

УДК 373.018.43(07)

Богачков Ю. М., Ухань П. С.

Інститут цифровізації освіти Національної академії педагогічних наук України, Київ, Україна

ORCID ID 0000-0001-5088-7154

ORCID ID 0000-0001-7318-6027

**ПОРІВНЯННЯ СПОСОБІВ ДОБОРУ ЗАСОБІВ І СЕРВІСІВ
ІМЕРСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ЗМІШАНОГО НАВЧАННЯ В
ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ.**

DOI 10.14308/ite000807

Стаття присвячена актуальній проблемі добору засобів та сервісів імерсивних технологій для підтримки змішаного навчання в закладах загальної середньої освіти. Проаналізовано існуючі підходи до вибору таких інструментів, враховуючи стрімкий розвиток технологій та зростання їх кількості. Вступна частина підкреслює, що, попри численні переваги імерсивних технологій (покращення якості навчання, розуміння матеріалу), перед вчителями та учнями стоїть проблема вибору адекватних сервісів, які відповідають їхнім конкретним завданням, враховують потреби, технічну готовність та фінансові можливості.

У статті сформульовано проблему розроблення способів пошуку оптимальних сервісів. Зазначається, що вибір ускладнюється в умовах змішаного навчання, де необхідно управляти різноманітними ресурсами та враховувати індивідуальні потреби учнів. Аналіз останніх досліджень підтверджує важливість імерсивних технологій для сучасних освітніх інновацій, особливо для інклюзивної освіти та розвитку критичного мислення. У роботі порівнюються чотири основні способи добору сервісів: Пошуковий (1) вибір оптимального сервісу із існуючого переліку на основі заданих критеріїв. Конструювальний (2) формулювання опису ідеального сервісу, а потім пошук того, що відповідає критеріям. Прямі запити до ШІ (3) отримання рекомендацій від штучного інтелекту за допомогою прямих запитів. Структуровані запити до ШІ (4) послідовна серія запитів до ШІ для створення спеціалізованої пошукової таблиці, що дозволяє систематизувати пошук.

Автори детально розглядають кожен із цих підходів, виявляючи типові проблеми, з якими стикаються користувачі: відсутність єдиних переліків сервісів, складність у виборі критеріїв оцінки, врахуванні потреб різних користувачів та прогнозуванні навчального ефекту. Як рішення, пропонується використання методу структурованих запитів до ШІ, що дозволяє створити і наповнити власну пошукову базу даних (на прикладі Google Таблиці). Цей спосіб дає змогу гнучко налаштовувати критерії пошуку та накопичувати результати, що робить його універсальним і масштабованим для колективного використання. Сильною стороною запропонованого підходу є можливість систематизації пошуку та гнучкого додавання нової інформації, що дозволяє суттєво звузити коло сервісів, які необхідно аналізувати вручну. Надається перелік робочих промптів та діюча пошукова таблиця сервісів.

У висновках автори підсумовують, що хоча запропонований метод і не дає відповідей на всі проблемні питання, він надає ефективний механізм для їх вирішення. Майбутні дослідження будуть спрямовані на апробацію цього методу та організацію його колективного використання.

Ключові слова: імерсивні технології, змішане навчання, добір сервісів, освітні технології, штучний інтелект, спосіб добору.

1. Вступ

Актуальність. Зараз в освіті спостерігається поширення застосування імпресивних технологій. Ці технології дійсно допомагають покращити якість навчання, покращити розуміння матеріалу і мають інші переваги, але для учнів та викладачів виникає проблема пошуку адекватних сервісів для тих задач, які стоять саме перед ними. При цьому необхідно враховувати низку факторів: скільки часу витрачає вчитель на підготовку навчальних матеріалів з застосуванням того чи іншого сервісу; скільки часу необхідно витратити на опанування роботи з цим сервісом; наскільки сервіс зручний учням, наскільки вони технічно готові це застосовувати, чи є необхідне обладнання та програмне забезпечення. При доборі сервісів необхідно брати до уваги їх швидкий розвиток. Те, що працює зараз, може бути неефективним через рік.

Постановка проблеми. Виникає проблема розроблення способів пошуку адекватних запитам вчителів та учнів необхідних імпресивних сервісів з урахуванням конкретних груп учнів і програм, за якими вони навчаються, бо для різних програм можуть знадобитись різні сервіси. Додаткова складність вибору таких сервісів виникає при застосуванні змішаного навчання. В цьому випадку досить складно управляти середовищем навчання з єдиного центру для всіх учнів однаково. Вони мають самостійно обирати сервіси, які правильно працюватимуть із завданнями, запланованими до опрацювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Імпресивні технології (віртуальна, доповнена, змішана реальність, 360-градусне відео, голограми, тактильні інтерфейси) стають важливою складовою сучасних освітніх інновацій, особливо в умовах змішаного навчання. Останніми роками з'явилося чимало публікацій, які розкривають теоретичні засади, практичні аспекти та результати впровадження таких технологій у закладах загальної середньої освіти (ЗЗСО).

У [1] висвітлено теоретичні основи імпресивних технологій та їх інтеграції в освітні практики. Надано порівняльний аналіз використання імпресивних технологій у традиційному та змішаному навчанні. Проведено огляд платформ (AR Book, Blippar, ARTutor), 360-градусного відео, засобів AR для підтримки змішаного навчання. Запропоновані методичні рекомендації для вчителів щодо впровадження імпресивних технологій у різних навчальних предметах.

В [2] розглядаються моделі змішаного навчання (ротаційна, гнучка, особистісно орієнтована, збагаченого віртуального середовища). Визначаються переваги імпресивних технологій для інклюзивної освіти, особливо для учнів з особливими освітніми потребами. Підкреслюється, що VR та AR сприяють розвитку критичного мислення, зацікавленості, інтерактивності навчального середовища та практичного засвоєння складних тем. Наведено порівняльний аналіз використання імпресивних технологій у традиційному та змішаному навчанні. Визначені параметри для порівняння: контекст використання, взаємодія, індивідуалізація, гнучкість, соціалізація, мотивація, оцінювання тощо. Зазначено, що у змішаному навчанні імпресивні технології забезпечують більшу автономність, адаптивність до індивідуальних потреб, розширюють доступ до ресурсів, сприяють розвитку навичок саморегуляції.

В [3] наведено огляд імпресивних технологій для підтримки змішаного навчання. Описано характеристики сучасних імпресивних сервісів, їхні переваги, недоліки та ризики впровадження. Підкреслюється важливість педагогічної підтримки, контролю часу використання технологій, адаптації контенту до вікових та психофізіологічних особливостей учнів.

В [4] наведено систематичний огляд рецензованих досліджень щодо інтеграції імпресивних технологій, зокрема віртуальної та доповненої реальності (VR) – у STEM-освіту. Огляд охоплює дослідження з 2002 по 2023 рік. Проаналізовано їх (VR та AR) вплив на залученість студентів, результати навчання та володіння STEM-навичками. Огляд показав, що в 72,73% досліджень повідомлялось про позитивний вплив на навчальний досвід, причому доповнена реальність (AR) є найпоширенішою технологією.

У [5] розглядається швидке зростання кількості наукових публікацій про імерсивні технології, про що свідчать дані Scopus, а також розглядається формування та розвиток цієї галузі досліджень. У ній висвітлюється зростаюче впровадження імерсивних навчальних технологій та їхня роль у забезпеченні якісної освіти, особливо у Сполучених Штатах.

Стаття [6] містить огляд вибраних доповідей з конференції ACNS з хмарних та імерсивних технологій в освіті, що охоплюють такі теми, як адаптивні хмарні навчальні платформи, застосування імерсивних технологій в освіті, а також проектування та впровадження імерсивних навчальних середовищ. Вона слугує цінним ресурсом для сучасних досліджень та інноваційних підходів у цій галузі.

В [7] наголошено що VR та AR наразі мають найбільший вплив на органи сприйняття людини, і їхній потенціал для освіти ще не повністю вивчений. Наступні властивості формують перспективи застосування VR та AR:

1. *Візуальна орієнтація.* У віртуальному просторі можна вільно розглядати будь-який процес чи об'єкт детально з різних ракурсів, що набагато цікавіше, ніж розглядати статичні зображення в підручнику.

2. *Концентрація.* У віртуальному середовищі неможливо відволікатися на зовнішні подразники, що дозволяє сильно зосередитися на матеріалі.

3. *Максимальна залученість.* Стереоскопічні зображення та об'ємний звук створюють повну ілюзію для людських органів чуття. Відстеження рухів та положень учня у віртуальному середовищі додає ефект присутності. Деякі технологічні рішення дозволяють реалізувати навіть тактильні відчуття. Крім того, імерсивні технології надають можливість повністю контролювати та змінювати сценарій навчання. Учень може бути свідком історичних подій, проводити експеримент з фізики чи хімії або вирішувати проблему в ігровій та зрозумілій формі. Фактично, учень майже природно взаємодіє з об'єктами навчання чи дослідження.

4. *Безпека.* Можна безуспішно виконати складну операцію, спробувати керувати космічним човником, провести експеримент з небезпечними хімічними речовинами або вибухівкою, зазнавши при цьому багатьох невдач і не завдавши реальної шкоди собі чи іншим.

5. *Ефективність навчання та якість засвоєння знань,* що підтверджується дослідженнями.

