

УДК 004.94

DOI <https://doi.org/10.32782/uad.2024.1.11>**Зозуля Юлія Олександрівна,**

аспірант

Київського національного університету культури і мистецтв

ORCID ID: 0009-0008-4075-0267

julja.sotnikova@gmail.com

МЕХАНІЗМ ПОКРАЩЕННЯ ІНТЕРАКТИВНОСТІ ДИЗАЙНУ ВЕБ-ЗАСТОСУНКУ ЯК ОСНОВА СИСТЕМИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

У роботі досліджено механізм покращення інтерактивності дизайну веб-застосунку, як основи системи візуалізації доповненої реальності. Зазначається, що для вдосконалення візуалізації засобами доповненої реальності на масових мобільних пристроях необхідно враховувати такі питання: реалістичність відображення об'єктів, можливість зміни параметрів об'єктів під час візуалізації, формат та структура зберігання об'єктів, маніпуляція об'єктами у просторі, особливості проектування графічного інтерфейсу користувача. Запропоновано принципові основи зміни параметрів об'єкта при візуалізації доповненої реальності з прикладу зміни матеріалів. Вони включають зміну параметрів в реальному часі і спрощений інтерфейс користувача, доступний для нефакхівця. Наголошується, що доповнена реальність полягає в тому, що необхідно враховувати положення пристрою в руках користувача і положення самого користувача. Інформація про положення використовується, наприклад, при індикації розпізнавання маркера для відстеження, а також відображення інформації, що візуально прив'язана до об'єкта (виносок тощо). Зазначається, що при роботі безпосередньо в режимі доповненої реальності в положенні стоячи необхідно приділяти особливу увагу доступності та зручності інтерфейсу. Ще однією рекомендацією при проектуванні інтерфейсу доповненої реальності, що базується на маркерах, є зрозуміла для користувача індикація поточного стану трекінгу. Схематично представлено систему, яка складається з кількох модулів, кожен з яких відіграє вирішальну роль у досягненні максимальної інтерактивності веб-застосунку. Дана система прийнята за основу механізму покращення інтерактивності дизайну веб-застосунку, як основи системи візуалізації доповненої реальності. Детально описано модулі системи та запропоновано принципові основи та алгоритм зміни параметрів об'єктів доповненої реальності при візуалізації в реальному часі.

Ключові слова: реальність, віртуальність, додаток, методика, сприйняття, користувач, система.

Zozulia Yuliia. A MECHANISM FOR IMPROVING THE INTERACTIVITY OF WEB APPLICATION DESIGN AS THE BASIS OF AN AUGMENTED REALITY VISUALIZATION SYSTEM

The work investigates the mechanism of improving the interactivity of the web application design as the basis of the augmented reality visualization system. It is noted that in order to improve visualization by means of augmented reality on mass mobile devices, the following issues must be taken into account: the realism of displaying objects, the possibility of changing the parameters of objects during visualization, the format and structure of object storage, manipulation of objects in space, features graphic user interface design. The principles of changing the parameters of the object during the visualization of augmented reality are proposed, based on the example of changing materials. They include real-time parameter changes and a simplified user interface accessible to the layperson. It is emphasized that the augmented reality is that it is necessary to take into account the position of the device in the hands of the user and the position of the user himself. Information about the position is used, for example, when indicating the recognition of a marker for tracking, as well as displaying information that is visually tied to the object (callout, etc.). It is noted that when working directly in augmented reality mode in a standing position, it is necessary to pay special attention to the accessibility and convenience of the interface. Another recommendation when designing an augmented reality interface based on markers is a user-friendly indication of the current tracking status. The system is schematically presented, which consists of several modules, each of which plays a decisive role in achieving maximum interactivity of the web application. This system is adopted as the basis of the mechanism for improving the interactivity of the web application design, as the basis of the augmented reality visualization system. The modules of the system are described in detail, and the fundamental principles and algorithm for changing the parameters of augmented reality objects during real-time visualization are proposed.

Key words: reality, virtuality, application, technique, perception, user, system.

Вступ. Системи візуалізації можуть надати цінну інформацію та допомогти в процесах прийняття рішень; тому вони стали незамінними інструментами в різних областях, включаючи промисловість, освіту та науку. Ці системи дозволяють представляти складні робочі процеси та дані візуально інтуїтивно зрозумілим способом, покращуючи розуміння, аналіз та передачу інформації. Однак традиційні системи візуалізації в основному покладаються на візуальне сприйняття, що обмежує можливість користувачів повністю брати участь у роботі з даними та обмежує потенціал системи.

