



П. П. Федорка¹, В. І. Кут¹, Н. Е. Кунанець², С. С. Хрущ³

¹ Ужгородський національний університет, м. Ужгород, Україна

² Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна

³ Київський національний університет культури та мистецтв, м. Київ, Україна

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБЛЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОБРАННЯ БЕЗПЕЧНИХ ТУРИСТИЧНИХ МАРШРУТІВ ЗА УМОВИ КАРАНТИНУ

Проаналізовано особливості побудови моделі формування безпечних туристичних маршрутів для розроблення рекомендаційної системи обрання маршрутів за умови карантину. Сформульовано первинні та вторинні вимоги до побудови такої системи. З'ясовано, що серед основних вимог важливу роль відіграє інтерактивність маршрутів, яка дає користувачам можливість взаємодіяти з обраним маршрутом, додавати точки інтересу, залишати відгуки, відзначати відвідані локації, а також здійснювати моніторинг скупчення людей, який забезпечує мобільне його зондування, щоб визначити кількість людей на певних локаціях і рекомендовані шляхи для уникнення скупчення людей. Встановлено, що такий підхід ґрунтується на розробленій моделі безпечних маршрутів за умови карантину, особливості реалізації якої проаналізовано у статті. Визначено, що ця модель дає змогу зберігати й аналізувати дані про рух користувачів у просторі та часі. Досліджено, що кожен користувач матиме свою власну послідовність місцезнаходжень, що дасть змогу аналізувати їхні рухи та взаємодію з об'єктами інтересу в розумному регіоні. Встановлено, що цю модель можна розширити для внесення додаткової інформації, такої як швидкість руху, категорії відвіданих об'єктів і т.д., залежно від конкретних потреб аналізу руху користувачів. З'ясовано, що модель для опису мобільного зондування скупчення людей із координатними точками у реальному часі можна побудувати з використанням послідовності точок, де кожна точка належить вектору координат і часовій мітці. Визначено, що використовуючи методи оптимізації, такі як генетичні алгоритми, можна побудувати маршрут, який дасть змогу користувачеві уникнути найбільш навантажених місць у певний час. Дані мобільного зондування місцевості представлені як послідовність координатних точок. Запропонована рекомендаційна система дасть змогу розвиватися туристичній галузі за будь-яких умов, при цьому її функціонал можна вдосконалювати та орієнтувати на виконання інших завдань рекомендаційного характеру завдяки відкритості та кросплатформності.

Ключові слова: розумний регіон; рекомендаційна система; математична модель; туристична галузь.

Вступ / Introduction

За останні роки через пандемію загальмувався розвиток туристичної галузі. Для відновлення її успішного функціонування виникла потреба прокладання безпечних туристичних маршрутів для обмеження безпосередньої комунікації та уникнення інфікування. Для виконання такого завдання постає нагальна потреба у розробленні і рекомендаційної системи, яка формувала б маршрути з дотриманням соціальної дистанції.

Об'єкт дослідження – рекомендаційна система для прокладання безпечних туристичних маршрутів за умови пандемії.

Предмет дослідження – методи та засоби побудови рекомендаційної системи формування безпечних маршрутів за умови карантину.

шрутів за умови карантину.

Мета роботи – проаналізувати особливості побудови рекомендаційної системи для прокладання туристичних маршрутів, основою якої має бути модель формування безпечних маршрутів за умови карантину.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження:

- проаналізувати особливості побудови рекомендаційної системи формування безпечних туристичних маршрутів за умови карантину;
- визначити методи та засоби розроблення рекомендаційної системи прокладання туристичних маршрутів за умови карантину.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Розвиток туристичної галузі розумного регіону потребує

Інформація про авторів:

Федорка Павло Павлович, асистент, кафедра програмного забезпечення систем.

Email: pavlo.fedoraka@uzhnu.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0002-9242-5588>

Кут Василь Іванович, канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри інформатики та фізико-математичних дисциплін.

Email: vasilij.kut@uzhnu.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0001-5267-331X>

Кунанець Наталія Едуардівна, д-р наук із соц. комунікацій, професор, кафедра інформаційних систем і мереж.

Email: nek.lviv@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-3007-2462>

Хрущ Світлана Сергіївна, канд. наук із соц. комунікацій, ст. викладач, кафедра комп'ютерних наук.

Email: svektor.ua@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-9349-7762>

Цитування за ДСТУ: Федорка П. П., Кут В. І., Кунанець Н. Е., Хрущ С. С. Особливості розроблення рекомендаційної системи обрання безпечних туристичних маршрутів за умови карантину. Науковий вісник НЛТУ України. 2023, т. 33, № 6. С. 76–84.

Citation APA: Fedorka, P. P., Kut, V. I., Kunanets, N. E., & Khrushch, S. S. (2023). Features of the development of a recommendation system for choosing safe tourist routes under quarantine conditions. *Scientific Bulletin of UNFU*, 33(6), 76–84.

<https://doi.org/10.36930/40330610>

створення та імплементації різноманітних інформаційних систем. Найчастіше у туристичній галузі використовують інформаційні системи бронювання, які сприяють можливості замовити "проживання в готелі, оренду автомобіля, замовити круїзну поїздку, отримати інформацію про місце перебування, курси валют, погодні умови, автобусне та залізничне сполучення" [7]. На ринку є достатньо пропозицій інформаційних систем управління туристичним підприємством з різними конфігураціями, але схожим функціоналом, з використанням різних інформаційних технологій [18]. Практично всі вони взаємодіють з веб-сайтом, через який встановлюється зв'язок із базами даних, присутніми в інтернет-мережі. Розробники орієнтують їх діяльність на середні туристичні агентства [18].

Застосування різних інформаційних рішень у туристичній галузі спрямоване насамперед на підвищення якості обслуговування клієнтів [6]. Такі програми забезпечують складання та розроблення довідкових баз з різними даними (клієнтів, партнерів, готелів, ресторанів, транспорту), а також відповідають за стан і облік платежів, приймання замовлень та їх опрацювання, роботу з клієнтами, формування внутрішнього документообігу та бухгалтерії, аналіз отриманих даних і створення звітів тощо. У роботі [10] відзначено, що "розроблення програми туру – це складний процес", ефективно вирішення якого здійснюється з використанням інформаційно-пошукових систем, якими можуть послуговуватись туристи та співробітники туристичного бізнесу. Дослідники переконують [8], що у туристичних компаній України найпоширенішими є такі застосунки, як Amadeus і Sabre, що дають змогу максимально ефективно використовувати їх для роботи на європейському та американському туристичних ринках.