У [8] дослідили ефективність моделі змішаного навчання, що інтегрує мобільні пристрої та віртуальну реальність (VR) у підвищенні мотивації учнів до навчання. Було розроблено наукову модель оцінки для комплексної оцінки впливу моделі змішаного навчання на підвищення мотивації на різних рівнях та вимірах. Показано, що суб'єктивна мотивація та зовнішні стимули продемонстрували значне покращення, особливо серед учнів із середнім та високим рівнем мотивації. Надано чіткі рекомендації щодо оптимізації навчального дизайну для підвищення мотивації до навчання.

У [9] презентовано систематичний огляд тенденцій та результатів застосування імерсивного навчання у педагогічній освіті. Показано, що VR та AR були найчастіше досліджуваними імерсивними технологіями, головним чином тому, що вони підтримували захопливий та інтерактивний навчальний досвід. Ці останні тенденції свідчать про все більшу увагу до таких технологій, як VR, AR та MR, у відповідь на зростаючий попит на інноваційні методи навчання та цифрові навчальні середовища. Результати в розглянутих дослідженнях свідчать про те, що імерсивне навчання у педагогічній освіті позитивно впливає на різні аспекти підготовки вчителів, включаючи знання змісту, навички управління класом та рефлексивну практику. Вони покращують мотивацію, залученість, самоефективність та готовність до навчання у кандидатів на посаду вчителів. Однак ефективність цих інструментів може відрізнятися залежно від таких факторів, як тип технології, глибина навчання та культурний контекст.

У [10] наведено параметри для порівняння особливостей використання імерсивних технологій у традиційному та змішаному навчанні в ЗЗСО: контекст використання, взаємодія між учнем і вчителем, індивідуалізація навчання, гнучкість та доступність технологій, соціалізація та співпраця, навчальне середовище, мотивація учнів, оцінювання знань, ресурсна

забезпеченість, технічна підтримка, інтерактивність освітнього процесу, розвиток навичок саморегуляції, роль батьків у навчанні, педагогічний підхід, розвиток навичок саморегуляції. Здійснено порівняльний аналіз особливостей використання імерсивних технологій у традиційному та змішаному навчанні в ЗЗСО за визначеними параметрами.

У [11] наведено ґрунтовний перелік імерсивних засобів та середовищ з детальним аналізом їх функціональних можливостей. Зокрема VR-шоломи (гарнітури), що забезпечують візуальне та звукове занурення у віртуальний світ. Контролери руху – дозволяють взаємодіяти з об'єктами у віртуальному середовищі. Трекінгові системи та датчики для точного відстеження рухів користувача у просторі. Аксесуари та додаткові пристрої: біометричні рукавички для відстеження рухів пальців, бігові доріжки для руху в просторі, тактильні жилети для відчуття дотиків чи ударів; навушники або вбудовані динаміки, що забезпечують імерсивний звук.

У [12] проаналізовані можливості, які надає імерсивне середовище, зокрема: перенестися в повністю штучне комп'ютерне середовище, досягнути відчуття присутності в навколишньому середовищі, одержати відчуття контролю над законами фізики, досягти відчуття нереального часу, де ситуації можуть бути представлені в повільному або швидкому темпі, досягти високого рівня взаємодії, який може дорівнювати або перевищувати рівень, досяжний у реальному світі, переконатися, що взаємодія з штучним середовищем повністю природна та інтуїтивно зрозуміла, повторювати дії до тих пір, поки не буде досягнуто бажаного результату, виконувати все в безпечному середовищі.

У [13] визначені критерії та показники добору цифрових технологій для реалізації змішаного навчання у закладі загальної середньої освіти. Тут не будемо перелічувати всі критерії. Наведемо лише назви груп критеріїв. А саме форми подання навчального матеріалу та мультимедійність, структура представлення інформації, взаємодія з навчальним контентом.

В [15] описано квазіекспериментальне дослідження з кількісним підходом та експериментами як методами збору даних. Результати показали, що середній бал експериментального класу, в якому впровадили віртуальну лабораторію PhET, до навчання становив 44,40, а бал після навчання – 76,20, тоді як середній бал експериментального класу, в якому впроваджено реальну лабораторію, становив до навчання 43,80, а бал після навчання – 84,20. Зроблено висновок, що застосування віртуальної лабораторії PhET є майже таким же ефективним, як і застосування реальної фізичної лабораторії.

У [16] на основі більше ніж 1200 статей досліджуються наступні показники застосування імерсивності.

1. Який вплив має досвід імерсивної реальності на вивчення природничих наук?
2. У яких галузях науки (наприклад, фізика, хімія, біологія) технологія імерсивної реальності найбільше впливає на навчання?
3. У якому класі технологія імерсивної реальності найбільше впливає на навчання?
4. Який тип застосування імерсивної реальності (наприклад, доповнена реальність, віртуальна реальність) є більш ефективним у вивченні природничих наук?

Висновки огляду літератури. Імерсивні технології у змішаному навчанні підвищують мотивацію, залученість, забезпечують гнучкість та індивідуалізацію освітнього процесу. Вони особливо ефективні для учнів з особливими освітніми потребами, сприяють інклюзії та розвитку навичок самостійного навчання. Використання VR, AR, MR, XR дозволяє створювати інтерактивне навчальне середовище, моделювати складні явища, проводити симуляції, що сприяє кращому засвоєнню матеріалу. Для ефективного впровадження імерсивних сервісів в навчання необхідні методичні рекомендації, підготовка педагогів, адаптація контенту та врахування індивідуальних особливостей учнів. Важливою передумовою для застосування імерсивних сервісів є наявність відповідних програмно-технічних засобів.

Мета статті: розглянути та порівняти способи добору сервісів імерсивних технологій у контексті підтримки змішаного навчання.

Об'єкт дослідження: інформаційні ресурси різного типу, які можуть містити інформацію про сервіси імерсивних технологій. *Предмет дослідження:* способи добору сервісів імерсивних технологій в залежності від потреб учасників змішаного навчання.

Подання основного матеріалу. Проаналізуємо детальніше предмет дослідження даної статті. Сама задача добору сервісів в цілому виглядає так. Учасники навчального процесу (вчитель, учень) мають певні потреби удосконалення процесу змішаного навчання і бажають добрати відповідні імерсивні сервіси, які закривають ці потреби.

Щоб розібратися в потребах ми можемо скористатися майнд картою змішаного навчання. Вона відображає учасників цього процесу, з чим і як вони взаємодіють, аспекти та атрибути такої взаємодії. З цієї майнд карти можемо виокремлювати необхідну інформацію. Наприклад, перелік ефектів або ознак змішаного навчання [14].

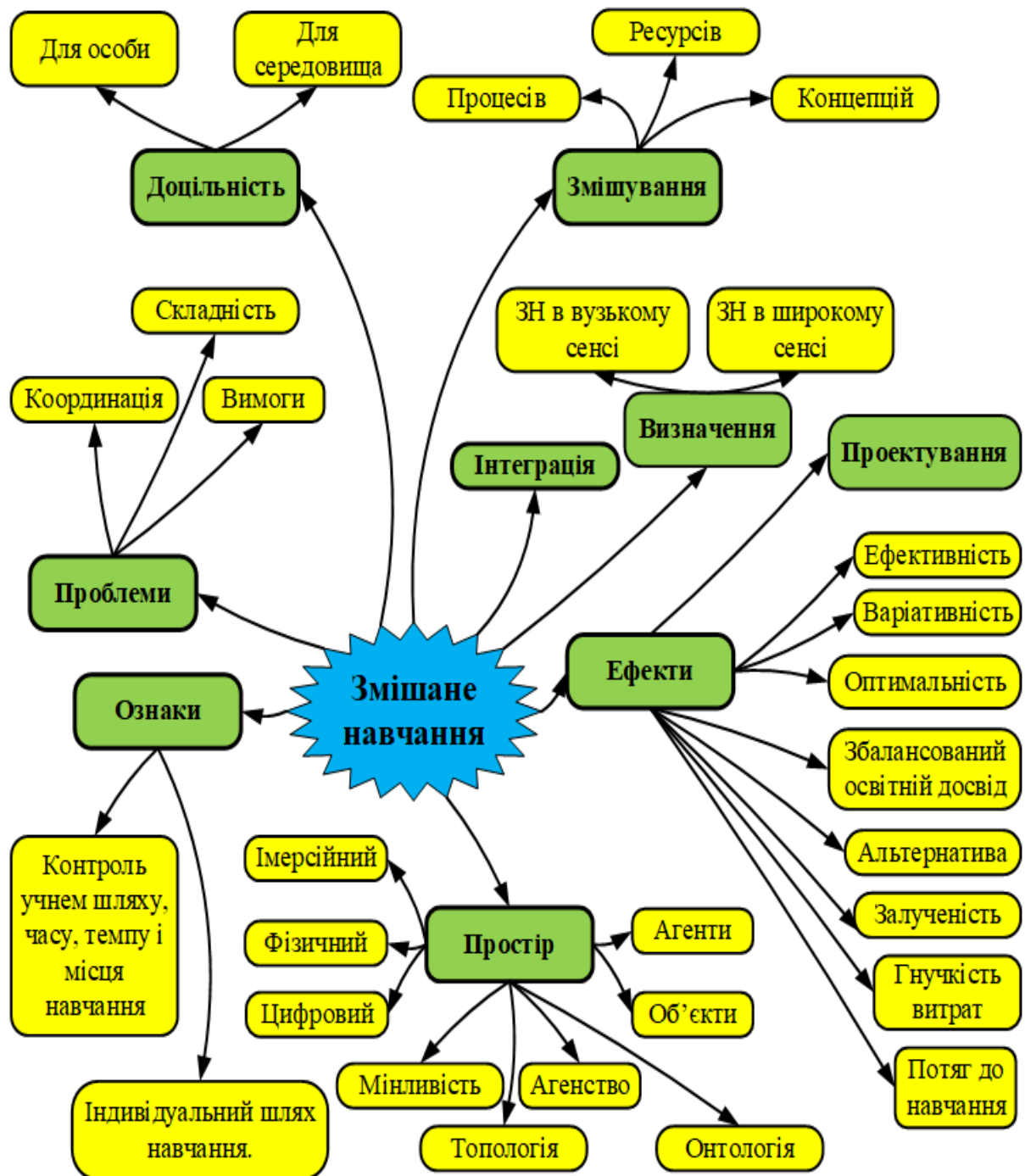


Рис. 1. Майнд карта змішаного навчання

Добір сервісів, на нашу думку, може здійснюватись різними способами. В даній статті ми розглянемо чотири таких способи і спробуємо їх порівняти.