Щоб подолати ці обмеження, науковці дослідили інтеграцію доповненої реальності та систем візуалізації для покращення взаємодії з користувачем та покращення мультимодального сприйняття, а також взаємодії. Окреслена система накладає віртуальні елементи на середовище реального світу, створюючи захоплюючий інтерактивний проект. З іншого боку, матеріальні об'єкти включають фізичні об'єкти, які користувач може безпосередньо спостерігати та торкатися, а функція візуалізації дозволяє їм безпосередньо пристосовуватися до об'єктів реального світу, щоб покращити свою здатність приймати складні рішення. Поєднуючи ці два методи, користувачі можуть використовувати кілька сенсорних режимів для природної та інтуїтивної взаємодії. Окрім покращення взаємодії з користувачем, інтеграція доповненої реальності та систем візуалізації також приносить переваги з точки зору веб-доступності та інклюзивності. Користувачі з порушеннями руху можуть використовувати позу тіла та рухи для маніпулювання віртуальними об'єктами, що дозволяє їм ефективніше взаємодіяти з віртуальними елементами, тим самим долаючи обмеження традиційних пристроїв введення.

Огляд літератури. На протязі багатьох років, наукова спільнота вивчає системи візуалізації розширюючи тезу, щодо того, що останні мають вирішальну роль у сприйнятті, розумінні та аналізі даних. Науковці зазначають, що системи дозволяють користувачам перетворювати необроблені дані у візуальні

представлення, забезпечуючи більш інтуїтивний та інтерактивний спосіб дослідження та розуміння інформації [1]. Системи візуалізації пропонують численні переваги, які сприяють їх широкому застосуванню в різних областях [2]. Однією з головних переваг є можливість розкривати закономірності та зв'язки, які можуть бути неочевидними в необроблених даних. Представляючи дані у візуальній формі, користувачі можуть легко ідентифікувати тенденції та кореляції, що веде до більш обґрунтованих процесів прийняття рішень [3].

А. В. Тютюнник [4] проаналізувала поняття «візуалізація», «візуалізація інформації», «графічний образ», «графік», різновиди та методи цифрових візуалізацій різних дослідників. Авторкою описано методи цифрової візуалізації швейцарських дослідників, які представили їх у формі періодичної таблиці. Також у роботі детально розписано основні типи цифрових візуалізацій з прикладами та їх можливе застосування.

Із зарубіжних авторів варто відмітити роботи таких науковців як: Гоял Акшай [5], Банкілхон Мелані, Паділья Лейс, Оттілі Алвітта [6], Орал Емре, Чавла Ріа, Вейкстра Мішель, Мах'яр Наргес, Дімара Евантія [7], Ллаха Олта, Аліу Азір, Кадена Есмеральда [8], Шарма Шарад [9], Бенітес Алехандро, Еррера Лінда, Пачеко-Веласкес Ернесто, Еспіноса Хосе [10], Санджай Сайфі, Рамія М. [11], Абу-АльСондос Ібрагім [12], Алвес Томас, Дельгадо Тьяго, Енрікес-Каладо Гонсалвеш Даніель, Гама Сандра [13], Байрак Мейданоглу Ела [14], Су Інхуа [15] та інших.

Однак незважаючи на масштабність наукових досліджень питання актуальності даної роботи не викликає сумнівів.

Метою роботи є дослідження механізму покращення інтерактивності дизайну веб-застосунку, як основи системи візуалізації доповненої реальності.

Результати. Віртуальні інтерфейси користувача (TUI), включаючи матеріальні інтерфейси, забезпечують фізичні та матеріальні засоби для взаємодії користувачів з цифровою інформацією. TUI дозволяють користувачам маніпулювати віртуальними об'єктами або

контролювати цифрові системи за допомогою фізичних артефактів або об'єктів [16]. Ця парадигма взаємодії дозволяє користувачам використовувати наявні знання та навички для маніпулювання та участі в цифровому контенті більш природним і значущим способом, роблячи технологію простішою у використанні та зручною для користувача.