Результати дослідження [3] показали, як розвиток Інтернету істотно змінив ринкові умови туристичних організацій, що використовують нові інструменти управління туризмом. Це дає змогу взаємодіяти між туристичними організаціями та користувачами і, як наслідок, змінює весь процес розвитку туризму. Еволюція інформаційних систем туристичної галузі через злиття та поглинання різними розробниками, докладно розглядають проблеми таких систем від авіакомпаній до бронювання у готельній індустрії [12]. У роботі [21] розглянуто структуру сучасної системи інформаційних технологій, що використовується в туристичній індустрії. Наголошено, що використання інформаційних технологій у кожному окремому сегменті індустрії туризму, наприклад у готелях, бронюванні квитків, створенні спеціалізованих туристичних продуктів, взаємопов'язане з усіма іншими галузями. Автори відзначають, що на цей час існує велика різноманітність систем бронювання для туроператорів і кілька типових підходів до побудови системи бронювання для туроператорської компанії.

Розвиток туризму найближчими роками принесе як можливості, так і проблеми на ринки, особливо у внутрішньому та зовнішньому обміні інформацією в галузі. Інформаційні технології на підтримку індустрії туризму охоплюють не тільки технології для комунікації, але і маркетинг туристичних послуг і варіюються від використання Інтернету для надання інформації до нових моделей прийняття туристичних рішень та інвестицій [16].

Автори роботи [1] відзначають, що рекомендаційні системи широко використовувалися як засіб ущільнен-

ня інформації, пропонування конкретних рекомендацій туристам відповідно до їх запитів. Нові мобільні рекомендаційні системи адаптовані до потреб користувачів і рекомендують мультимедійний контент, контекстно залежні послуги тощо. Нові розробки в галузях мобільних застосунків, бездротових мереж, веб-технологій і соціальних мереж сприяють можливості надати дуже точні та ефективні туристичні рекомендації, ґрунтуючись на особистих уподобаннях користувача, соціальних і екологічних контекстуальних параметрах. У дослідженні наведено проведено класифікацію рекомендаційних систем для туристичної галузі та на основі системного підходу проаналізовано сучасний стан їх використання та послуги, що надаються. Автори в роботі [11] зосереджуються на аналізі функціоналу рекомендаційної системи для туристичної галузі та конкретних вимогах до неї. У статті проаналізовано новий підхід до створення рекомендаційних систем, який спрямований на усунення конкретних обмежень із застосування домену, та створення рекомендацій, які релевантні потребам туристів. При цьому проілюстровано запропонований підхід до рекомендації на конкретному прикладі та здійснено порівняння підходу з іншими з використанням методу найближчого сусіда.

Розроблювана рекомендаційна система [15] заснована на контент-орієнтованій фільтрації. Кожен користувач зіставляється з тим контентом, які йому подобалися та були обрані для вивчення. Мета контент-орієнтованих методів – створити "профіль" для кожного користувача і кожного твору. Найважливішу роль відіграють атрибути об'єктів (метадані), що використовуються для побудови списку рекомендацій. Окрім цього, можливо витягувати такі характеристики, як оцінювання настроїв й оцінювання TF-IDF з описів об'єктів. Для рекомендаційної системи це означає необхідність отримання та розмітки певної кількості описів для створення моделі аналізу, яка потім буде використовуватися для нових описів і визначати, чи рекомендувати той чи інший об'єкт. Дані, що використовуються для навчання моделі, повинні бути повними та коректними. Якщо немає потрібної кількості таких даних, вирішується задача кластеризації. Проведений аналіз дає змогу стверджувати про відсутність систем аналогів.

Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

Вимоги до рекомендаційної системи. За умови пандемії під час організації туристичних маршрутів потрібно уникати скупчень людей. Сучасний стан розвитку прогресу мобільних пристроїв дає змогу отримувати в режимі реального часу всі види чутливих до дачивів даних збирачу даних через різні бездротові мережі. Такий підхід дає можливість їх використовувати для формування туристичних маршрутів, що дають змогу уникати скупчення людей.

Під час дослідження проведено проектування мобільної рекомендаційної системи для інтелектуальної навігації туристів у зонах високої урбанізації за умови карантинних обмежень та соціального дистанціювання. Поєднання її алгоритмів із функціональністю смартфонів і інших персоналізованих гаджетів стало технологічною основою для створення мобільної рекомендаційної системи, яка допоможе мешканцям та гостям міста дотримуватися соціального дистанціювання та уникати скупчень людей.

Отже, можна сформулювати вимоги до рекомендаційної системи, яка має прокладати безпечний пішохідний маршрут під час пандемії. При цьому має бути врахована необхідність проводити мобільне зондування скупчення людей, дотримуватись підходу із запобіганням такої ситуації, використати механізм, щоб якомога точніше визначати не тільки місцезнаходження людини, а й траєкторію її руху. Наступним завданням в організації безпечного пересування є точне та повне визначення "вузьких місць", де найчастіше або найімовірніше утворюється скупчення людей. Під час аналізу просторово-часової поведінки людей виділити додаткові зони скупчення людей. Зокрема ті, де скупчення людей виникає тільки в певні піки часу або за певних обставин. Сформулювати рекомендації щодо безпечних маршрутів, послуговуючись багатокритеріальною оцінкою контексту для навігації в режимі реального часу з дотриманням соціального дистанціювання.

