отримувати високоточні панорамні зображення, які є основою для побудови якісних і функціонально повноцінних віртуальних туристичних турів. Панорамні зображення, що використовуються у віртуальних турах, поділяються на два основні типи: сферичні (еквідистантні) та кубічні. Найбільш поширеною і фізіологічно прийнятною для людського зору є сферична панорама, яка забезпечує цілісне сприйняття навколишнього простору.

Після завершення зйомки всіх необхідних кадрів наступним етапом є їх об'єднання в єдину панорамну композицію. Для цього застосовуються спеціалізовані програмні засоби для зшивання панорамних зображень, зокрема AutoRapo Pro та інші аналогічні рішення.

Для оптимізації процесу корекції доцільним є використання програмного забезпечення Rapo2VR, яке дозволяє працювати безпосередньо з готовою панорамою без необхідності повторного редагування окремих вихідних знімків. За допомогою Rapo2VR сферична панорама може бути трансформована у кубічну проекцію, що значно спрощує процес локальної ретуші. Після завершення корекції відредаговані елементи інтегруються назад у вихідну панораму з урахуванням просторових координат, після чого здійснюється повторний перерахунок панорамного зображення. Сформовані панорами надалі об'єднуються у віртуальний тур для чого використовуються спеціалізовані програмні комплекси, у яких попередньо проектується структура туру. Така структура забезпечує наочне відображення

взаємного розташування панорам і логіки переміщення користувача у віртуальному просторі. Після завантаження всіх панорам у проєкт вони розміщуються відповідно до заданої навігаційної схеми, що дозволяє сформувати цілісний інтерактивний VR-продукт.

Важливими при створенні VR-турів є питання фінансового забезпечення цього процесу. Слід зазначити, що на сьогодні практично відсутня інформація про специфіку ціноутворення в цій сфері. Зазвичай вартість 3D-турів позначається в точках зйомки або кількості фотосфер. З цих самих сфер, власне, і формується віртуальний тур. Потрапляючи з однієї панорами в іншу, ви можете «переміщатися» в просторі. Такий спосіб створення віртуального туру один з самих недорогих. Іншим підходом є вимірювання в квадратних метрах, що актуально при використанні технології Google Street View. Специфіка полягає в суворому регламентуванні відстані між фотосферами, для зйомки яких необхідно пройти весь шлях між об'єктами, який потім буде віртуалізовано. Як правило, кожна точка зйомки має охоплювати 10-20 м², залежно від типу приміщення. Тому 3D-тури по технології Google Street View найдорожчі з розрахунку за точку зйомки.

В цілому, слід зазначити, що ціноутворення у сфері VR-туризму доцільно розглядати не ізольовано, а в контексті мультиплікативного ефекту, який охоплює маркетинг, інклюзивність, доступність і сталий розвиток туристичних дестинацій. Такий підхід дозволяє розглядати витрати на створення віртуальних турів не лише як технологічні, а й як стратегічні інвестиції. Формування вартості за кількістю точок зйомки або за площею об'єкта забезпечує масштабованість проєктів і дає змогу адаптувати їх до фінансових можливостей різних суб'єктів туристичної діяльності від локальних музеїв і громад до національних туристичних платформ.

VR-тури виступають інструментом підвищення впізнаваності дестинацій і зниження інформаційної асиметрії між туристом і об'єктом відвідування. Відносно доступна вартість панорамних рішень, у порівнянні з повноцінним 3D-моделюванням, дозволяє включати VR-контент до цифрових кампаній просування, збільшуючи конверсію за рахунок ефекту «попереднього досвіду» та формування довіри до туристичного продукту ще на етапі прийняття рішення.

Важливим в сучасних умовах є створення віртуальних турів з точки зору забезпечення

доступності та інклюзивності туристичних дестинацій. Економічно оптимізовані VR-тури створюють нові можливості залучення груп населення, які мають обмежений фізичний доступ до туристичних ресурсів. У цьому контексті витрати на створення віртуальних турів набувають соціального ефекту, оскільки дозволяють забезпечити рівний доступ до культурної спадщини, природних об'єктів і туристичних дестинацій незалежно від географічних чи фізичних бар'єрів. Крім того, VR-технології сприяють зниженню антропогенного навантаження на популярні туристичні об'єкти та природні території. Часткова заміна фізичних візитів віртуальними або використання VR-турів як інструменту попереднього відбору маршрутів дозволяє оптимізувати туристичні потоки, скоротити транспортні викиди та зменшити деградацію вразливих екосистем. У цьому сенсі навіть відносно високі витрати на розробку VR-контенту можуть бути економічно виправданими з урахуванням довгострокових екологічних і соціальних переваг.