На відміну від традиційних графічних інтерфейсів користувача (GUI), TUI забезпечують більш втілений і відчутний досвід взаємодії, використовуючи фізичні об'єкти як пристрої введення та виведення. Ці фізичні об'єкти, також відомі як «дозволи», призначені для представлення та передачі цифрової інформації у сприйнятій та доступній для маніпулювання формі. TUI пропонують кілька переваг порівняно з традиційними методами взаємодії. Однією з ключових переваг є їх здатність використовувати вроджені фізичні та сенсомоторні навички людини, забезпечуючи більш природну та інтуїтивно зрозумілу взаємодію. Надаючи фізичні об'єкти, які користувачі можуть схоплювати, торкатися та рухати, TUI залучають численні органи чуття та покращують просторове усвідомлення та когнітивну активність. Крім того, TUI сприяють більш відчутному та втіленому розумінню цифрової інформації, оскільки користувачі можуть безпосередньо маніпулювати та досліджувати фізичні об'єкти, які представляють абстрактні дані.

TUI пропонують мультимодальний зворотний зв'язок та інтуїтивно зрозуміле керування віртуальними об'єктами, що робить їх придатними для середовищ віртуальної реальності (AR). Дослідження показали, що TUI в системах візуалізації AR можуть покращити співпрацю користувачів, просторове пізнання та загальний досвід користувача. *Sketched Reality* [17] поєднує технологію AR і технологію TUI для досягнення двонаправленої взаємодії через тактильний зворотний зв'язок і фізичну взаємодію. Цей метод двосторонньої взаємодії дозволяє користувачам більш реалістично відчувати існування віртуальних об'єктів, покращуючи занурення та інтерактивність додатків AR. *Ubi Edge* – це інструмент для розробки сенсорного інтер-

фейсу користувача з доповненою реальністю. Ця система дозволяє користувачам керувати елементами доповненої реальності, ковзаючи або клацаючи по краях фізичних об'єктів. Наприклад, користувачі можуть змінювати колір віртуальних лампочок, ковзаючи по краю чашки з кавою, або активувати анімацію AR-зйомки, натискаючи на край іграшкового літака. Ці приклади демонструють потенціал і застосування мультимодального сприйняття TUI в середовищах доповненої реальності. Перспективним напрямком розвитку є поєднання айтрекінгу та зворотного зв'язку з користувачем. Використовуючи точку фіксації очей, система може розпізнати намір користувача. Завдяки вбудовуванню інтерактивних об'єктів у TUI, коли користувач дивиться на певний об'єкт, система може визначити точку фіксації користувача за допомогою технології відстеження погляду та забезпечити відповідний зворотний зв'язок, уможливіючи керування через псевдо ідеї [18]. Це дозволяє користувачам адаптувати методи взаємодії на основі вподобань, сприяючи тіснішому зв'язку між системою та користувачами, зрештою підвищуючи задоволеність користувачів і покращуючи загальний досвід.

Механізм покращення інтерактивності дизайну веб-застосунку, як основи системи візуалізації доповненої реальності ґрунтується на системі, яка складається з кількох модулів, кожен з яких відіграє вирішальну роль у досягненні максимальної інтерактивності веб-застосунку. Ці модулі включають модуль керування учасниками, модуль інтерфейсу доповненої реальності, модуль взаємодії з користувачами, модуль збору даних відстеження очей і модуль керування експериментальним процесом AR, як показано на рисунку 1. Рисунок 1 об'єднує три компоненти: рівень продуктивності, бізнес-рівень і рівень даних.

Модуль керування учасниками: цей модуль є комплексною системою, яка включає системні навчальні посібники, системні експерименти, запис даних, обробку та аналіз даних. За допомогою цього модуля учасники можуть ознайомитися з системами доповненої реальності, провести інтерактивні експерименти