Створення рекомендаційної системи для організації туристичних маршрутів за умови карантину з урахуванням необхідності уникнення скупчення людей та використання методу мобільного зондування скупчення людей передбачає такі вимоги:

- 1) *Реєстрація та авторизація користувачів.* Система повинна забезпечувати можливість реєстрації користувачів і авторизацію. При цьому враховуємо додаткові обмеження та права доступу за умови пандемії.
- 2) *Вибір та створення маршрутів.* Система має надавати змогу вибору та створення туристичних маршрутів. Маршрути повинні бути адаптовані до умов пандемії, включаючи уникнення скупчення людей та визначення рекомендованих маршрутів.
- 3) *Інтерактивність маршрутів.* Користувачі повинні мати можливість взаємодіяти з обраним маршрутом, додавати точки інтересу, залишати відгуки, відзначати відвідані локації.
- 4) *Моніторинг скупчення людей.* Мобільне зондування скупчення людей повинно бути вбудовано в систему, щоб визначати кількість людей на певних локаціях і рекомендовані шляхи для уникнення скупчення людей. Такий підхід ґрунтується на розробленій моделі безпечних маршрутів за умови карантину.
- 5) *Попередження та рекомендації.* Система повинна надавати користувачам інформацію щодо попередження пандемії та дотримання соціальної дистанції. Рекомендації щодо безпеки та правил відвідування місць повинні бути доступні користувачам.
- 6) *Адаптивність маршрутів.* Система повинна автоматично адаптувати маршрути в разі зміни умов або обмежень, пов'язаних з пандемією.
- 7) *Збір та аналіз даних.* Система повинна збирати дані щодо користувачів і їхньої активності, а також дані з мобільного зондування скупчення людей для подальшого аналізу та вдосконалення сервісу.
- 8) *Мобільний додаток.* Система має бути доступна як мобільний додаток для користувачів, що дасть змогу отримувати актуальну інформацію та рекомендації під час подорожей.
- 9) *Захист та конфіденційність.* Забезпечення захисту особистих даних користувачів і анонімізації даних мобільного зондування скупчення людей є обов'язковим.
- 10) *Підтримка та оновлення.* Система повинна мати підтримку та можливість оновлення для надання користувачам актуальної інформації та функціоналу.

Ці вимоги допоможуть створити інформаційну систему, яка сприятиме організувати безпечні туристичні маршрути за умови пандемії з урахуванням уникнення скупчення людей за допомогою методу мобільного зондування.

Сформульовані вимоги вводяться як вхідні дані в розроблену рекомендаційну систему. Для створення цієї рекомендаційної системи доцільно використовувати хмарні технології, зокрема їх реалізації Google, ґрунтуючись на тому, що використання хмарних технологій має безліч переваг для побудови цієї рекомендаційної системи, особливо для управління туристичними маршрутами за умови пандемії та зондування скупчення людей:

- 1) *Масштабованість.* Хмарні платформи дають змогу розширювати обчислювальні та обсягові ресурси залежно від потреби. Надається доступ до потрібної кількості ресурсів, що дає змогу підтримувати високу продуктивність та ефективність системи, навіть під час навантаження та зберігання особистих даних.
- 2) *Гнучкість.* Завдяки хмарним рішенням можливо легко змінювати конфігурацію і масштаб системи, додавати новий функціонал і розширювати її можливості при отриманні нових вхідних даних щодо маршруту.
- 3) *Доступність.* Хмарні платформи зазвичай мають географічно розподілені центри опрацювання даних, що забезпечує високий рівень доступності та надійності. Це особливо важливо для управління туристичними маршрутами, де доступність даних є критичною.
- 4) *Зменшення витрат.* Використання хмарних технологій дає змогу зменшити витрати на придбання, налаштування та підтримку інфраструктури, оскільки всі ці особливості покладаються на хмарного постачальника.
- 5) *Безпека.* Багато хмарних постачальників вкладають значні ресурси у забезпечення кібербезпеки своїх систем. Вони надають інструменти для забезпечення безпеки даних і доступу до них, що особливо важливо для зберігання та опрацювання особистих даних користувачів.
- 6) *Резервне копіювання та відновлення.* Хмарні платформи зазвичай автоматично забезпечують можливість резервного копіювання даних і відновлення в разі збоїв або втрати даних.
- 7) *Працездатність віддалено.* Умови пандемії можуть вимагати від співробітників і адміністраторів працювати віддалено. Хмарні технології спростують доступ до системи з будь-якого місця, забезпечуючи працездатність за умови віддаленої роботи.
- 8) *Швидкість розгортання.* Створення та розгортання нових елементів системи може бути значно швидшим завдяки хмарним сервісам.

За допомогою хмарних технологій інформаційна система для управління туристичними маршрутами за умови пандемії може бути більш масштабованою, доступною та гнучкою, що дає змогу ефективно вирішувати завдання уникнення скупчення людей та оптимізації маршрутів за умови пандемії.

Побудова моделі формування безпечних маршрутів за умови карантину. Формалізовано описати цю задачу можна в такий спосіб:

- 1) *Визначення місця (локації) та об'єктів інтересу.* Місця (локації) та об'єкти інтересу можна представити як множину координатних точок у просторі.
- 2) *Визначення руху користувачів.* Рух користувачів можна описати як послідовність координатних точок у часі. Для кожного користувача визначаються його рух та шляхи, які він подолав.
- 3) *Мобільне зондування скупчення людей.* Мобільне зондування скупчення людей передбачає збір даних про розташування користувачів у реальному часі. Ці дані також можуть бути представлені у вигляді послідовності координат.
- 4) *Збір та аналіз даних.* Дані про рух користувачів і результати мобільного зондування скупчення людей мо-

жуть бути оброблені та аналізовані для визначення патернів, руху скупчення людей та об'єктів інтересу.

- 5) *Алгоритми уникнення* скупчення людей. Розробляються математичні алгоритми для визначення рекомендованих маршрутів і інших дій користувачів для уникнення скупчення людей.
- 6) *Попередження та рекомендації*. Базуючись на аналізі даних і алгоритмах уникнення скупчення людей, генерують рекомендації та попередження для користувачів.
- 7) *Захист та конфіденційність*. Забезпечення захисту особистих даних користувачів і конфіденційності даних мобільного зондування скупчення людей зазвичай містить в себе криптографічні та захисні методи.
- 8) *Підтримка та оновлення*. Описує процес підтримки системи та можливість оновлення для вдосконалення функціоналу.

Формалізований метод полягає в аналізі руху та розташування користувачів, зборі та опрацюванні даних, розробленні алгоритмів уникнення скупчення людей, інформуванні та рекомендаціях для користувачів. Такий метод може охоплювати математичні моделі руху, статистичний аналіз даних і оптимізаційні методи для планування маршрутів і уникнення скупчення людей. Місця (локації) та об'єкти інтересу можна подати як множину координатних точок у просторі. Модель обрання місця може бути представлена так:

Місця (локації). Нехай L – множина всіх місць (локацій). Кожне місце може бути описане двома або трьома координатами у просторі, наприклад, широтою (latitude), довготою (longitude) та, можливо, висотою (altitude). Координати можна представити як вектори:

Місце $L_i = [широта_i, довгота_i, висота_i]$.