Висновки. Використання 3D-технологій віртуальної реальності є важливим чинником цифрової трансформації туристичної галузі. Віртуальні тури формують новий тип туристичного продукту, який поєднує інтерактивність, просторову візуалізацію та інформа-

ційну насиченість, забезпечуючи якісно інший рівень взаємодії споживача з туристичною дестинацією. VR-тури, створені на основі сучасних технологій 3D-моделювання, здатні забезпечити високий рівень реалістичності, інтерактивності та масштабованості туристичного продукту. Економічна доцільність впровадження VR-технологій у туризмі полягає не лише у прямому комерційному ефекті, а й у їх здатності посилювати маркетингову привабливість дестинацій, розширювати доступ до туристичних ресурсів, сприяти соціальній інклюзії та підтримувати принципи сталого розвитку. Сучасні моделі ціноутворення на 3D-тури є гнучкими та дозволяють адаптувати цифрові туристичні продукти до потреб різних сегментів ринку. Систематизація технологічних підходів до створення VR-контенту та аналіз моделей його ціноутворення дозволили виявити потенціал віртуальних дестинацій як інструменту стратегічного розвитку туризму в умовах цифровізації.

Отримані висновки формують теоретико-методичне підґрунтя для подальших досліджень у напрямі оцінювання впливу VR-технологій на поведінку туристів, трансформацію туристичних потоків та інтеграцію віртуальних турів у регіональні й національні стратегії розвитку туристичної галузі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Buhalis D., Karatay N. Mixed reality (MR) for generation Z in cultural heritage tourism towards Metaverse. *Information and communication technologies in tourism 2022: proceedings of the ENTER 2022 eTourism Conference (January 11–14, 2022)*. Cham: Springer, 2022. P. 16–27. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-94751-4_2.
2. Li Y., Liang J., Huang J., Yang M., Li R., Bai H. Would you accept virtual tourism? The impact of COVID-19 risk perception on technology acceptance from a comparative perspective. *Sustainability*. 2022. Vol. 14. DOI: <https://doi.org/10.3390/su141912693>.
3. Yuan A., Hong J. Impacts of virtual reality on tourism experience and behavioral intentions: moderating role of novelty seeking. *Journal of Hospitality & Tourism Research*. 2023. № 48(6). P. 1067–1080 DOI: <https://doi.org/10.1177/10963480231171301>.
4. Guttentag D. A. Virtual reality: applications and implications for tourism. *Tourism Management*. 2010. Vol. 31, № 5. P. 637–651. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2009.07.003>.
5. Tussyadiah I. P., Wang D., Jung T. H., tom Dieck M. C. Virtual reality, presence, and attitude change: empirical evidence from tourism. *Tourism Management*. 2018. Vol. 66. P. 140–154. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2017.12.003>.
6. Beck J., Rainoldi M., Egger R. Virtual reality in tourism: a state-of-the-art review. *Tourism Review*. 2019. Vol. 74, № 3. P. 586–612. DOI: <https://doi.org/10.1108/TR-03-2017-0049>.
7. Шевелюк М. М. Цифровізація у сфері туризму: інноваційні тренди і пріоритетні напрями розвитку. *Питання культурології*. 2021. № 38. С. 226–235. DOI: <https://doi.org/10.31866/2410-1311.38.2021.245956>.
8. Chernegha, O., Tkachenko, T., Hladkyi, O., Bilyk, V. & Lositska, T. Digitalization as a reputation management tool for tourist destination. *Financial and credit activity problems of theory and practice*. 2022. № 1. P. 371–383. DOI: <https://doi.org/10.55643/fcaptp.1.42.2022.3649>.
9. Ivchenko L., Pohuda N., Sushchenko O. The role of internet resources and social media in the strategic development of tourism. *Business Management*. 2023. № 4. P. 80–101.

10. Сущенко О.А., Кравченко В.В. Становлення віртуального туризму як напрямку розвитку інформатизації діяльності туристичного підприємства. *Комунальне господарство міст*. 2018. № 140. С. 19-24. <https://khgts.kname.edu.ua/index.php/khgts/article/view/5137>
11. Манзюк В. В., Заборовський В. В., Копча І. М. Технології віртуальної реальності у сфері туризму. *Вісник Ужгородського національного університету*. 2024. Том 1. № 82. С. 388–394. DOI: <https://doi.org/10.24144/2307-3322.2024.82.1.62>
12. Лисюк, Т., Терещук, О., Білецький, Ю. Віртуальні екскурсії – інноваційний напрям у туристичній діяльності Волині. *Економіка та суспільство*. 2023. № 53. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-53-44>.
13. Марусей Т. Віртуальна екскурсія як напрямок розвитку сучасного туризму. *Економіка та суспільство*. 2021. № 26. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-26-75>.
14. Petrova M., Aleksandrov M. Automating the virtual hosts maintenance in a multi-site environment. *Proceedings of the International Congress on Business and Marketing (ICBM'18)*. Istanbul : Maltepe University, 2018. P. 392–404. ISBN 978-605-2124-09-03.
15. Beck J., Egger R. Emotionalise Me: Self-reporting and arousal measurements in virtual tourism environments. *Information and Communication Technologies in Tourism, 2018: proceedings*. Springer International Publishing, 2018. P. 3–15. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-72923-7_1
16. Szeliski R. Image alignment and stitching: a tutorial. *Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision*. 2007. Vol. 2, № 1. P. 1–104. DOI: <https://doi.org/10.1561/0600000009>.

