УДК 655.3:658.8

ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВЗАЄМОДІЇ КОРИСТУВАЧА З ДРУКОВАНИМИ ВИДАННЯМИ, ДОПОВНЕНИМИ ЦИФРОВИМИ ОБ'ЄКТАМИ

[1]Олександр СУПРУН, [2]Артем КАРПОВ
[1]доцент, кафедра МСТ, ХНУРЕ
[2]студент, кафедра МСТ, ХНУРЕ

Abstract. *An approach to evaluating the quality of user interaction with printed publications enhanced with digital objects based on augmented reality (AR) technologies is considered. A system of indicators is proposed that takes into account the accessibility of digital content, activation speed, accuracy of printed marker recognition, stability of virtual object display, and usability of user interaction. The feasibility of using an integrated quality indicator is substantiated, enabling the comparison of different methods of integrating digital content into printed products. The proposed approach can be applied in the development of interactive educational materials, multimedia books, advertising materials, and museum publications.*

Keywords: *augmented reality, printed publications, digital content, multimedia technologies, user experience, quality assessment, interactive printed products.*

Інтеграція технологій доповненої реальності в друковані видання створює можливості для розширення традиційного інформаційного середовища за рахунок тривимірних моделей, анімації, відеоматеріалів, аудіосупроводу та інтерактивних елементів. У результаті друковане видання перетворюється на комбінований медіапродукт, у якому фізична сторінка виконує функцію носія інформації та точки доступу до цифрового контенту. Водночас ефективність такого рішення залежить не лише від якості друку або візуальної привабливості цифрових об'єктів, а й від того, наскільки швидко, зрозуміло та стабільно користувач може отримати доступ до додаткової інформації. Проблеми розпізнавання маркерів, затримки завантаження, нестабільного позиціювання тривимірних моделей і складної навігації можуть знижувати загальну якість взаємодії навіть за високої якості самого цифрового контенту. Тому актуальним завданням є розроблення комплексного підходу до оцінювання взаємодії користувача з друкованими виданнями, доповненими цифровими об'єктами.

Доцільно виокремити п'ять основних складових якості взаємодії:

- технічна доступність — можливість коректного запуску цифрового контенту на пристроях користувачів;
- швидкість взаємодії — час від наведення камери на сторінку до появи цифрового об'єкта;
- точність розпізнавання — здатність системи правильно ідентифікувати друкований маркер або зображення;
- стабільність відображення — збереження просторового положення цифрового об'єкта під час переміщення пристрою;
- зручність користування — зрозумілість інтерфейсу, простота навігації та відповідність цифрового доповнення інформаційним потребам користувача.

Для кількісного оцінювання окремих характеристик можна застосувати стандартні метрики комп'ютерного зору та показники користувацького досвіду.

Зокрема, точність розпізнавання визначається як

$$P = \frac{TP}{TP + FP}$$

де TP — кількість правильно розпізнаних маркерів, FP — кількість хибних спрацьовувань.

Повнота розпізнавання визначається виразом

$$R = \frac{TP}{TP + FN}$$

де FN — кількість випадків, коли маркер не було розпізнано.

Для узагальнення точності та повноти доцільно використовувати F_1-міру:

$$F_1 = 2 \cdot \frac{P \cdot R}{P + R}$$

Однак технічні показники не відображають усіх аспектів користувацького досвіду. Тому додатково необхідно оцінювати час активації цифрового об'єкта, частку успішних сеансів взаємодії та суб'єктивну оцінку зручності користування. Для формалізації комплексного оцінювання пропонується використовувати інтегральний показник якості взаємодії:

$$Q_{UX} = w_1 Q_{tech} + w_2 Q_{time} + w_3 Q_{stab} + w_4 Q_{usab}$$

де Q_{tech} — нормована оцінка технічної якості розпізнавання; Q_{time} — оцінка швидкості активації контенту; Q_{stab} — оцінка стабільності відображення; Q_{usab} — оцінка зручності користування; w_i — вагові коефіцієнти, для яких виконується умова