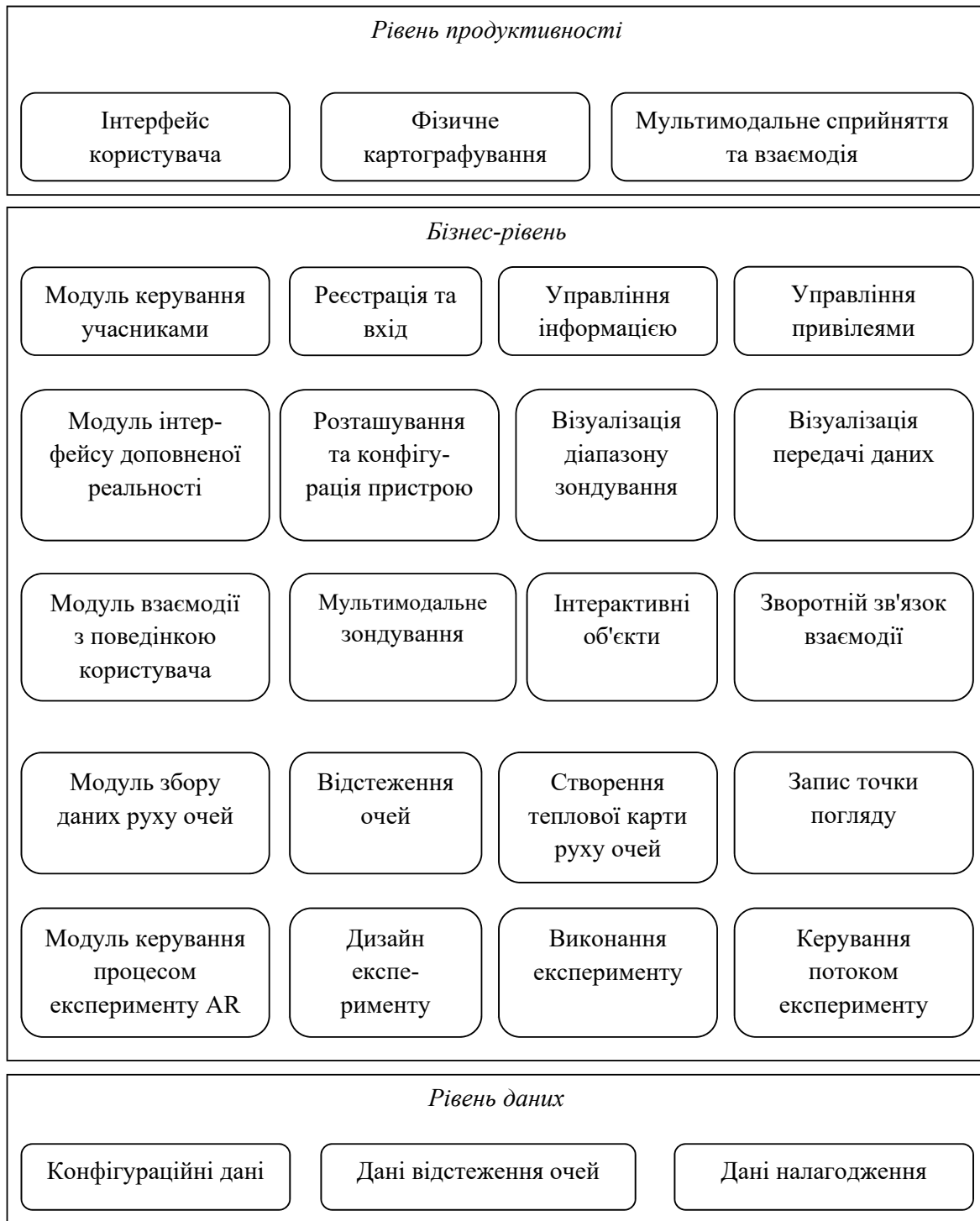


Рис. 1. Основний проект і модуль реалізації системи

та записувати дані в режимі реального часу. Модуль забезпечує основу для аналізу поведінки та розподілу уваги учасників, забезпечуючи точність і надійність результатів експерименту.

Модуль інтерфейсу доповненої реальності: цей модуль надає дослідникам зручну

та надійну платформу для проведення експериментів і вдосконалення доповненої реальності.

Модуль взаємодії з поведінкою користувача: цей модуль дозволяє користувачам взаємодіяти з середовищем доповненої реальності за допомогою різних методів введення,

включаючи голосові команди, жести та інтерфейс користувача. Він надає користувачам гнучкий та інтуїтивно зрозумілий спосіб керування віртуальними об'єктами та навігації системою.

Модуль збору даних відстеження очей: цей модуль локально зберігає агреговані дані погляду, надаючи інформацію про просторове розташування та час для подальшого статистичного аналізу. Ця точна та зручна платформа пропонує дослідникам цінну інформацію про моделі візуальної поведінки користувачів і проблеми дизайну інтерфейсу у віртуальних середовищах.