Об'єкти інтересу: нехай O – множина всіх об'єктів інтересу. Тут також кожен об'єкт інтересу можна описати як координати в просторі:

Об'єкт інтересу $O_j = [широта_j, довгота_j, висота_j]$.

Отже, місця і об'єкти інтересу можна математично представити за допомогою векторів або кортежів координат у тривимірному просторі.

У межах аналізу руху та взаємодії з користувачами такі координати можна використовувати для визначення розташування користувачів і їхнього спілкування з об'єктами інтересу. Модель для опису руху користувачів із координатними точками у часі можна побудувати з використанням послідовності точок, де кожна точка представлена вектором координат і додатковою інформацією про час. Для спрощення, таку модель місцезнаходження користувача U в певний момент часу t буде представлено у вигляді вектора координат:

Місце $U(t) = [широта(t), довгота(t), висота(t)]$.

Рух користувача може бути описаний як послідовність місцезнаходжень користувача у різні моменти часу:

Рух користувача $U = [U(t_1), U(t_2), U(t_3), \dots]$

Шляхи користувача від точки до точки можуть бути визначені як різниці між сусідніми координатами у послідовності руху:

Шляхи користувача $P = [U(t_2) - U(t_1), U(t_3) - U(t_2), \dots]$

Ця модель дає змогу зберігати й аналізувати дані про рух користувачів у просторі та часі. Кожен користувач матиме свою власну послідовність місцезнаходжень, що дасть змогу аналізувати їхні рухи та взаємодію з об'єктами інтересу в розумному регіоні. Цю модель можна розширити для внесення додаткової інформації, такої як швидкість руху, категорії відвіданих

об'єктів і т.ін., залежно від конкретних потреб аналізу руху користувачів. Модель для опису мобільного зондування скупчення людей із координатними точками у реальному часі можна побудувати з використанням послідовності точок, де кожна точка представлена вектором координат і часовою міткою.

Для опису такої моделі місцезнаходження користувача U в певний момент часу t буде представлено у вигляді вектора координат:

Місце $U(t) = [широта(t), довгота(t), висота(t)]$.

Додатково кожна точка буде мати часову позначку: час t .

Дані про мобільне зондування можна подати як послідовність точок:

Дані мобільного зондування $M = [(U_1, t_1), (U_2, t_2), (U_3, t_3), \dots]$

Дані мобільного зондування M будуть представлені як послідовність координатних точок у разі часу. Ця модель дає змогу збирати дані про розташування користувачів в реальному часі та використовувати їх для аналізу та ухвалення рішень у контексті розумного регіону. Мобільне зондування скупчення людей використовує різноманітні методи для збирання та аналізу даних про рух та місцезнаходження користувачів. Ось деякі з найпоширеніших методів:

- 1) *Системи GPS*. Використовує супутниковий сигнал для визначення місцезнаходження користувачів у відкритих просторах з високою точністю.
- 2) *Мережа мобільного зв'язку*. Базові станції мобільних операторів можуть визначати наближене місцезнаходження користувачів через сигнали їхніх пристроїв.
- 3) *Wi-Fi позиціонування*. Використовує доступні Wi-Fi мережі для визначення місцезнаходження користувачів. Вимагає великої кількості точок доступу для високої точності.
- 4) *Bluetooth та iBeacon*. Можна використовувати для визначення місцезнаходження в закритих приміщеннях або обмежених зонах.
- 5) *Аналіз сигналу мобільного зв'язку та Wi-Fi*. Визначає місцезнаходження на основі сигналів від різних мереж і станцій.
- 6) *Сенсори в мобільних пристроях*. Вбудовані акселерометри, гіроскопи, давачі освітлення тощо можуть слугувати для визначення руху та місцезнаходження.
- 7) *Зондування скупчення людей через додатки*. Додатки на смартфонах можуть збирати дані про місцезнаходження користувачів і надсилати їх на сервери.
- 8) *Камери та відеоспостереження*. Відеокамери та системи відеоспостереження можуть визначати місцезнаходження на основі візуального аналізу.
- 9) *Методи глибинного навчання*. Використовує нейронні мережі та аналіз зображень для визначення місцезнаходження на основі фото- та відеоданих.

Вибір методу залежить від конкретних вимог, середовища та цілей зондування скупчення людей. Комбінація різних методів може забезпечити більш точну та надійну інформацію про місцезнаходження користувачів.

Розглянемо метод роботи інформаційної системи з використанням зондування скупчення людей через додатки на смартфонах, яка може бути описана формально в такий спосіб. Нехай: X – множина користувачів; T – множина моментів часу; $L(x, t)$ – функція, яка визначає місцезнаходження користувача x в момент часу t .

Дані, зібрані додатком на смартфоні, є послідовністю даних про місцезнаходження користувачів упродовж певного часу:

$$D = \left\{ \frac{(x, t, L(x, t))}{x} \in X, t \in T \right\},$$

де D – множина даних про місцезнаходження користувачів, яка містить інформацію про користувачів, моменти часу та їхнє місцезнаходження. Ця інформація може бути використана для подальшого аналізу руху користувачів, визначення патернів, прогнозування поведінки, а також для зондування скупчення людей у реальному часі. Для конкретного аналізу та моделювання зондування скупчення людей за допомогою цих даних можна використовувати різні методи, такі як аналіз часових рядів, методи глибинного навчання, геопросторовий аналіз та інші, залежно від конкретних завдань і цілей.

Здійснимо моделювання ситуації на території Закарпатського регіону, де додатки на смартфонах збирають дані про місцезнаходження користувачів для зондування скупчення людей та аналізу руху користувачів. Уявімо, що на території Закарпатського регіону є певна кількість користувачів (X), які використовують додатки на своїх смартфонах. Ми спостерігаємо їхнє місцезнаходження в різні моменти часу (T). На виході ми отримуємо послідовність даних (D), яка містить інформацію про координати місцезнаходження користувачів в різні моменти часу. Ця інформація може бути використана для таких сценаріїв:

- 1) *Аналіз руху користувачів.* Можна вивчати, як користувачі переміщуються по регіону, ідентифікувати популярні маршрути, точки інтересу та час, коли рух користувачів найактивніший.
- 2) *Визначення патернів (шаблонів).* Аналізуючи дані, можна визначити патерни поведінки користувачів. Наприклад, де і коли найчастіше знаходяться користувачі.
- 3) *Прогнозування поведінки.* На основі аналізу руху користувачів і патернів поведінки можна спрогнозувати, як вони можуть змінити своє місцезнаходження в майбутньому. Це може бути корисним для організації подій, визначення маршрутів або рекламних акцій.
- 4) *Зондування скупчення людей у реальному часі.* Однією з основних переваг є можливість зондування скупчення людей у реальному часі, що дає змогу організаторам реагувати на зміни руху користувачів і надавати їм рекомендації.