Це наступні способи:

пошуковий - це спосіб, при якому серед наявних сервісів обираються в деякому сенсі оптимальні сервіси для тих задач, які ми маємо вирішувати.

конструювальний - спосіб, при якому *формулюється опис оптимального* (найкращого) сервісу, який може бути застосований для сукупності задач, які ми маємо вирішувати.

прямі запити до ШІ - спосіб, при якому виконується прямий запит до штучного інтелекту порекомендувати доцільний сервіс.

структуровані запити до ШІ - спосіб, при якому виконується серія структурованих запитів до ШІ. Відповіді зводяться в спеціалізовану пошукову таблицю. Подальший пошук сервісів відбувається в пошуковій таблиці.

Контекст. Як можна бачити з Рис. 1. змішане навчання досить багатоаспектний процес. Добір оптимальних сервісів має враховувати цю багатоаспектність. Ми маємо враховувати на якому рівні (та для кого) приймається рішення. На рівні викладача, на рівні класу, на рівні вивчення предмету, на рівні школи або району чи області. При доборі сервісу на будь якому рівні доцільно керуватись сукупним навчальним ефектом для всіх користувачів в реальних умовах використання. Це означає, що ми маємо враховувати конкретні навчальні програми для конкретних користувачів. Враховувати кількість користувачів та очікуваний обсяг використання сервісів. Також, важливо розуміти та враховувати сукупний очікуваний навчальний ефект (приріст ефективності) від застосування сервісів і сукупні необхідні ресурси. Можливі ситуації, коли просте рішення за сукупним приростом ефективності більш результативне ніж технологічно просунуте.

Тому, перед вибором сервісів необхідно спочатку з'ясувати, який ефект ми очікуємо від застосування певних сервісів. З одного боку, очікуваний результат застосування сукупності сервісів узагальнений. Він може виражатися в підвищенні результатів оцінювання за певний період навчання або здачі тестів. Але для планування, які сервіси обрати для отримання бажаного загального результату, необхідно мати дані щодо детального впливу кожного сервісу в кожній темі застосування в певних умовах. Зазвичай таких даних немає, і це є проблемою для добору сервісів.

Перед розглядом способів добору сервісів пригадаємо концепт виникнення ефекту імерсивності. Ефект імерсивності полягає у тому, що на деякі органи чуття подають штучно створені впливи. Якщо ці впливи є такими, що забезпечується *сенсорна конгруентність* та *когнітивна узгодженість*, то виникає ефект імерсивності. Тобто людина сприймає штучні впливи як реальні. Вона поводить з ними як з реальними. На ці впливи накладається поточний досвід людини та особистий психофізіологічний відгук. Тобто, різні люди (з різним досвідом та різним психофізіологічним відгуком) будуть по різному реагувати на однаковий комплекс імерсивних впливів. Тим не менш, можемо припустити, що існує значний масив комплексів впливів, на які різні люди реагують приблизно однаково.

Сенсорна конгруентність означає узгодженість між тим, що бачить, чує, відчуває і взагалі сприймає людина через органи чуття. Якщо візуальні, аудіальні, тактильні та інші сигнали надходять синхронно і реалістично — мозок сприймає їх як справжні. *Когнітивна узгодженість* означає, що є логічна відповідність між подіями в середовищі, його сценарієм, діями користувача та очікуваними результатами. Це дозволяє мозку «прийняти» середовище як реальне, навіть якщо воно подається через штучно створені сигнали.

4.Результати дослідження

Пошуковий спосіб. Розглядаємо існуючий перелік доступних сервісів, та обираємо за встановленими критеріями серед них. Якщо ми застосуємо одразу всі критерії, то можлива ситуація, що не буде обрано жодного сервісу. Якщо додаємо критерії по черзі, то важлива

послідовність їх застосування. В будь якому випадку, якщо в нас є потреба все ж обрати сервіс, то ми маємо послаблювати критерії відбору. Задача вибору зводиться до наступного. Є існуючий перелік сервісів. Ми маємо обрати той, який дозволяє реалізувати найбільшу множину завдань (або досягти найбільший сукупний навчальний ефект). Фактично, ми можемо зіставити сервіси та сукупний навчальний ефект, який вони забезпечують, і обрати сервіс, який надає найбільший сукупний навчальний ефект на визначеній множині задач та для визначеної категорії користувачів.

Переваги. Швидкість пошуку та висока якість результату.

Недоліки. 1. *Необхідно мати (знайти) перелік доступних сервісів?* За нашим досвідом, немає єдиного переліку імерсивних сервісів з достатньо детальною класифікацією або фільтрацією. Тому доводиться робити різноманітні пошукові запити і серед цих відповідей шукати необхідні сервіси. Це вимагає багато часу і не забезпечує бажаний повноцінний результат.

2. *Складність вибору критеріїв пошуку?* Вибір критеріїв складається з двох етапів. Спочатку ми маємо обрати показники, а потім обрати критеріальні значення цих показників. Проблема виникає в тому, як обрати дійсно значущі показники для нашої задачі. Це може бути зроблено експертним шляхом або шляхом дослідження на великих даних. Зазвичай такі дані важко знайти.

3. *Складність враховувати потенційних користувачів?* В нас є користувачі, але це не однорідні групи користувачів. Можуть бути групи з різними запитамі і з різними потребами застосування імерсивності. Ми обираємо один сервіс для застосування до усіх груп одночасно, і тому потрібно обрати найкраще узгоджене рішення. Виникає питання, за яким принципом проводити це узгодження.

4. *Складність оцінювання (прогнозування) ефекту від застосування імерсивних сервісів?* Обираючи той чи інший імерсивний сервіс ми маємо базуватись на відомому ефекті, який він дає. Але таких даних в пошукових базах зазвичай немає. Тому незрозуміло, які дані враховувати при виборі сервісів і де їх взяти.

Конструювальний спосіб - це спосіб, в рамках якого формулюється опис оптимального (найкращого) сервісу, який може бути застосований для сукупності задач, що ми маємо вирішувати. Опис потрібного сервісу формулюємо через перелік критеріїв. Після формування переліку критеріїв та їх значень намагаємось знайти сервіси, які відповідають заявленим критеріям. Фактично, ми формулюємо технічний опис бажаного сервісу. Може так статися, що таких сервісів взагалі не існує, або вони з тих чи інших причин недоступні. На відміну від пошукового способу ми не можемо в принципі перевірити (спрогнозувати) який навчальний ефект дають різні сервіси, бо не маємо переліку цих сервісів. Тому, пропонується оцінювати сукупну ефективність застосування сервісів на основі сформульованих критеріїв підбору.

Переваги. 1. У разі успішного пошуку отримуємо ідеальний сервіс для наших задач.

2. Формулюємо чіткі критерії потрібного сервісу для потенційних розробників сервісів.

Недоліки. 1. *Складність пошуку сервісів згідно сформованих критеріїв?* Тут теж виникає проблема відсутності систематизованих баз даних, в яких перелічено сервіси відповідно до переліку сформованих критеріїв.

2. Висока ймовірність не знайти сервіс за визначеними критеріями.

Прямі запити до ШІ. Цей спосіб передбачає отримувати рекомендації доцільного сервісу за допомогою прямих запитів. Пошук необхідних сервісів здійснюється шляхом прямих запитів до ШІ з наступним експертним опрацюванням проміжних результатів.

Переваги. 1. Швидкість отримання результату.

Недоліки. 1. Необхідність додаткової експертизи для фінального відбору.

2. Складність вибору оптимального для цієї задачі сервісу ШІ.

3. Необхідність мати навички з промт інжинірингу, щоб якісно формулювати запит.

4. Необхідність деталізації запиту для отримання адекватної відповіді.

5. Неможливість повторного застосування запиту з поступовим покращенням результату.

Структуровані запити до ІІІ. Це спосіб, при якому виконується серія структурованих запитів до ІІІ. Відповіді зводяться в спеціалізовану пошукову таблицю. Подальший пошук сервісів відбувається в пошуковій таблиці. Є можливість гнучко налаштовувати критерії пошуку. Якість пошукових результатів через пошукову таблицю збільшується в залежності від обсягу застосування та кількості активних користувачів.