Модуль керування процесом експерименту AR: цей модуль забезпечує плавне виконання та керування експериментами доповненої реальності. Він надає інструменти для проектування та проведення експериментів, збору даних і керування експериментальними процесами, допомагаючи підвищити ефективність і точність експериментів, а також сприяти роботі дослідників.

Після того, як дані сцени та налаштування системи завершені, система покращує мультимодальне сприйняття та взаємодію шляхом включення різних режимів взаємодії. Користувачі носять окуляри для доступу до сцени AR, а система розпізнає інформацію про пристрій за допомогою системи сканування. Користувачі можуть переміщатися та взаємодіяти за допомогою голосових команд, а жести рук визначаються для точного керування. Фізичний реквізит також можна використовувати для взаємодії з віртуальними об'єктами. Дані відстеження очей записуються для аналізу, а експериментальний модуль керування процесом спрощує оцінку та вдосконалення системи. Цей комплексний підхід покращує взаємодію з користувачем і зручність використання.

Модуль керування учасниками є основою механізму контролю бізнес-процесів. Цей модуль може надати чіткі вказівки та допомогу учасникам, що веде їх до повної участі в експериментальному середовищі цієї системи візуалізації доповненої реальності. Модуль керування учасниками в основному включає чотири ключові частини: навчальний посіб-

ник із системи, системний експеримент, запис даних, обробку та аналіз даних.

Навчальний посібник із системи: перед проведенням експерименту із системою візуалізації учасники спочатку вивчають навчальний посібник з системи. За допомогою системного навчального посібника учасники можуть отримати детальне розуміння операційних етапів і процесів в експериментальному середовищі доповненої реальності. Посібник із системи має на меті надати необхідні вказівки, дозволяючи учасникам ознайомитися з функціональністю системи та методами взаємодії, а також гарантувати правильне використання ними системи для наступних експериментів.

Системний експеримент: після завершення навчання в системі учасники переходять до формальної фази системного експерименту. Учасники взаємодіють зі сценарієм системи доповненої реальності за допомогою таких дій, як клацання, погляд і голосові команди. Дизайн експерименту дозволяє учасникам вільно вивчати функції та характеристики системи, збираючи дані під час експерименту.

Запис даних: під час експерименту система може записувати експериментальні дані членів-учасників у реальному часі. Це включає запис відео взаємодії системи, координати погляду, тривалість погляду та теплові карти траєкторії погляду. Точна фіксація поведінки та концентрації уваги учасників забезпечує необхідну основу для подальшого аналізу даних.

Обробка та аналіз даних: після експерименту експериментальні дані для кожного учасника обробляються та аналізуються. Це включає повтори експерименту, аналіз даних погляду учасників і побудову діаграм розсіювання, що представляють діапазони погляду учасників. За допомогою методів статистичного аналізу та візуалізації можна виявити моделі поведінки та розподіл уваги учасників під час експерименту, що підтримує подальший аналіз і висновки.

Модуль управління учасниками цієї системи забезпечує керуваність і повторюваність експерименту системи візуалізації доповненої реальності, забезпечуючи точність і достовір-

ність результатів експерименту. Крім того, надаються цінні емпіричні дані та посилання для майбутніх досліджень і покращення продуктивності системи.

Модуль інтерфейсу доповненої реальності діє як провідник між системою та пристроями, розширюючи мультимодальне сприйняття та інтерактивність для більш захоплюючого досвіду користувача. Він переносить сцени віртуальної реальності в реальне поле зору користувачів, накладаючи AR-контент на дисплей. Модуль пропонує дослідникам надійну, зручну дослідницьку платформу, що дозволяє зосередитися на експериментальному дизайні та покращенні досвіду AR, не стикаючись із заплутаними технічними тонкощами.

Щоб розширити функцію AR системи та пристрою, додають функції переміщення пристрою до інтерфейсного модуля AR. Функції переміщення пристроїв у системах AR можуть відстежувати реальні об'єкти та накладати на них віртуальний вміст для підвищення інтерактивності та відчутності за допомогою методів розпізнавання та позиціонування.