REFERENCES:

1. Buhalis, D., & Karatay, N. (2022). Mixed reality (MR) for Generation Z in cultural heritage tourism towards the Metaverse. In J. L. Stienmetz, B. Ferrer-Rosell, & D. Massimo (Eds.), *Information and communication technologies in tourism 2022: Proceedings of the ENTER 2022 eTourism Conference* (pp. 16–27). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94751-4_2
2. Li, Y., Liang, J., Huang, J., Yang, M., Li, R., & Bai, H. (2022). Would you accept virtual tourism? The impact of COVID-19 risk perception on technology acceptance from a comparative perspective. *Sustainability*, 14, Article 12693. <https://doi.org/10.3390/su141912693>
3. Yuan, A., & Hong, J. (2023). Impacts of virtual reality on tourism experience and behavioral intentions: Moderating role of novelty seeking. *Journal of Hospitality & Tourism Research*. 48(6), 1067-1080. <https://doi.org/10.1177/10963480231171301>
4. Guttentag, D. A. (2010). Virtual reality: Applications and implications for tourism. *Tourism Management*, 31(5), 637–651. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2009.07.003>
5. Tussyadiah, I. P., Wang, D., Jung, T. H., & tom Dieck, M. C. (2018). Virtual reality, presence, and attitude change: Empirical evidence from tourism. *Tourism Management*, 66, 140–154. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2017.12.003>
6. Beck, J., Rainoldi, M., & Egger, R. (2019). Virtual reality in tourism: A state-of-the-art review. *Tourism Review*, 74(3), 586–612. <https://doi.org/10.1108/TR-03-2017-0049>
7. Sheveliuk, M. M. (2021). Tsyfrovizatsiia u sferi turyzmu: Innovatsiini trendy i priorytetni napriamy rozvytku [Digitalization in tourism: Innovative trends and priority development directions]. *Pytannia kulturolohii*, 38, 226–235. <https://doi.org/10.31866/2410-1311.38.2021.245956> [in Ukrainian]
8. Chernenha, O., Tkachenko, T., Hladkyi, O., Bilyk, V., & Losytska, T. (2022). Digitalization as a reputation management tool for a tourist destination. *Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice*, 1(42), 371–383. <https://doi.org/10.55643/fcactp.1.42.2022.3649>
9. Ivchenko, L., Pohuda, N., & Sushchenko, O. (2023). The role of internet resources and social media in the strategic development of tourism. *Business Management*, 4, 80–101.
10. Sushchenko, O. A., & Kravchenko, V. V. (2018). Stanovlennia virtualnoho turyzmu yak napriamu rozvytku informatyzatsii diialnosti turystrychnoho pidpriemstva [Formation of virtual tourism as a direction of informatization of tourism enterprise activity]. *Komunalne hospodarstvo mist*, 140, 19–24. <https://khgts.kname.edu.ua/index.php/khgts/article/view/5137> [in Ukrainian]
11. Manziuk, V. V., Zaborovskiy, V. V., & Kopcha, I. M. (2024). Tekhnolohii virtualnoi realnosti u sferi turyzmu [Virtual reality technologies in tourism]. *Visnyk Uzhhorodskoho natsionalnoho universytetu*, 1, 82, 388–394. <https://doi.org/10.24144/2307-3322.2024.82.1.62> [in Ukrainian]
12. Lysiuk, T., Tereshchuk, O., & Biletskyi, Yu. (2023). Virtualni ekskursii – innovatsiinyi napriam u turystrychnii diialnosti Volyni [Virtual excursions as an innovative direction of tourism activity in Volyn]. *Ekonomika ta suspilstvo*, 53. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-53-44> [in Ukrainian]

13. Marusei, T. (2021). Virtualna ekskursiia yak napriamok rozvytku suchasnoho turyzmu [Virtual excursion as a direction of modern tourism development]. *Ekonomika ta suspilstvo*, 26. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-26-75> [in Ukrainian]
14. Petrova, M., & Aleksandrov, M. (2018). Automating the virtual hosts maintenance in a multi-site environment. In *Proceedings of the International Congress on Business and Marketing (ICBM'18)* (pp. 392–404). Maltepe University.
15. Beck, J., Egger, R. (2018). Emotionalise Me: Self-reporting and Arousal Measurements in Virtual Tourism Environments. In: Stangl, B., Pesonen, J. (eds) *Information and Communication Technologies in Tourism 2018*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-72923-7_1
16. Szeliski, R. (2007). Image alignment and stitching: A tutorial. *Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision*, 2(1), 1–104. <https://doi.org/10.1561/0600000009>

Дата надходження статті: 03.12.2025

Дата прийняття статті: 15.12.2025

Дата публікації статті: 29.12.2025