Переваги. 1. Користувач має актуальну пошукову таблицю.

2. Якість та обсяг пошукової таблиці зростають відповідно до обсягу її застосування.

3. Показники та критерії пошуку гнучко налаштовуються користувачами.

4. Гнучкий спосіб застосування критеріїв для пошуку сервісів.

5. Можливість колективного формування та застосування пошукових таблиць

Недоліки. 1. Необхідно створити та наповнити пошукову базу. Це потребує додаткової уваги та навчання.

Всі розглянуті способи добору сервісів потребують додаткового збору та аналізу даних для конкретизації добору сервісів. Далі ми розглянемо процес виявлення та структурування вихідних даних, необхідних для пошуку сервісів.

Зауважимо, що дані, які ми розглядаємо в якості прикладів, ми не оцінюємо стосовно можливості та складності їх отримання. Це дозволяє досліджувати способи в більш широкому полі, ніж зараз потребує практика. Однак під час оцінювання практичної застосовності способу слід враховувати складність отримання та опрацювання даних.

Далі розглядаємо дані, необхідні для обрання сервісів та шляхи їх формування.

Визначаємо *групи користувачів*, для яких добираємо імерсивні сервіси. Маємо враховувати, що чим детальніше ми описуємо групи користувачів, тим точніше можемо обрати для них сервіс. Але є і зворотна сторона. Існує доцільна глибина деталізації, за межами якої втрачається сенс та ефективність деталізованого добору. Основні користувачі це учні та вчителі. В таблиці 1 вказуємо групи користувачів, які відрізняються параметрами (ознаками, властивостями...), важливими для добору сервісів. Бажано вказувати орієнтовну кількість користувачів кожного типу. Це дозволить точніше розраховувати вартісні показники для обраних сервісів. Кількість показників (стовпчиків) в Таблиці 1 може змінюватись в залежності від запланованої детальності та заданої деталізації добору сервісів. Зазвичай таблицю заповнює вчитель, який планує застосовувати імерсивні сервіси. Але це може бути і учень, особливо якщо він є учасником змішаного навчання, де передбачається широка варіативність добору ресурсів навчального середовища.

Таблиця № 1.

Приклади груп користувачів

Користувач	Кількість	Клас	Програма	Вік
Учень 1	20	1	Я і світ	6
Учень 2	30	5	Математика	11
Учень 3	30	9	Фізика	15
Викладач 1	1	1	Я і світ	-
Викладач 2	3	5	Математика	-
Викладач 3	1	9	Фізика	-

Наступним кроком визначаємо запити (проблеми), вказуючи, що саме намагаємось змінити (покращити) завдяки застосуванню імерсивних сервісів. Ці запити доцільно

упорядкувати в групи. В таблиці 2 наведено приклади груп запитів (вимог). Значення показників даються у відсотках по відношенню до існуючого варіанту навчання (викладання) у тих користувачів, для яких обирається імерсивний сервіс. Наприклад, учень застосовує простий підручник і витрачає 2 годни на опанування матеріалу певної теми. Він очікує, що при застосуванні імерсивних сервісів час на опанування того ж самого матеріалу скоротиться до однієї години. Тоді в графу “скорочення часу на опанування матеріалу” запишемо 50%. Аналогічно інші показники. Для деяких показників можна ввести умовні шкали по типу шкали Лайкерта.

Зауважимо, що для формально однакових груп користувачів можуть бути різні запити. Навіть всередині однієї групи можуть бути користувачі з різними запитами. Наприклад, розглянемо учнів одного класу. Запит частини учнів може бути пришвидшити опанування матеріалу, а запит іншої частини підвищити наочність.

Поєднання даних таблиці 1. та таблиці 2. дозволяє конкретизувати задачу пошуку імерсивного сервісу. Наприклад, маємо що викладач (Викладач 3) з фізики в 9 класі має підібрати імерсивні сервіси для викладання програми фізики в 9 класі для 30 учнів. У викладача можуть бути свої вимоги до сервісів. Ці вимоги стосуються складності підготовки матеріалів для застосування в класі та зручності керування навчальним процесом з використанням цих сервісів. Також, можливо, учні діляться на декілька груп за своїми вимогами. Наприклад, 10 учнів мають вимоги групи 1, 15 учнів вимоги групи 2 і 5 учнів вимоги групи 3.

Таблиця № 2.
Приклади груп вимог

Групи запитів (вимог)	Скорочення часу на опанування матеріалу	Розширення змісту матеріалу	Наочність	Мотивація до вивчення	Якість опанування матеріалу
Група 1	10	50	50	40	40
Група 2	30	10	30	60	20
Група 3	50	100	60	30	30
Група 4	20	50	50	30	30
Група 5	20	50	20	40	50
Група 6	20	50	30	10	20

Наступним кроком для кожного навчального елемента програми визначаємо, який тип імерсивності тут може бути застосований. В таблиці 3 заносимо необхідні дані. Для цього обираємо всі навчальні елементи програми (стовпчик 1). Формулюємо конкретну можливість імерсивності, яку можемо (вважаємо педагогічно доцільним) застосувати для обраного навчального елемента. На перетині “начальний елемент” та “можливість імерсивності” вказуємо, наскільки ця можливість *важлива* для досягнення додаткового ефекту в шкалі 0-10. Ці дані є експертними оцінками вчителя (методиста). Їх необхідно інтерпретувати як очікування величини ефектів, які настануть в разі застосування певної імерсивності при вивченні певного навчального елемента. В цій точці ще немає прив'язки до конкретного сервісу, але визначено який функціонал очікується від сервісу.

Таблиця № 3.
Розрахунок важливостей імерсійних можливостей в залежності від тем

№	ТЕМИ	Елемент навчальної програми\ імерсивна можливість	Зміна точки зору	Зміна кута зору	Зміна напрямку зору	Зміна швидкості переміщення	Можливість задати маршрут	Можливість запам'ятати пройдено подорож	Наявність аудіо супроводу	Показ векторів
		Сумарна важливість=>>	47	25	42	45	26	28	40	46
1	Теми 1	Закон Гука	9	1	4	4	8	7	8	8
2	Теми 1	Тертя	1	7	4	9	3	1	5	2
3	Теми 1	Балансування	5	2	8	4	1	6	1	9
4	Теми 1	Сили і рух	9	4	2	9	0	6	5	2
5	Теми 2	Закон Паскаля	3	1	8	5	2	3	4	7
6	Теми 2	Закони відбиття та заломлення світла	8	6	1	5	9	1	3	1
7	Теми 2	Закон збереження енергії	5	1	7	4	1	1	6	8
8	Теми 2	Будова атома. Модель Бора	7	3	8	5	2	3	8	9

Після заповнення таблиці 3 в другому рядку автоматично розраховується сума важливостей по кожній можливій імерсійності на множині всіх навчальних елементів програми, яку досліджуємо. Зауважимо, що при зміні переліку навчальних елементів значення важливостей можливих імерсивностей буде інше. В результаті маємо перелік *затребуваних можливостей імерсійності* з оцінкою їх важливості (ваги) для програми, яку досліджуємо. Наприклад, важливість можливості “зміна точки зору” для перелічених навчальних елементів становить 47, а “зміна кута зору” 25.