У цій системі об'єкти, які потрібно розпізнати, імпортуються в бібліотеку розпізнавання, щоб створити відповідний пакет з рейтингом зірок, що відображає якість розпізнавання. Коли об'єкт реального світу розпізнається, віртуальний вміст прив'язується до нього, і користувачі можуть взаємодіяти за допомогою дотику, обертання, нахилу або інших жестів. Зокрема, функція сканування спочатку виконує розпізнавання зображення. Користувач використовує камеру на мобільному пристрої для сканування та розпізнавання конкретних зображень, логотипів, об'єктів або сцен із реального світу. Зазвичай ці зображення являють собою певні візерунки або маркери, які використовуються для визначення позиції та орієнтації користувача. Далі виділяються візуальні ознаки, такі як кути та краї, з розпізнаних зображень. Ці точки функцій використовуються для створення бази даних функцій для зіставлення віртуального вмісту з фізичними об'єктами.

Поведінка користувача передбачає мультимодальне сприйняття та взаємодію, вклю-

чаючи клацання, голос, розпізнавання жестів, фізичні маніпуляції тощо. Даний модуль необхідно інтегрувати з модулем AR, щоб дозволити користувачам спостерігати віртуальну інформацію та взаємодіяти з нею на мобільних пристроях. Це надає користувачам більш інтуїтивно зрозумілий і ефективний інтерактивний досвід. Модуль складається з трьох основних частин: мультимодальне сприйняття, інтерактивні об'єкти та механізм зворотного зв'язку.

У мультимодальному сприйнятті модуль розпізнає методи введення користувача, такі як голос, жести та дотик, щоб зафіксувати поведінку та потреби в реальному часі. Це дозволяє користувачам вибирати 3D-вміст, клацаючи або використовуючи промінь, випущений з їхньої руки. Інтерактивні об'єкти в 3D-світі можуть ініціювати такі події, як торкання кнопок і 3D-об'єктів, що дозволяє користувачам безпосередньо взаємодіяти з системою через носимі пристрої. Механізм зворотного зв'язку надає користувачам своєчасний зворотний зв'язок щодо їхніх операцій. Це може бути візуальним, як-от підсвічування та зворотний зв'язок пальця, або слуховим, зі звуковими ефектами при різних статусах вибору користувача (зокрема спостереження, наведення, початок дотику, кінець дотику тощо).

Поєднуючи ці модулі, система пропонує користувачам високоінтелектуальний та персоналізований інтерактивний досвід. Інтегруючи різні методи введення, користувачі можуть взаємодіяти з віртуальною інформацією більш інтуїтивно та ефективно. Крім того, включення інтерактивних об'єктів і механізм зворотного зв'язку гарантує, що користувачі отримують своєчасний і інформативний відгук про свої дії, що ще більше покращує їх розуміння системи та контроль над нею. Загалом, мультимодальний модуль сприйняття та взаємодії значно покращує інтерактивний досвід і дозволяє користувачам ефективно співпрацювати та впроваджувати інновації в реальних сценаріях.

Модуль збору даних відстеження очей використовує інтегровану систему відстеження очей для збору даних погляду, необ-

хідних дослідникам, за допомогою налаштованих сценаріїв відстеження очей. Система включає спеціальні камери та датчики для відстеження очей, які забезпечують високоточне відстеження з низькою затримкою, а також автоматичний пошук зіниці та компенсацію руху голови. Цей модуль складається з підмодуля збору даних і підмодуля обробки даних.

Висновки. У цьому дослідженні пропонується механізм покращення інтерактивності дизайну веб-застосунку, як основи системи візуалізації доповненої реальності, що ґрунтується на реалізації системи візуалізації доповненої реальності, яка зосереджена на потенціалі технологій візуалізації доповненої реальності для покращення прийняття рішень

людиною за рахунок покращеного мультимодального сприйняття та взаємодії. Система візуалізації надає інформацію, яка допомагає прийняти рішення, а мультимодальне сприйняття та методи взаємодії в AR, особливо технологія стеження за очима, забезпечують захоплююче середовище прийняття рішень під сценою, що значно покращує здатність користувача розуміти інформацію для прийняття рішень.

Для подальшого розвитку цієї галузі майбутні дослідження повинні бути зосереджені на покращенні сприйняття реальності, розпізнавання цілей і відстеження для досягнення різноманітних і природних взаємодій, тим самим підвищуючи якість і ефективність прийняття складних рішень.