Моделювання цієї ситуації дає змогу краще розуміти рух користувача. Для цілей демонстрації, проведемо умовні розрахунки, припустимо, що ми маємо дані про рух користувачів у Закарпатському регіоні впродовж трьох днів. Позначимо цей регіон як прямокутну територію на площині.

Дані виглядають так:

День 1:

Користувач 1: (48.625, 22.301) (координати широти і довготи)

Користувач 2: (48.710, 22.546)

...

Користувач N: (48.455, 23.112)

День 2:

Користувач 1: (48.690, 22.333)

Користувач 2: (48.705, 22.531)

...

Користувач N: (48.472, 23.085)

День 3:

Користувач 1: (48.715, 22.311)

Користувач 2: (48.700, 22.524)

...

Користувач N: (48.490, 23.100)

Тепер, для прикладу, обчислимо середню відстань, яку пройшов кожен користувач за час спостереження.

Обчислимо відстані між послідовними точками для кожного користувача, використовуючи формулу Гаверсінуса [4] для великого кола сфери (з урахуванням, що Земля є сферою). Формулу Гаверсінуса використовують для обчислення відстані між двома точками на сфері (наприклад, земна поверхня), яка має такий вигляд:

$$d = 2r \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2} \right) + \cos(\varphi_1) \cos(\varphi_2) \sin^2 \left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \right)} \right),$$

де: d – відстань між двома точками; r – радіус Землі (приблизно 6371 кілометр); φ_1, φ_2 – широта точки 1 і широта точки 2 у радіанах; λ_1, λ_2 – довгота точки 1 і довгота точки 2 у радіанах. Цю формулу можна використати для обчислення відстані між двома географічними точками на поверхні Землі. Наприклад, відстань між Біг-Беном у Лондоні (51,5007° пн. ш., 0,1246° зх. д.) і Статуєю Свободи в Нью-Йорку (40,6892° пн. ш., 74,0445° зх. д.) становить 5574,8 км. Це не точне вимірювання, оскільки формула передбачає, що Земля є ідеальною кулею, хоча насправді це сплюснутий сфероїд. У нашому ж випадку формулу Гаверсінуса будемо використовувати для встановлення відстаней від туриста до найближчих людей.

Обчислимо суму відстаней для кожного користувача впродовж трьох днів. Знайдемо середню відстань, поділивши суму відстаней на кількість днів. Звісно, опрацювання даних достатньо складне і вимагає великої кількості додаткових обчислень та аналізу. Такі дані можна використовувати для вирішення складніших завдань, таких як побудова маршрутів, визначення областей інтересу тощо, на основі аналізу руху користувачів. Визначення рекомендованих маршрутів і інших дій користувачів для уникнення скупчення людей може вимагати використання різних методів і алгоритмів, таких як оптимізація маршруту, аналіз руху користувачів, інтелектуальні системи і багато інших. Ось декілька можливих математичних алгоритмів і підходів:

- 1) *Оптимізація маршруту для уникнення скупчення людей.* Використовуючи методи оптимізації, такі як генетичні алгоритми, можна розробити алгоритми для знаходження маршруту, який дасть змогу користувачеві уникнути найбільш навантажених місць у певний час.
- 2) *Аналіз руху користувачів.* Шляхи та маршрути користувачів можуть бути аналізовані для визначення звичайних часів найбільшої активності та скупчення людей. Можна використовувати аналітичні методи для прогнозування патернів руху та навантаження.
- 3) *Інтелектуальні системи та машинне навчання.* Можна створити моделі машинного навчання для аналізу даних про рух користувачів і рекомендації щодо найкращих дій. Наприклад, можна використовувати нейронні мережі для виявлення патернів і прийняття рішень.
- 4) *Графові алгоритми.* Використання графових алгоритмів для побудови графа місць та шляхів може допомогти визначити найкращі маршрути для уникнення скупчення людей.
- 5) *Аналіз реального часу та прогнозування патернів.* Враховуючи поточні дані про рух та прогнози патернів, можна надавати рекомендації користувачам для уникнення скупчення людей на основі динамічних умов.

Розглянемо приклад застосування методу, який використовує генетичний алгоритм для визначення оптимального маршруту користувача з метою уникнення скупчення людей.

Постановка завдання. Маємо карту міста з різними локаціями, які користувач хоче відвідати. Кожна локація має призначений час відвідування і рейтинг скупчення людей.

"Фітнес-функція" для формування безпечних маршрутів може бути виражена через введені змінні, такі як відстань, час, дорогу та рівень безпеки. Побудуємо простий приклад "фітнес-функції" для цього.

Нехай: D – відстань маршруту; T – час подорожі; S – вибір доріг; $safeSsafe$ – рівень безпеки. Тоді фітнес-функція може мати такий вигляд:

$$fitness = w_1 \cdot D + w_2 \cdot T + w_3 \cdot S + w_4 \cdot S_{safe},$$

де w_1, w_2, w_3, w_4 – коефіцієнти, які визначають важливість кожної складової. Ці коефіцієнти можуть бути налаштовані залежно від конкретних потреб і пріоритетів. Налаштування цих коефіцієнтів стануть предметом подальших досліджень.

Наприклад, якщо безпека є найважливішим фактором, то коефіцієнт w_4 буде високим, і фітнес-функція буде спрямована на максимізацію рівня безпеки. Інші коефіцієнти можна вибирати відповідно до потреб користувача або задачі.