$$\sum_{i=1}^{4} wi = 1, \quad wi \geq 0.$$

Для забезпечення порівнюваності результатів час активації необхідно вимірювати за однакових умов тестування, використовуючи однакові пристрої, освітлення та відстань до друкованого видання. Отримані значення нормуються до діапазону від 0 до 1, що дає змогу об'єднати показники різної фізичної природи в єдину систему оцінювання. Показник стабільності відображення Q_{stab} характеризує здатність цифрового об'єкта зберігати правильне положення, масштаб і орієнтацію відносно друкованого маркера протягом сеансу взаємодії. Під час його визначення доцільно враховувати частоту втрати маркера, кількість повторних ініціалізацій, тривалість безперервного відображення та величину зміщення віртуального об'єкта відносно заданого положення.

Показник зручності користування Qusab може визначатися за результатами анкетування користувачів, оцінювання зрозумілості інтерфейсу, простоти запуску цифрового контенту та суб'єктивного сприйняття якості взаємодії. Поєднання об'єктивних технічних вимірювань із суб'єктивними оцінками дає змогу комплексніше дослідити особливості взаємодії користувача з друкованими виданнями, доповненими технологіями доповненої реальності.

Для перевірки практичної придатності моделі доцільно порівняти декілька варіантів друкованих видань: традиційне видання без цифрових доповнень,

видання з переходом до цифрового контенту за QR-кодом і видання з використанням AR-маркерів. Таке порівняння дасть змогу визначити переваги та обмеження різних способів інтеграції цифрових об'єктів, а також сформувати рекомендації щодо проєктування інтерактивних навчальних посібників, мультимедійних книг, рекламних матеріалів і музейних видань.

Під час проведення експерименту важливо забезпечити однакові умови тестування, зокрема використовувати ті самі мобільні пристрої, однакове освітлення, ідентичний інформаційний матеріал і порівнювані за складністю завдання. Суб'єктивні характеристики можна визначати за допомогою стандартизованих опитувальників, наприклад System Usability Scale (SUS), доповнених питаннями щодо зрозумілості взаємодії з друкованим виданням.

Запропонований підхід дає змогу перейти від оцінювання окремих технічних характеристик AR-системи до комплексного аналізу взаємодії користувача з друкованим медіапродуктом. Його практичне застосування може сприяти обґрунтованому вибору технології цифрового доповнення залежно від призначення видання, цільової аудиторії та умов використання.

Сформовано підхід до оцінювання якості взаємодії користувача з друкованими виданнями, доповненими цифровими об'єктами. Визначено основні складові якості: технічну доступність, швидкість активації, точність розпізнавання, стабільність відображення та зручність користування. Запропоновано інтегральний показник, який дає змогу об'єднати технічні й користувацькі характеристики в єдину систему оцінювання. Подальші дослідження доцільно спрямувати на експериментальну перевірку запропонованої моделі, визначення вагових коефіцієнтів і порівняння QR-технологій із маркерними AR-рішеннями на різних типах друкованої продукції.

Список літератури

1. Siekański P., Michoński J., Bunsch E., Sitnik R. CATCHA: Real-Time Camera Tracking Method for Augmented Reality Applications in Cultural Heritage Interiors. *ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2018.* 7(12), 479. DOI: 10.3390/ijgi7120479.

2. Супрун О., Білова А., Сиромятникова Д. Вплив технологій доповненої та віртуальної реальності на когнітивну й емоційну залученість користувачів // *Культурологія та соціальні комунікації: інноваційні стратегії розвитку. Харків: ХДАК*, 2025. Ч. 2. С. 273–274.

3. Panteleris P. P., Michel D., Argyros A. A. Toward Augmented Reality in Museums*: Evaluation of Design Choices for 3D Object Pose Estimation. Frontiers in Virtual Reality. 2021*. DOI: 10.3389/frvir.2021.649784.

4. Syromiatnykova D., Suprun O. Technological Innovations in Augmented Reality Systems for Art Performances *// Інформаційні технології в сучасному світі: дослідження молодих вчених. Харків: ХНЕУ*, 2026.