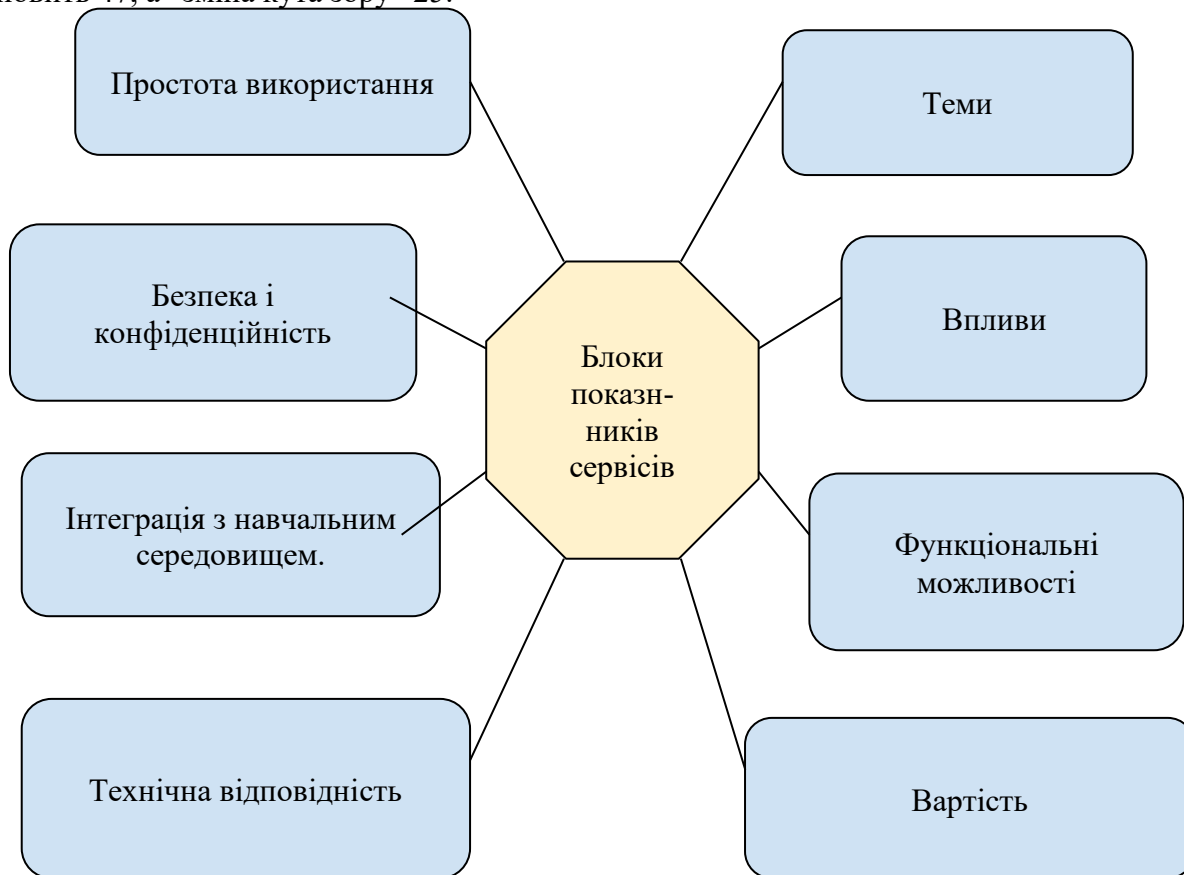


Рис. 2. Блоки показників добору сервісів

Тепер майже все готово для формування пошукової таблиці добору сервісів. Кожний рядок буде представляти один сервіс. В стовпцях буде інформація про сервіс та його показники. Всі показники, які характеризують сервіси, можемо згрупувати в певні блоки. Нижче наведено приклад блоків показників (Рис.2). Приклад не претендує на повноту. Перелік блоків та вибір показників формується в залежності від задач учасників та тематики навчання. Але цей перелік буде досить стабільними для більшості задач, з якими стикаються учасники змішаного навчання.

Нижче детальніше розглянемо блоки показників.

Теми. Обов'язково досліджуємо наявність необхідного готового **змістовного наповнення** в конкретному сервісі. Співставляємо наявне (доступне) змістове наповнення зі змістом, зазначеним в програмі. Окремо виділяємо зміст, який готовий для застосування, який потребує доопрацювання (наприклад переклад українською), та зміст який необхідно розробляти. Кожний варіант змісту може потребувати додаткового опрацювання вчителем для подальшого включення в навчальний процес. Це теж має бути зазначено. Для кожного елементу змісту конкретного сервісу визначаємо трудомісткість виконання робіт вчителем, щоб цей елемент можна було використати у навчальному процесі. Позначаємо конкретні теми, які бажаємо досліджувати за допомогою імерсивних сервісів. Реалізація кожної теми в певному сервісі оцінюється в шкалі 0-10. 0 - означає, що тема ніяк не розкрита в даному сервісі, 10 - означає, що тема повністю реалізована і готова для використання без жодних доопрацювань. Проміжні значення характеризують повноту реалізації теми в певному сервісі. При аналізі тематичного наповнення сервісів ми можемо вказати ступінь важливості реалізації певних тем (в шкалі 0-10). Тоді зважена сума важливості тем та ступеня їх реалізації буде рейтинговим індикатором тематичного наповнення сервісів з урахуванням програми та вимог викладача (див. таблиця 3 рядок “важливість”).

Впливи. Позначаємо впливи, які за нашими очікуваннями стануться завдяки застосуванню імерсійних сервісів. Всі впливи стосуються всього конкретного сервісу. Виражаються у відсотках по відношенню до навчання без застосування імерсивних сервісів. При аналізі впливів сервісів ми можемо вказати ступінь важливості кожного впливу (в шкалі 0-10). Тоді зважена сума важливості впливів та ступеня їх прояву буде рейтинговим індикатором впливів сервісів з урахуванням програми та вимог викладача.

Функціональні можливості при використанні сервісу. Перелік цих можливостей суттєво залежить від тематики матеріалу який вивчається. При аналізі функціональних можливостей сервісів ми можемо вказати ступінь важливості кожної функціональної можливості (в шкалі 0-10) для того матеріалу (теми), який вивчається. Тоді зважена сума важливості функціональних можливостей та ступеня їх прояву буде рейтинговим індикатором функціональних можливостей сервісів з урахуванням програми та вимог викладача.

Простота використання (user-friendly). Сервіси мають бути легкими в освоєнні для користувачів з різним рівнем технічної підготовки. Простота використання визначається через відповідні показники в шкалі 0-10. Зважена сума важливості показників простоти використання та ступеня її прояву буде рейтинговим індикатором простоти використання сервісів з урахуванням програми та вимог викладача.

Безпека та конфіденційність. Переконайтеся, що використання технологій є безпечним для здоров'я учнів (регулярні перерви, налаштування обладнання, відповідність санітарним нормам). Наявність методичних рекомендацій, навчальних курсів, вебінарів та оперативної технічної підтримки для користувачів є надзвичайно важливою. Наявність українськомовного інтерфейсу або можливість локалізації. Для молодших школярів важливі яскраві візуальні елементи та мінімальна текстова інформація, тоді як старшокласники потребують глибшого аналітичного функціоналу. Дослідження наголошують, що персоналізація є ключовою перевагою імерсивних технологій. Наприклад, платформи з адаптивним навчанням можуть автоматично регулювати складність завдань на основі успішності учня. Безпека і конфіденційність визначається через відповідні показники в шкалі 0-10. Зважена сума

важливості показників безпеки і конфіденційності та ступеня їх прояву буде рейтинговим індикатором безпеки і конфіденційності сервісів з урахуванням програми та вимог викладача.

Інтеграція з навчальним середовищем. Платформи, що дозволяють вчителям ділитися власними розробками та досвідом, є більш цінними. Налаштування сценаріїв уроків, додавання власних матеріалів. Інтеграція з навчальним середовищем визначається через відповідні показники в шкалі 0-10. Зважена сума важливості показників інтеграції з навчальним середовищем та ступеня їх прояву буде рейтинговим індикатором інтеграції сервісів з навчальним середовищем з урахуванням програми та вимог викладача.

Вартість. Наступним кроком фіксуємо фінансові (ліцензійні) умови застосування кожного сервісу. Вартість сервісів має бути врахована при їх виборі. Але формати формулювання вартісних умов застосування сервісів дуже різноманітні для різних сервісів. Тому досить складно інформацію про вартість застосувати на практиці стандартизованого пошуку. Пропонується обмежитись трьома категоріями вартості *безкоштовно (1) за оплату (2) та частково доступна (3), наявність демо періоду (4)*. Все інше потрібно аналізувати після вибору сервісу за іншими критеріями.

Технічна відповідність. Аналіз технічної відповідності наявних програмно-апаратних засобів, необхідних для користування сервісом, досить складно автоматизувати. У межах дослідження обмежимося зазначенням операційної системи, сумісної з роботою сервісу.

Нарешті ми маємо все необхідне для формування пошукової таблиці. Розглянемо покроково формування цієї таблиці.

Крок 1. Формуємо базовий перелік імерсивних сервісів, серед яких будемо шукати оптимальні. Для формування базового переліку застосовуємо сервіси штучного інтелекту (ШІ). Загальне завдання ШІ запропонувати перелік імерсивних сервісів, з якими рекомендується працювати в певній предметній області. Доцільно зробити базовий промпт і застосувати його в різних моделях ШІ. Важливо, щоб ці ШІ сервіси мали доступ до інтернет. Бажано запросити надати результати у вигляді таблиці. Рекомендуємо промпт, наведений в Таблиці 4 з назвою “Сервіси”. На момент дослідження з трьох досліджених безкоштовних сервісів (ChatGPT, Gemini та Perplexity) найкращий результат показав Gemini 2.5 Flash. Перевага у швидкості роботи та табличному форматі надання результатів.

Результати всіх запитів зводимо в єдину таблицю, де кожен сервіс зустрічається один раз, вказана його назва, посилання, короткий опис. Цей перелік сервісів ми будемо без змін використовувати в подальших кроках. Нижче на скриншоті Рис. 3 показано фрагмент зведеної таблиці переліку імерсивних сервісів.

	Назва сервісу	Посилання на сервіс	Короткий опис сервісу	Вартість	Операційна система
1	Algodoo	http://www.algodoo.com	2D-симулятор фізики.	Платно	Windows/macOS
2	Apple ARKit	https://developer.apple.com/arkit/	Фреймворк для розробки AR-додатків.	Безкоштовно	iOS/iPadOS
3	AR Atom Visualizer	(Посилання може бути змінено)	Додаток доповненої реальності.	Безкоштовно/Частково	Android/iOS
4	Ar4physics	(Посилання залежить від версії)	Мобільний додаток для фізики.	Безкоштовно	Android/iOS
5	ARBOOK (від FLE)	(Посилання залежить від версії)	Додаток для перетворення 2D-зображень у 3D-модель.	Безкоштовно/Частково	Android/iOS
6	Assemblr EDU	https://edu.assemblr.com/	Платформа для створення AR-додатків.	Частково платно/Безкоштовно	Windows/macOS/Android/iOS
7	Atom Visualizer	(Посилання може бути змінено)	Додаток для візуалізації атомів.	Безкоштовно/Частково	Android/iOS
8	BodyPhysics	https://www.bodyphysics.com/	Сервіс, орієнтований на фізику тіла.	Частково платно/Безкоштовно	Будь-яка ОС через веббраузер

Рис. 3. Фрагмент зведеної таблиці переліку імерсивних сервісів

Крок 2. Для кожного блоку показників та повного переліку сервісів робимо запит до ШІ сформулювати оцінки значень показників для кожного сервісу. Необхідно враховувати, що значення цих показників досить умовні. Рідко для яких сервісів проводились відповідні дослідження та експериментально встановлені значення показників. Тому, ми сприймаємо ці показники як індикатори для попереднього відбору сервісів. Але в подальшій роботі ці показники можуть коригуватись експертами. Для цього кроку рекомендуємо промпти,

перелічені в Таб. № 4. Квадратними дужками виділено ключові змінні елементи промптів. Наприклад, в промпті “Теми” достатньо вказати свій перелік тем та базовий перелік сервісів замість наданого прикладу. Ці промпти готові до застосування. Їх досить легко адаптувати під власні потреби.