Генетичний алгоритм емулює еволюцію для знаходження оптимального рішення. Основні кроки методу:

1. **Популяція.** Почнемо зі створення випадкової популяції індивідів (маршрутів).
2. **Оцінка придатності.** Для кожного індивіда обчислюємо його "фітнес-функцію". У нашому випадку, це може бути комбінація тривалості маршруту та рейтингу скупчення людей на шляху.
3. **Відбір.** Обираємо кращі індивіди на основі їх фітнес-функції для переходу до наступного покоління.
4. **Хромосоми.** Проводимо генетичні операції (кросовер, мутація) для створення наступного покоління.
5. **Повторення.** Повторюємо оцінку, відбір та модифікацію поколінь до досягнення заданої умови зупинки (кількість ітерацій, збіг результату тощо).
6. **Результат.** Після завершення роботи алгоритму ми отримуємо оптимальний маршрут, який дасть змогу користувачу відвідати потрібні локації з уникненням скупчення людей.
7. **Додаткові уточнення.** Можна додати обмеження щодо часу перебування в кожній локації.

Можемо розглядати додаткові фактори, такі як відстань між локаціями та інші обмеження. Звісно, це тільки загальний приклад. Реалізація такого алгоритму потребує програмування та оптимізації для конкретних умов та вимог проекту.

Визначення оптимального маршруту для уникнення скупчення людей. Проведемо розрахунки на основі умовних даних для генетичного алгоритму визначення оптимального маршруту з уникненням скупчення людей. Для цього знадобиться декілька умовних даних:

Маємо 5 локацій для відвідування (A, B, C, D, E).

Призначений час відвідування кожної локації:

Локація A : 30 хв; Локація B : 45 хв; Локація C : 60 хв; Локація D : 40 хв; Локація E : 50 хв.

Рейтинг скупчення людей на шляху між локаціями:

$A \rightarrow B$: 3 (від 1 до 5, де 1 – низька густина, 5 – висока густина).

$B \rightarrow C$: 2.

$C \rightarrow D$: 4.

$D \rightarrow E$: 3.

Умовні значення вартостей мутацій та кількості індивідів у популяції:

Ймовірність мутації (зміни маршруту) – 10 %.

Кількість індивідів у популяції – 100.

Завдання полягає в тому, щоб знайти найкращий маршрут для відвідування всіх локацій з мінімальним часом і уникненням скупчення людей:

1. **Популяція.** Почнемо зі створення 100 випадкових маршрутів (індивідів) для відвідування локацій. Наприклад, один індивід може мати маршрут $ABCDE$ (порядок відвідування локацій).
 2. **Оцінка придатності.** Для кожного індивіда обчислюємо загальну тривалість маршруту, додавши час відвідування кожної локації, і оцінюємо його "фітнес-функцію" на основі загального часу та рейтингу скупчення людей.
 3. **Відбір.** Обираємо 50 % найкращих індивідів на основі їх "фітнес-функції" для переходу до наступного покоління.
 4. **Хромосоми.** Проводимо генетичні операції, такі як кросовер та мутація, для створення наступного покоління індивідів.
 5. **Повторення.** Повторюємо кроки оцінки, відбору та модифікації поколінь до досягнення заданої умови зупинки (кількість ітерацій або збіг результату).
 6. **Кінець.** Після завершення роботи алгоритму ми отримуємо найкращий маршрут для відвідування локацій з урахуванням часу та рейтингу скупчення людей.
- Наведемо приклад розрахунку "фітнес-функції" для одного індивіда.

Нехай у нас є такий маршрут для відвідування локацій: $ABCDE$.

Знаходимо час відвідування кожної локації, як зазначено за умови:

Локація A : 30 хв; Локація B : 45 хв; Локація C : 60 хв; Локація D : 40 хв; Локація E : 50 хв.

Обчислюємо загальну тривалість маршруту:

Загальний час = 30 хв (A) + 45 хв (B) + 60 хв (C) + 40 хв (D) + 50 хв (E) = 225 хв.

Розраховуємо оцінку фітнес-функції на основі загального часу та рейтингу скупчення людей:

Оцінка фітнесу = Загальний час · Рейтинг скупчення людей

Оцінка фітнесу = 225 хв · (3 для $A \rightarrow B$) · (2 для $B \rightarrow C$) · (4 для $C \rightarrow D$) · (3 для $D \rightarrow E$) = 16,200 хв.

Ця оцінка фітнес-функції відображає, наскільки оптимальним є цей маршрут – чим менший час і менший рейтинг скупчення людей, тим кращий результат функції. У реальному генетичному алгоритмі велика оцінка "фітнес-функції" вказувала б на поганий маршрут, і такі індивіди могли б бути менше вірогідні відібрані для наступного покоління.

Приклад проведення генетичних операцій для створення наступного покоління індивідів:

1. **Початкова популяція індивідів.**
Індивід 1: $ABCDE$; Індивід 2: $EDCBA$; Індивід 3: $BACDE$; Індивід 4: $CBAED$
2. **Відбір для кросовера.** Вибираємо популяцію, на яку будемо застосовувати кросовер. У нашому випадку, можемо вибрати два батьківські індивіди, наприклад, індивід 1 та індивід 3.
3. **Кросовер.** Виконуємо кросовер для створення нащадків. Наприклад, можемо вибрати точку перетину між локаціями B та C . Обмін ділянками між батьківськими індивідами в точці перетину:
Індивід 1: $AB | CDE$
Індивід 3: $BA | CDE$
4. **Створюємо нащадка шляхом об'єднання частин батьківських індивідів.**
Наслідок 1: $ABACDE$
5. **Мутація.** Іноді ми також застосовуємо мутації для раннього змінення окремих локацій. Наприклад, можемо змінити локацію D на F в індивіда 2, що призведе до:

Індивід 2: *EFDCBA*

Оцінка фітнесу. Розраховуємо оцінку фітнесу для кожного нащадка.

Вибір найкращих. Відбираємо найкращих індивідів для наступного покоління, можливо, за допомогою методу "вибору за рулеткою" або іншого методу.

6. Повторення. Повторюємо кроки кросовера, мутації, оцінки фітнесу та вибору найкращих для кількох поколінь.

Ці операції продовжують доти, поки не буде досягнуто задовільного рішення (наприклад, оптимального маршруту) або поки не буде вичерпана визначена кількість поколінь. Генетичний алгоритм допомагає підбрати оптимальні маршрути для уникнення скупчення людей в контексті подорожі користувачів у розумному регіоні.