Література:

1. Мірошниченко М.Ю. Дослідження способів візуалізації тривимірних сцен у реальному часі. *Сучасні комп'ютерні та інформаційні системи і технології*: матеріали III Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конф. м. Запоріжжя, (12–19.12.2022 р.), ТДАТУ. 2022. С. 155–162.
2. Марченко А. А., Ємельова А. П. Візуальні засоби дизайну в системі корпоративної ідентифікації. *Науковий погляд*. 2021. № 6 (78). <https://naukajournal.org/index.php/naukajournal/article/view/2417>
3. Інформаційна система підтримки процесів прийняття рішень при формуванні портфеля цінних паперів / А. Сенік, О. Манзій, Ю. Футрик, О. Степанюк, Ю. Сенік. *Інформаційні системи та мережі*. 2022. № 11. С. 39–55. DOI: 10.23939/sisn2022.11.039
4. Тютюнник А. В. Технології візуалізації у світових дослідженнях. *Open educational e-environment of modern University*. 2020. № 9. С. 161–168.
5. Goyal Akshay. Visualization of Industrial Production Processes using 3D Simulation Software for Enhanced Decision-Making. *Scandinavian Simulation Society*. 2023. P. 94–102.
6. Bancillon Melanie, Padilla Lace, Ottley Alvitta. Improving Evaluation Using Visualization Decision-Making Models: A Practical Guide. 2023. DOI: 10.1007/978-3-031-34738-2_4.
7. Oral Emre, Chawla Ria, Wijkstra Michel, Mahyar Narges, Dimara Evanthia. From Information to Choice: A Critical Inquiry Into Visualization Tools for Decision Making. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. 2023. DOI: 10.1109/TVCG.2023.3326593.
8. Llaha Olta, Aliu Azir, Kadēna Esmeralda. Application of clustering methods and data visualization for decision making in higher education. *Journal of Awareness*. 2023. Volume 8. P. 297–303. DOI: 10.26809/joa.2081.
9. Sharma Sharad. Data Visualization and its impact in decision making in business. 2023. DOI: 10.13140/RG.2.2.21906.12483.
10. Lan Chen, Wang Xuexi, Ren Junxia, Chen Xiaoxu, Chen Siming. Intelligent Government Decision-Making: A Multidimensional Policy Text Visualization Analysis System. 2023. DOI: 10.1007/978-981-99-3925-1_9.
11. Benitez Alejandro, Herrera Linda, Pacheco-Velazquez Ernesto, Espinosa José. Visualization, Serious Games and Decision Making. *European Conference on Games Based Learning*. 2022. № 16. P. 225–235. DOI: 10.34190/ecgbl.16.1.695.
12. Sanjay Saifi, Ramiya M. Anandakumar Web-based visualization and rendering of aerial LiDAR point cloud for urban flood simulation. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*. 2024. DOI: 10.1108/IJDRBE-07-2023-0079.
13. Abu-ALSondos Ibrahim. The impact of business intelligence system (BIS) on quality of strategic decision-making. *International Journal of Data and Network Science*. 2023. № 7. P. 1901–1912. DOI: 10.5267/j.ijdns.2023.7.003.

14. Alves Tomás, Delgado Tiago, Henriques-Calado Joana, Gonçalves Daniel, Gama Sandra. Exploring the role of conscientiousness on visualization-supported decision-making. *Computers & Graphics*. 2023. DOI: 10.1016/j.cag.2023.01.010.
15. Bayrak Meydanoglu Ela. Applying Situated Visualization for Supporting Consumer Decision-Making. 2023. DOI: 10.3726/b20350.
16. Su Yinhua. Visualization design of health detection products based on human-computer interaction experience in intelligent decision support systems. *Mathematical Biosciences and Engineering*. 2023. № 20. P. 16725–16743. DOI: 10.3934/mbe.2023745.
17. Havig Paul, McIntire John, Compton Andrew, Heft Eric. Evaluation of tangible user interfaces for command and control in virtual environments. 2008. P. 55–69. DOI: 10.1117/12.773374.
18. Carollo Alessandro, Stanzione Alfonso, Fong Seraphina, Gabrieli Giulio, Lee Albert, Esposito Gianluca. Culture and the assumptions about appearance and reality: a scientometric look at a century of research. *Frontiers in Psychology*. 2023. №14. DOI: 10.3389/fpsyg.2023.1140298.