Таблиця №4.

Готові промпти для формування пошукової таблиці

Блок показників	Текст промпту
Сервіси	Я викладач з предмету [фізика]. Зараз я планую застосовувати імерсивні сервіси для [курсу дев'ятий клас з фізики]. Порекомендуй мені імерсивні сервіси, які я можу застосувати для цього курсу. Результати пошуку сформууй у вигляді таблиці з наступним колонками: Назва сервісу, Посилання на сервіс, Короткий опис сервісу, Вартість - вказуй через слеш безкоштовно, частково платно, платно, пробний період, Операційна система - вказуй через слеш назви всіх операційних систем на яких сервіс працює.
Теми	Я надаю тобі перелік імерсивних сервісів. Для кожного сервісу в окремій колонці вкажи на скільки повноцінно в даному сервісі реалізована певна тема. Познач числом від 0 до 10. Зазнач 0 - якщо тема не реалізована, 10 - якщо реалізована максимально. Проміжне число, якщо тема реалізована частково. Там, де даних немає, постав значення (-1). Таблицю заповни для всіх сервісів. Надаю перелік тем : [Закон Гука; Тертя; Балансування; Сили і рух;] Ось перелік сервісів, для яких необхідно сформувати таблицю: Algodoo Apple ARKit AR Atom Visualizer ZapWorks
Вплив	Я надаю тобі перелік імерсивних сервісів. Для кожного сервісу в окремій колонці зазнач ступінь його впливу. Познач силу впливу числом від 0 до 10. Зазнач 0 - якщо вплив нульовий, 10 - якщо вплив максимальний. Проміжне число, якщо вплив проміжний. Якщо даних немає, вкажи значення (-1). Сформууй таблицю для всіх сервісів. Надаю перелік впливів : [Скорочення часу на вивчення матеріалу; Розширення змісту; Краща наочність; Підвищення мотивації; Краща якість опанування матеріалу;] Ось перелік сервісів, для яких необхідно сформувати таблицю: Algodoo Apple ARKit AR Atom Visualizer ZapWorks
Можливості	Я надаю тобі перелік імерсивних сервісів. Для кожного сервісу в окремій колонці зазнач ступінь реалізації в ньому певних можливостей. Познач ступінь реалізації можливості числом від 0 до 10. Зазнач 0 -

	якщо можливість не реалізована, 10 - якщо можливість реалізована максимально. Проміжне число, якщо можливість реалізована частково. Якщо даних немає, вкажи значення (-1). Сформууй таблицю для всіх сервісів. Надаю перелік можливостей: [Зміна точки зору; Зміна кута зору; Зміна напрямку зору; Зміна швидкості переміщення; Можливість задати маршрут; Можливість запам'ятати пройденою подорож; Наявність аудіо супроводу; Можливість вимірювати показники;] Ось перелік сервісів, для яких необхідно сформувати таблицю: Algodoo Apple ARKit AR Atom Visualizer ZapWorks
Зручність	Я надаю тобі перелік імерсивних сервісів. Для кожного сервісу в окремій колонці зазнач ступінь реалізації в ньому окремих аспектів зручності користування. Познач ступінь реалізації аспекту зручності користування числом від 0 до 10. Зазнач 0 - якщо зручність мінімальна, 10 - якщо зручність реалізована максимально. Проміжне число, якщо зручність реалізована частково. Якщо даних немає, вкажи значення (-1). Сформууй таблицю для всіх сервісів. Надаю перелік зручностей: [Інтуїтивний інтерфейс; Зручна навігація; Зрозумілі інструкції; Мінімальний час на освоєння інструменту;] Ось перелік сервісів для яких необхідно сформувати таблицю: Algodoo Apple ARKit AR Atom Visualizer ZapWorks
Безпека	Я надаю тобі перелік імерсивних сервісів. Для кожного сервісу в окремій колонці зазнач ступінь реалізації в ньому окремих аспектів безпеки користування. Познач ступінь реалізації аспекту безпеки числом від 0 до 10. Зазнач 0 - якщо аспект безпеки мінімальний, 10 - якщо аспект безпеки максимальний. Проміжне число, якщо аспект безпеки реалізований частково. Якщо даних немає, вкажи значення (-1). Сформууй таблицю для всіх сервісів. Надаю перелік аспектів безпеки: [Безпека та комфорт; Забезпечення конфіденційності; Навчальні матеріали та технічна підтримка; Мовна підтримка; Адаптація до віку;] Ось перелік сервісів, для яких необхідно сформувати таблицю: Algodoo Apple ARKit AR Atom Visualizer ZapWorks
Адаптація	Я надаю тобі перелік імерсивних сервісів. Для кожного сервісу в окремій колонці вкажи ступінь реалізації в ньому окремих аспектів

	адаптації до освітнього середовища. Познач ступінь реалізації аспекту адаптації до освітнього середовища числом від 0 до 10. Зазнач 0 - якщо аспект адаптації до освітнього середовища мінімальний, 10 - якщо аспект адаптації до освітнього середовища максимальний. Проміжне число, якщо аспект адаптації до освітнього середовища реалізований частково. Якщо даних немає, вкажи значення (-1). Сформууй таблицю для всіх сервісів. Надаю перелік аспектів адаптації до освітнього середовища: [Можливість інтеграції в навчальний процес; Можливості для співпраці та обміну досвідом; Можливість адаптації до освітнього середовища;] Ось перелік сервісів для яких необхідно сформувати таблицю: Algodoo Apple ARKit AR Atom Visualizer ZapWorks
--	--

Крок 3. Зводимо дані отримані на кроках 1 та 2 в єдину результуючу пошукову таблицю. На Рис. 4 показано фрагмент результуючої пошукової таблиці. Цифрами позначені окремі змістовні елементи таблиці:

- (1) позначає загальну інформацію про сервіс;
- (2) містить узагальнену інформацію про показники відповідних блоків;
- (3) містить значення окремих показників по блоку “Теми”.
- (4) показано, що значення колонки “Теми 1” формуються на основі значень показників елемента (3).

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
	Назва сервісу	Посилання на сервіс	Короткий опис сервісу	Вартість	Операційна система	Теми 1	Теми 2	Впливи	Можливі	Зручність	Безпека	Адаптація	Закон Гука	Тертя	Балансування	Сили і рух	Електричний струм
													1	1	1	1	1
1	Algodoo	http://www.algodoo.com/	Імунітет	Платно	Windows/macOS	39	25	1340	962	31	36	23	9	10	10	10	0
2	Apple ARKit	https://developer.apple.com/arkit/	Фреймворк	Безкоштовно	iOS/iPadOS	-5	0	-150	-	-4	-5	-3	-1	-1	-1	-1	-1
3	AR Atom Visualizer	(Посилання)	Додаток	Безкоштовно	Android/iOS	0	0	1090	715	31	31	15	0	0	0	0	0
4	Ar4physics	(Посилання)	Мобільний	Безкоштовно	Android/iOS	20	5	1070	827	27	31	17	4	5	5	6	0
5	ARBOOK (від FUJITSU)	(Посилання)	Додаток	Безкоштовно	Android/iOS	-5	-3	-150	-118	-4	-5	-3	-1	-1	-1	-1	-1
6	Assemblr EDU	https://edu.assemblr.com/	Платформа	Частково	Windows/macOS	-5	0	-150	-118	-4	-5	-3	-1	-1	-1	-1	-1
7	Atom Visualizer	(Посилання)	Додаток	Безкоштовно	Android/iOS	0	0	1090	715	31	31	15	0	0	0	0	0
8	BodyPhysics	https://www.bodyphysics.com/	Сервіс, онлайн	Частково	Будь-яка ОС	5	10	1090	860	32	37	20	0	0	0	5	0

Рис. 4. Фрагмент результуючої пошукової таблиці

В результуючій таблиці для кожного показника задаємо “вагу” цього показника. Це значення показує, наскільки користувачу важливо щоб властивість, яку відображає показник, була реалізована в сервісі (Рис 5.). Для кожного блоку показників встановлюємо формулу підрахунку узагальненого показника по цьому блоку показників для кожного сервісу. Наприклад, сумарний показник “Теми” розраховується з ваговими коефіцієнтами 1 - Закон Гука, 4 - Тертя, 3 - Балансування, 6- Сили і рух, 3- Електричний струм. Наприклад для першого сервісу (Algodoo) узагальнений показник по блоку “Теми 1” дорівнює 39, для для блоку “Теми 2” дорівнює 25. Значення показника “0” показує що ця позиція не реалізована в даному сервісі.