Обговорення результатів дослідження. Використання математичних моделей для аналізу й удосконалення діяльності в туристичній галузі розглядають у низці публікацій. Скажімо, автори статті [20] запропонували підходи до формування туристичних маршрутів, які, як наголошують дослідники, "забезпечують мінімізацію параметрів" (зменшення ризиків і витрати підприємств туристичної сфери та їх клієнтів) та "максимізації параметрів", що базується на потребах клієнтів (комфортність, кількість туристичних об'єктів). Ці підходи реалізовані в авторській системі формування та оптимізації туристичних маршрутів. Проте, із статті не зрозуміло, які саме підходи використано.

У дослідженні [9] сформульовано задачу як знаходження найкоротшого шляху між двома точками із використанням заданої мапи. При цьому місця, які передбачається відвідати користувачем, подано як вершини графа, а дорога, що сполучає ці місця – ребра із заданими вагами. Отже, цю задачу зведено до пошуку найкоротшого та найоптимальнішого маршруту на графі. Пошук найкоротшого маршруту базується на знаходженні шляху між заданими вершинами графу, щоб сума ваг ребер при цьому була мінімальною. Дослідником запропоновано математичну модель, що ґрунтується на використанні мурашиного алгоритму, яка здійснює певну оптимізацію вхідного набору даних для побудови туристичного маршруту.

Дослідниками [5] розроблено модель формування туристичного маршруту, яка ґрунтується на використанні теорії множин, зокрема математичного і циклічного програмування. Запропонована модель допомагає обрати території для проходження маршруту та послідовність відвідування об'єктів послугоуючись шкалою пріоритетності.

Застосований у дослідженні [14] метод має на меті знайти найкоротший шлях проходження через кількість пам'яток s , які потрібно вибрати між 2 (що є тривіальним) і максимальною кількістю цілей відвідування n . Карта визначних пам'яток розглядається як неорієнтований граф. Інформаційна система, що побудована на його основі, запитує кількість вершин n (у наведеному випадку $n = 22$, оскільки, розглянули 22 головні пам'ятки старого міста Брашова), кількість ребер m (для старого міста Брашова $m = 35$), початкова точка і кінцевий вузол. Автори вирішили проблему знаходження найкоротшого маршруту всередині пункту призначення, який проходить через певну кількість пам'яток, як задачу комівояжера, розробивши кроки рекурсивного алгоритму, який адаптували.

Автори роботи [17] переконують, що геопросторові технології є одним із важливих інструментів, який допомагає зрозуміти поточну діяльність, пов'язану з туризмом, а також ситуацію з пандемією дуже ефективним і ефективним способом. Запропонована інформаційна технологія на основі використання географічної інформаційної системи (ГІС) забезпечує спосіб картографування та інтерпретації поширення COVID-19 для визначення можливості туристичної подорожі в просторі та часі, щоб можна було приймати рішення з врахуванням результатів моніторингу поширення пандемії.

У роботі [19] описано методи аналізу і прогнозування туристичних потоків і сезонності у республіці Узбекистан на основі економетричного моделювання. Запропонована модель, в якій часові ряди побудовані на заданих (фактичних) значеннях для туристичного потоку, що складається із суми аналітичного текстурованого тренду та теоретичних значень.

У роботі [13] розглядають питання використання методів аналізу та прогнозування сезонних часових рядів для моделювання туристичного потоку як одного з найбільш значущих параметрів туристичної діяльності. Автори розглянули доцільність використання підходу Холта-Вінтерса до часових рядів, оцінили коефіцієнти моделі та запропонували модель прогнозування. Автори також продемонстрували використання підходу Холта-Уінтерса для моделювання параметрів туристичних операцій для "короткої серії" – туристичного потоку.

У роботі [2] проаналізовано результати 121 дослідження з моделювання та прогнозування туристичного попиту, опублікованих з 2000 р. щодо розроблення методів кількісного прогнозування. Автори відзначили, що методи можна розділити на три категорії: моделі часових рядів, економетричний підхід та інші нові методи, такі як методи ШІ. Водночас, аналіз наведених досліджень засвідчує оригінальність розробленого нами методу формування туристичних маршрутів за умови пандемії.

Отже, за результатами виконаної роботи можна сформулювати такі наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – розроблено математичну модель формування туристичних маршрутів за умови карантину, що дає змогу побудувати безпечні маршрути, які прокладаються з урахуванням мінімізації комунікації.

Практична значущість результатів дослідження – можна використати запропоновану модель для розроблення рекомендаційної системи формування туристичних маршрутів, які дають змогу мінімізувати контакти за умови пандемії.

Висновки / Conclusions

Сформульовано первинні та вторинні вимоги до побудови рекомендаційної системи для прокладання безпечних маршрутів за умови пандемії, згенерованої розповсюдженням Ковіду, яка дала б змогу задовольнити потреби туристів у відвідуванні улюблених місць й уникнути інфікування. Відзначено, що під час розроблення рекомендаційної системи потрібно враховувати інтегративність маршрутів для забезпечення взаємодії туриста з обраним маршрутом, додавання місць відвідування, відзначення відвіданих локацій, а також можливості моніторингу скупчення людей, щоб визначати

кількість людей на певних локаціях, та генерування рекомендацій щодо обрання безпечних шляхів.

Для побудови рекомендаційної системи застосовано розроблену модель формування безпечних маршрутів за умови карантину, яка дає змогу зберігати й аналізувати дані про рух користувачів у просторі та часі. Для кожного користувача визначатиметься послідовність проходження маршрутом, що дасть змогу аналізувати їх взаємодію з об'єктами інтересу в розумному регіоні. Дані мобільного зондування представлені як послідовність координатних точок. Запропонована рекомендаційна система дасть змогу розвиватися туристичній галузі за будь-яких умов, при цьому її функціонал може вдосконалюватися та зорієнтовуватися на виконання інших задач рекомендаційного характеру завдяки відкритості та кросплатформності.