References:

1. Miroshnychenko, M.Y. (2022). Doslidzhennia sposobiv vizualizatsii tryvymirnykh stsen u real'nomu chasi [Research of methods of visualization of three-dimensional scenes in real time]. In *Suchasni komp'uterni ta informatsiini systemy i tekhnolohii: materialy III Vseukrains'koi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii* (pp. 155–162). Zaporizhzhia: TDATU [in Ukrainian].
2. Marchenko, A.A., & Yemel'ova, A.P. (2021). Vizual'ni zasoby dyzainu v systemi korporatyvnoi identyfikatsii [Visual design tools in the corporate identification system]. *Naukovyi Pohliad*, (6)78. Retrieved from <https://naukajournal.org/index.php/naukajournal/article/view/2417> [in Ukrainian].
3. Senyk, A., Manziy, O., Futryk, Y., Stepaniuk, O., & Senyk, Y. (2022). Informatsiina systema pidtrymky protsesiv pryiniattia rishen' pry formuvanni portfelia tsinnykh paperiv [Information system for supporting decision-making processes in the formation of a securities portfolio]. *Informatsiini Systemy ta Merezhi*, (11), 39-55. <https://doi.org/10.23939/sisn2022.11.039> [in Ukrainian].
4. Tyutyunnyk, A.V. (2020). Tekhnolohii vizualizatsii u svitovykh doslidzhenniakh [Technologies of visualization in global studies]. *Open educational e-environment of modern University*, (9), 161–168 [in Ukrainian].
5. Goyal, A. (2023). Visualization of Industrial Production Processes using 3D Simulation Software for Enhanced Decision-Making. *Scandinavian Simulation Society*, 94–102.
6. Bancilhon, M., Padilla, L., & Ottley, A. (2023). Improving Evaluation Using Visualization Decision-Making Models: A Practical Guide. https://doi.org/10.1007/978-3-031-34738-2_4
7. Oral, E., Chawla, R., Wijkstra, M., Mahyar, N., & Dimara, E. (2023). From Information to Choice: A Critical Inquiry Into Visualization Tools for Decision Making. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2023.3326593>
8. Llahá, O., Aliu, A., & Kadëna, E. (2023). Application of clustering methods and data visualization for decision making in higher education. *Journal of Awareness*, 8, 297-303. <https://doi.org/10.26809/joa.2081>
9. Sharma, S. (2023). Data Visualization and its impact in decision making in business. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21906.12483>
10. Chen, L., Wang, X., Ren, J., Chen, X., & Chen, S. (2023). Intelligent Government Decision-Making: A Multidimensional Policy Text Visualization Analysis System. https://doi.org/10.1007/978-981-99-3925-1_9
11. Benitez, A., Herrera, L., Pacheco-Velazquez, E., & Espinosa, J. (2022). Visualization, Serious Games and Decision Making. *European Conference on Games Based Learning*, (16), 225-235. <https://doi.org/10.34190/ecgbl.16.1.695>
12. Saifi, S., & Anandakumar, R. M. (2024). Web-based visualization and rendering of aerial LiDAR point cloud for urban flood simulation. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-07-2023-0079>
13. Abu-ALSondos, I. (2023). The impact of business intelligence system (BIS) on quality of strategic decision-making. *International Journal of Data and Network Science*, (7), 1901–1912. <https://doi.org/10.5267/j.ijdns.2023.7.003>
14. Alves, T., Delgado, T., Henriques-Calado, J., Gonçalves, D., & Gama, S. (2023). Exploring the role of conscientiousness on visualization-supported decision-making. *Computers & Graphics*. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2023.01.010>
15. Bayrak Meydanoglu, E. (2023). Applying Situated Visualization for Supporting Consumer Decision-Making. <https://doi.org/10.3726/b20350>

16. Su, Y. (2023). Visualization design of health detection products based on human-computer interaction experience in intelligent decision support systems. *Mathematical Biosciences and Engineering*, (20), 16725–16743. <https://doi.org/10.3934/mbe.2023745>
17. Havig, P., McIntire, J., Compton, A., & Heft, E. (2008). Evaluation of tangible user interfaces for command and control in virtual environments. 55–69. <https://doi.org/10.1117/12.773374>
18. Carollo, A., Stanzione, A., Fong, S., Gabrieli, G., Lee, A., & Esposito, G. (2023). Culture and the assumptions about appearance and reality: a scientometric look at a century of research. *Frontiers in Psychology*, (14). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1140298>