А значення “-1” показує що ІІІ не знайшов необхідну інформацію щоб сформувати значення показника.

A	B	G	H	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
	Назва сервісу	Теми 1	Теми 2	Закон Гука	Тертя	Балансування	Сили і рух	Електричний струм	Закон Паскаля	Закони відбиття та заломлення світла	Закон збереження енергії	Будова атома. Модель Бора
				1	4	3	6	8	1	1	1	1
1	Algodoo	39	25	9	10	10	10	0	10	5	10	0
2	Apple ARKit	-5	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0
3	AR Atom Visualizer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
4	Ar4physics	20	5	4	5	5	6	0	0	0	5	0
5	ARBOOK (від FL	-5	-3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
6	Assemblr EDU	-5	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0
7	Atom Visualizer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
8	BodyPhysics	5	10	0	0	0	5	0	0	0	10	0
9	BookVAR	-5	-3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
10	Circuit AR	7	5	0	0	0	0	7	0	0	5	0
11	Corinth	-5	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	5
12	CoSpaces Edu	-5	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0

Рис. 5. Фрагмент таблиці блоку “Теми” з заданими показниками ваги (важливості)

За посиланням [Таблиця пошуку сервісів](http://bit.ly/3JfNyvs) (<http://bit.ly/3JfNyvs>) наведено повна пошукова гугл таблиця яку ми сформували з усіма проміжними даними. Зауважимо, що користувач може уточнювати значення показників, які сформував ІІІ. Пошукова таблиця доступна для копіювання та застосування для власних потреб користувачів. За нашим досвідом, час на формування цієї таблиці з “нуля” (виконання кроків 1-3) приблизно одна година.

Крок 4. Для здійснення пошуку необхідного сервісу заповнену пошукову таблицю переводимо в режим фільтру. Фільтруємо записи по узагальненим показникам для кожного блоку показників. Обираємо 3-5 записів (сервісів) з найкращими узагальненими показниками. Іноді важлива послідовність вмикання фільтрів. В результаті можемо порівняти оцінку ефективності застосування різних сервісів на множині навчальних елементів (тем) певної програми. Обрані пропозиції сервісів досліджуємо більш детально стосовно можливості застосування. Для зручності налаштовані фільтри можна зберігати та повторно застосовувати, що значно полегшує повторний пошук. На рис 6. наведено результат застосування фільтру до узагальненого показника “Теми 1”. Відфільтровано значення, більші або рівні 33. Тепер, наприклад, можна відфільтрувати безкоштовні сервіси. Якщо нас цікавить певна тема, то фільтрувати можемо по темі, а не по узагальнюючому показнику. Це особливо ефективно для пошуку спеціалізованих сервісів. Наприклад електрика, механіка, тощо.

Фільтр 2		Діапазон: A1:V64														
A	B	C	D	E	F	G	H	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
	Назва сервісу	Посилання на сервіс	Короткий опис сервісу	Вартість	Операційна система	Теми	Теми	Закон Гука	Тертя	Балансування	Сили і рух	Електричний струм	Закон Паскаля	Закони відбиття та заломлення світла	Закон збереження енергії	Будова атома. Модель Бора
1	Algodoo	http://www.2d-simul	2D-симул	Платно	Windows/m	39	25	9	10	10	10	0	10	5	10	0
36	Newton's Playgr	https://www.vr-dodat	VR-додат	Платно	VR-garпіту	35	10	8	8	9	10	0	0	0	10	0
40	Phet Interactive	https://phet	Велика к	Безкошт	Windows/m	44	25	8	9	7	10	10	5	10	10	10
42	Physics Lab AR	(Посилання	Додаток	Безкошт	Android/iO	34	10	6	6	7	8	7	5	0	5	0
43	physicsclassroom	https://www	Веб-сайт	Безкошт	Будь-яка С	37	25	6	7	7	8	9	5	10	10	0
60	World of Physics	https://www	Колекція	Частков	Веб-сайт, а	33	15	6	6	6	8	7	5	5	5	0

Рис.6. Фрагмент пошукової таблиці з застосованим фільтром

5. Висновки та перспективи подальших досліджень

Ми розглянули чотири способи добору імерсивних сервісів для змішаного навчання. Вони відображають різні підходи. Ці способи перетинаються в деяких технологічних аспектах. Всі вони базуються на необхідності підготовки інформації, яка так чи інакше необхідна для цілеспрямованого пошуку сервісів. В усіх способах можемо виділити два ключових етапи. Це формулювання деталізованого опису потреб (1) та пошук сервісів згідно цих потреб (2). Способи відрізняються алгоритмом та обсягом опису потреб та логікою пошуку сервісів.

У результаті дослідження встановлено, що задача добору сервісів є нетривіальною. Її складність полягає в необхідності структурованого формулювання як вимог до сервісів, так і вимог до опису ситуації, для якої ці сервіси будуть використовуватись. Додатковою проблемою виявилася обмежена наявність структурованих баз або переліків сервісів, у яких було б відображено детальні описові характеристики, що дозволяють здійснювати цілеспрямований пошук потрібних рішень.

Розглянувши чотири способи добору сервісів, ми визначили їх переваги та недоліки. Основним недоліком перших трьох способів є відсутність накопиченої “пам'яті” попередніх пошуків. Запропонований спосіб структурованих запитів до штучного інтелекту та структурування відповідей у вигляді пошукових таблиць дозволяє систематизувати пошук доцільних сервісів.

Сильною стороною запропонованого рішення є можливість накопичення пошукових результатів та формування користувачем власної бази даних імерсивних сервісів. Ця база не втрачає актуальності з часом. Вона дозволяє робити інші пошукові запити при зміні або тематики або власних вимог до сервісу. Вона дозволяє також гнучко додавати нову інформацію до існуючої бази без її суттєвого перероблення. Практично виявлено, що це не потребує багато додаткового часу та може бути виконано за допомогою безкоштовних сервісів штучного інтелекту. Необхідно враховувати, що оцінки показників сервісів формує штучний інтелект і вони досить ненадійні. Важливо також зазначити, що цей спосіб добору сервісів дуже легко масштабується та може бути застосований для спільної колективної роботи. Тобто якщо пошукові таблиці колективно наповнюються та колективно застосовуються, то їх якість та обсяг інформації може бути суттєво розширений.

Запропонований спосіб може бути застосований для добору не тільки імерсивних сервісів, а будь-яких сервісів, необхідних викладачам або учням в процесі змішаного або традиційного навчання. Він досить універсальний.

Подальші дослідження будуть зосереджені на апробації запропонованого методу добору сервісів, отриманні зворотного зв'язку від користувачів та спробі реалізації колективного застосування цього методу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Використання імерсивних технологій вчителями у процесі змішаного навчання в закладах загальної середньої освіти : метод. рек. / С Г. Литвинова, Ю.Г. Носенко, Н.В. Рашевська, О.В. Слободяник, О.М. Соколюк, Н.В. Сороко, А.С. Сухих ; за заг. ред. Носенко Ю.Г. Київ : ІЦО НАПН України, 2024. 121 с.
2. Ю. Носенко, «Імерсивні технології в традиційному та у змішаному навчанні в закладах загальної середньої освіти: порівняльний аспект», *ФМО*, вип. 39, вип. 5, с. 34–40, Лис 2024. <https://fmo-journal.org/index.php/fmo/article/view/362>
3. Ю.Носенко. Імерсивні технології для підтримки змішаного навчання у вітчизняних закладах загальної середньої освіти. /Нова педагогічна думка. Том 120 № 4 (2024) с.32-38 <https://doi.org/10.37026/2520-6427-2024-120-4-32-38>
4. Tene T, Marcatoma Tixi JA, Palacios Robalino MdL, Mendoza Salazar MJ, Vacacela Gomez C. and Bellucci S. (2024) Integrating immersive technologies with STEM education: a systematic review. *Front. Educ.* 9:1410163. doi: <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1410163>