References

1. Gavalas, D., Konstantopoulos, C., Mastakas, K., & Pantziou, G. (2014). Mobile Recommender Systems in Tourism. *Journal of Network and Computer Applications*, 39, 319–333. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2013.04.006>
2. Haiyan Song, & Gang Li. (2008). Tourism demand modelling and forecasting – A review of recent research. *Progress in Tourism Management*, 29(2), 203–220. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2007.07.016>
3. Halkiopoulos, C., Antonopoulou, H., Papadopoulos, D., Gianoukou, I., & Gkintoni, E. (2020). Online Reservation Systems in E-Business: Analyzing Decision Making in E-Tourism. *Journal of Tourism, Heritage & Services Marketing (JTHSM)*, 6(1), 9–16. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3603312>
4. Haversine formula to find distance between two points on a sphere. (2023). URL: <https://www.geeksforgeeks.org/haversine-formula-to-find-distance-between-two-points-on-a-sphere/>
5. Kompanets, K. A., & Boyko, G. F. (2018). Methodically piddhoi to the form of the tourist product (ROUTE). *Economy and management of the national economy*, 18, 51–58. URL: https://www.market-infr.od.ua/journals/2018/18_2018_ukr/11.pdf
6. Kozlovskiy, Ye. (2020). Main Application Areas for Information Systems and Technologies in Tourism. *Bulletin of Kyiv National University of Culture and Arts. Series in Tourism*, 3(1), 128–136. <https://doi.org/10.31866/2616-7603.3.1.2020.207516>
7. Kulyk, Yu. I. (2021). Use of information technologies in the field of tourism. Actual tasks of modern technologies: Materials of the X International scientific and practical conference of young scientists and students. Ternopil, 91–92. [In Ukrainian]
8. Labunska, S., Zyma, O., & Sushchenko, S. (2022). The use of information systems as a way to ensure interaction between small and big tourism enterprises. *Science, Business, Innovation in Digital Economy*, 3(1), 16–28. [https://doi.org/10.46656/access.2022.3.1\(2\)](https://doi.org/10.46656/access.2022.3.1(2))
9. Mazuruk, O. V. (2022). Research of the automated system of aggregation and construction of tourist routes: masters thesis. Vinnitsa, 120. [In Ukrainian]
10. Melnychenko, S. V. (2010). Information technologies in tourism: theoretical and practical aspects. *Bulletin of Zaporizhzhya National University*, 2(6), 129–138. [In Ukrainian]
11. Nambisan, S., & Sawhney, M. S. (2011). Orchestration processes in network-centric innovation: Evidence from the field. *Academy of Management Perspectives*, 25(3), 40–57. <https://doi.org/10.5465/AMP.2011.63886529>
12. O'Connor, P. (2001). Electronic information distribution in tourism and hospitality. *Tourism Management*, 22, 203–212. <https://doi.org/10.1079/9780851992839.0000>
13. Ostapenko, I. N., & Usenko, R. S. (2020). Tourist Flow Forecasting Approach. *Proceedings of the International Scientific Conference "Far East Con" (ISCFEC 2020)*. <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.200312.353>
14. Păcurar, C. M., Albu, R. – G., & Păcurar, V. D. (2021). Tourist Route Optimization in the Context of Covid-19 Pandemic. Sustainability, 13. <https://doi.org/10.3390/su13105492>
15. Paulin, O. M., Komleva, H. O., & Ulizko, H. V. (2020). Recommendation system for assistance in the study of musical works. *Scientific notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences*, 31(70), 5, 94–99. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.5/16>
16. Pease, W. R., Rowe, M., & Cooper, M. (2007). Information and Communication Technologies in Support of the Tourism Industry. Hershey – London – Melbourne – Singapore: Idea Group Publishing. <https://doi.org/10.4018/978-1-59904-159-9>
17. Rajeev Singh Chandel, Shruti Kanga, & Suraj Kumar Singh. (2021). Impact of COVID-19 on tourism sector: a case study of Rajasthan, India. *AIMS Geosciences*, 7(2), 224–243. <https://doi.org/10.3934/geosci.2021014>
18. Rudkivskiy, O. A., & Rudkivska, A. Yu. (2018). The management information systems of tourism enterprise and creative approach. *Economy and enterprise management*, 17, 347–353. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2018-17-51>
19. Sherkul Rakhmanov, Ibrohim Habibullaev, Akbar Jumaev, & Tolib Turgunov (2021). Mathematical modeling and forecasting of seasonal characteristics of tourist flow. E3S Web of Conferences, Vol. 264, 01042. *International Scientific Conference "Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering" (CONMECHYDRO – 2021)*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126401042>
20. Tkachenko, O., & Korchevnyi, L. (2019). Some Aspects of Systems Development of Tourist Routes Formation and Optimization. Digital Platform: Information Technologies in Sociocultural Sphere, 2(2), 123–135. <https://doi.org/10.31866/2617-796x.2.2.2019.187723>
21. Yavorska, V., Hevko, I., Sych, V., Potapchuk, O., & Kolomiyyets, K. (2019). Features of application of information technologies in modern tourism. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 28(3), 591–599. <https://doi.org/10.15421/111956>

P. P. Fedorka¹, V. I. Kut¹, N. E. Kunanets², S. S. Khrushch³

¹ Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine

² Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

³ Kyiv National University of Culture and Arts, Kyiv, Ukraine

FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF A RECOMMENDATION SYSTEM FOR CHOOSING SAFE TOURIST ROUTES UNDER QUARANTINE CONDITIONS

The peculiarities of building a model of the formation of safe tourist routes for the development of a recommendation system for choosing routes under quarantine conditions have been analyzed. In the course of research, primary and secondary requirements for building such a system have been formulated. It has been identified that among the key requirements, the interactivity of routes plays a significant role providing users with the ability to interact with the selected route, add points of interest, leave feedback, mark visited locations, and also monitor crowds. Crowd monitoring involves mobile crowd sensing to determine the number of people at specific locations and recommended paths to avoid crowds. This approach is based on the developed model of safe routes during quarantine, the features of which are analyzed in the article. It is established that this model allows storing and analyzing user movement data in space and time. Each user will have their own sequence of locations, enabling the analysis of their movements and interaction

with points of interest in a smart city. The model can be expanded to include additional information such as movement speed, categories of visited objects, etc., depending on the specific needs of user movement analysis. Moreover, it is clarified that a model for describing mobile crowd sensing with real-time coordinate points can be constructed using a sequence of points, where each point is represented by a coordinate vector and a timestamp. Using optimization methods such as genetic algorithms, algorithms can be developed to find a route that allows the user to avoid the busiest places at a specific time. Mobile sensing data is presented as a sequence of coordinate points. Therefore, the proposed recommendation system will contribute to the development of the tourism industry under any conditions, and its functionality can be improved and oriented towards performing other recommendation tasks due to its openness and cross-platform nature.

Keywords: smart region; recommendation system; mathematical model; tourism industry.