5. V. O. Liubchak, Y. O. Zuban, and A. E. Artyukhov, "Immersive learning technology for ensuring quality education: Ukrainian university case", *CTE Workshop Proc.*, vol. 9, pp. 336–354, Mar. 2022, <https://doi.org/10.55056/cte.124> Scopus
6. Papadakis, ACNS Conference on Cloud and Immersive Technologies in Education: Report, *CTE Workshop Proc.*, vol. 10, pp. 1–44, Mar. 2023, [doi: 10.55056/cte.544](https://doi.org/10.55056/cte.544), Scopus
7. V. Liubchak, Y. Zuban and A. Artyukhov. Immersive learning technology for ensuring quality education: Ukrainian university case./ Sumy State University Ukraine <https://ceur-ws.org/Vol-3085/paper12.pdf>
8. Lu, H., Ma, L., & Luo, J. Enhancing Learning Motivation through a Blended Learning Model: Integrating Mobile Devices and Virtual Reality. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 18(24), pp. 4–18. (2024). <https://doi.org/10.3991/ijim.v18i24.53089>
9. Selvakumar S., & Sivakumar P. Immersive Learning Technology for Teacher Education: A Systematic Literature Review. *Journal of Learning for Development*, 12(1), 56–75. (2025). <https://doi.org/10.56059/jl4d.v12i1.1500>
10. Носенко Ю. Імерсивні технології в традиційному та у змішаному навчанні в закладах загальної середньої освіти: порівняльний аспект. Фізико-математична освіта, 2024. Том 39. № 5. С. 34-40. DOI: <https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i5-05>
11. Литвинова С.Г., Носенко Ю.Г., Рашевська Н.В., Слободяник О.В., Соколюк О.М. Сороко Н.В. and Сухих А.С. Використання імерсивних технологій вчителями у процесі змішаного навчання в закладах загальної середньої освіти. ІЦО НАПН України, (2024) м. Київ, Україна. <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/743977/>
12. Використання імерсивних технологій в освітньому процесі: переваги підходу, аналіз комерційних систем, класифікація навчальних середовищ. Т. Цимбалюк, Д. Федасюк. Information systems and networks. Issue 15, 2024 219-237 <https://doi.org/10.23939/sisn2024.15.219>
13. Коваленко В. В., Мар'єнко М. В., Сухих А. С. Використання цифрових технологій у процесі змішаного навчання в закладах загальної середньої освіти: методичні рекомендації / за ред. М. В. Мар'єнко, А. С. Сухих. Київ: ІТЗН НАПН України, 2021. 87 с. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/728506/>
14. Моделі змішаного навчання через призму моделі змішаних процесів. Богачков Ю. & Ухань П. (2025). Моделі змішаного навчання через призму моделі змішаних процесів. Information Technologies and Learning Tools. Vol. 107 No. 3 (2025) 239-260pp. <https://doi.org/10.33407/itlt.v107i3.5920>
15. Zulkifli Zulkifli & Azhar Azhar & Syaflita Dina. Application Effect of PhET Virtual Laboratory and Real Laboratory on the Learning Outcomes of Class XI Students on Elasticity and Hooke's Law. Jurnal Penelitian Pendidikan IPA. 8. 401-407.(2022). <http://dx.doi.org/10.29303/jppipa.v8i1.1274>
16. Akbay E. & Çeliker H. The effect of immersive reality on science learning: A meta-analysis. Malaysian Online Journal of Educational Technology, 11(3), 158-172. (2023). <http://dx.doi.org/10.52380/mojet.2023.11.3.304>

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. The use of immersive technologies by teachers in the process of mixed learning in institutions of general secondary education: method. rec. / S. G. Litvynova, Yu.G. Nosenko, N.V. Rashevskaya, O.V. Slobodanyuk, O.M. Sokolyuk, N.V. Soroko, A.S. Dry; in general ed. Nosenko Yu.G. Kyiv: Institute of National Academy of Sciences of Ukraine, 2024. 121 p.
2. Yu. Nosenko, "Immersive technologies in traditional and mixed education in institutions of general secondary education: a comparative aspect", *FMO*, vip. 39, vip. 5, s. 34–40, Lis 2024. <https://fmo-journal.org/index.php/fmo/article/view/362>
3. Yu. Nosenko. Immersive technologies to support blended learning in domestic institutions of general secondary education. /A new pedagogical thought. Volume 120 No. 4 (2024) c.32-38 <https://doi.org/10.37026/2520-6427-2024-120-4-32-38>

4. Tene T, Marcatoma Tixi JA, Palacios Robalino MdL, Mendoza Salazar MJ, Vacacela Gomez C. and Bellucci S. (2024) Integrating immersive technologies with STEM education: a systematic review. *Front. Educ.* 9:1410163. doi: <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1410163>
5. V. O. Liubchak, Y. O. Zuban, and A. E. Artyukhov, "Immersive learning technology for ensuring quality education: Ukrainian university case", *CTE Workshop Proc.*, Vol. 9, pp. 336–354, Mar. 2022, <https://doi.org/10.55056/cte.124> Scopus
6. Papadakis, ACNS Conference on Cloud and Immersive Technologies in Education: Report, *CTE Workshop Proc.*, Vol. 10, pp. 1–44, Mar. 2023, [two: 10.55056/cte.544](https://doi.org/10.55056/cte.544). Scopus
7. V. Liubchak, Y. Zuban and A. Artyukhov. Immersive learning technology for ensuring quality education: Ukrainian university case./ Sumy State University Ukraine <https://ceur-ws.org/Vol-3085/paper12.pdf>
8. Lu, H., Ma, L., & Luo, J. Enhancing Learning Motivation through a Blended Learning Model: Integrating Mobile Devices and Virtual Reality. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 18(24), pp. 4–18. (2024). <https://doi.org/10.3991/ijim.v18i24.53089>
9. Selvakumar S., & Sivakumar P. Immersive Learning Technology for Teacher Education: A Systematic Literature Review. *Journal of Learning for Development*, 12(1), 56–75. (2025). <https://doi.org/10.56059/jl4d.v12i1.1500>
10. Nosenko Yu. Immersive technologies in traditional and mixed education in institutions of general secondary education: a comparative aspect. Physical and mathematical education, 2024. Volume 39. No. 5. P. 34-40. DOI: <https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i5-05>
11. Litvynova S.G., Nosenko Y.G., Rashevskaya N.V., Slobodanyuk O.V., Sokolyuk O.M. Soroko N.V. and Sukhikh A.S. The use of immersive technologies by teachers in the process of blended learning in institutions of general secondary education. Institute of National Academy of Sciences of Ukraine, (2024) Kyiv, Ukraine. <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/743977/>
12. Use of immersive technologies in the educational process: advantages of the approach, analysis of commercial systems, classification of educational environments. T. Tsymbalyuk, D. Fedasiuk. Information systems and networks. Issue 15, 2024 219-237 <https://doi.org/10.23939/sisn2024.15.219>
13. Kovalenko V.V., Maryenko M.V., Sukhikh A.S. The use of digital technologies in the process of blended learning in institutions of general secondary education: methodological recommendations / edited by M. V. Marienko, A. S. Sukhikh. Kyiv: IITZN National Academy of Sciences of Ukraine, 2021. 87 p. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/728506/>
14. Models of mixed learning through the prism of the model of mixed processes. Bogachkov Y. & Wuhan P. (2025). Models of blended learning through the prism of the model of blended processes. Information Technologies and Learning Tools. Vol. 107 No. 3 (2025) 239-260 <https://doi.org/10.33407/itlt.v107i3.5920>
15. Zulkifli Zulkifli & Azhar Azhar & Syaflita Dina. Application Effect of PhET Virtual Laboratory and Real Laboratory on the Learning Outcomes of Class XI Students on Elasticity and Hooke's Law. Journal of Science Education Research. 8. 401-407. (2022). <http://dx.doi.org/10.29303/jppipa.v8i1.1274>
16. Akbay E. & Çeliker H. The effect of immersive reality on science learning: A meta-analysis. Malaysian Online Journal of Educational Technology, 11(3), 158-172. (2023). <http://dx.doi.org/10.52380/mojet.2023.11.3.304>

Yuriy Bohachkov, Pavlo Ukhan

Institute for Digitalisation of Education of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

COMPARISON OF METHODS FOR SELECTING IMMERSIVE TECHNOLOGY TOOLS AND SERVICES TO SUPPORT BLENDED LEARNING IN GENERAL SECONDARY EDUCATION INSTITUTIONS

Abstract. This article is dedicated to the pressing issue of selecting immersive technology tools and services to support blended learning in general secondary education institutions. It analyzes

existing approaches to choosing such tools, considering the rapid development of technology and the growing number of available options. The introduction highlights that, despite the numerous benefits of immersive technologies (improving learning quality and material comprehension), teachers and students face the challenge of selecting appropriate services that meet their specific tasks, needs, technical readiness, and financial capabilities.

The article formulates the problem of developing methods for finding optimal services. It notes that the choice becomes more complex in the context of blended learning, where it's necessary to manage a variety of resources and accommodate individual student needs. An analysis of recent research confirms the importance of immersive technologies for modern educational innovation, particularly for inclusive education and the development of critical thinking. The paper compares four main methods for selecting services:

1. Search-based: Choosing the optimal service from an existing list based on given criteria.
2. Constructive: Formulating a description of an ideal service and then searching for one that matches the criteria.
3. Direct AI Queries: Receiving recommendations from artificial intelligence through direct queries.
4. Structured AI Queries: A sequential series of AI queries to create a specialized search table, allowing for a systematic search.

The authors detail each of these approaches, identifying common problems users face: the lack of a single list of services, the difficulty in choosing evaluation criteria, considering the needs of different users, and predicting the learning effect. As a solution, the article proposes using the structured AI queries method to create and populate a custom search database (using a Google Sheet as an example). This method allows for flexible adjustment of search criteria and the accumulation of results, making it universal and scalable for collaborative use. A key strength of the proposed approach is the ability to systematize the search and flexibly add new information, which significantly narrows the range of services that need to be analyzed manually.

A list of effective prompts and a functional service search table are provided. In the conclusions, the authors summarize that while the proposed method does not provide answers to all problematic questions, it offers an effective mechanism for solving them. Future research will focus on testing this method and organizing its collaborative use.

Keywords: Immersive technologies, Blended learning, Service selection, Educational technologies, Artificial intelligence, Selection methodology.



Licensed under CC BY-NC-SA 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Стаття надійшла до редакції 11.09.2025

The article was received 11 September 2025