**Технології, які допомагають продавати**

**у сфері архітектурної візуалізації**

Ремарки:

(…) – номер посилання в списку використаних джерел.

*Курсив* – головне в абзаці або підпункті, на це треба звернути увагу при монтажі.

**Напівжирне накреслення** – виділення заголовку, підзаголовку або окремої теми в тексті.

**Hi, welcome to CUUB’s YouTube Channel.** Сьогодні я розповім вам про технології, які мають величезне значення у сфері архітектурної візуалізації.

Технології вже давно невід'ємною частиною сучасного світу, й архітектура є логічним поєднанням старої науки та інновацій. Ми переживаємо епоху, коли технології віртуальної реальності, штучного інтелекту та інші цікаві стартапи й нові проєкти вже суттєво впливають на спосіб, яким ми сприймаємо, створюємо та досліджуємо архітектурні об’єкти. Давайте я розкажу більше про їхню роль у сучасній архітектурі та про компанії вже впровадили їх в свою роботу.

**II. Технологічні інструменти для архітектурної візуалізації.**

**A. Почнемо з VR.**

Віртуальна реальність це технологія, яка вже зараз перевертає звичайне бачення архітектури та дизайну інтер’єрів. Завдяки можливостям віртуальної реальності, студії архітектурної анімації та візуалізації можуть не лише легко створювати та редагувати 3D-моделі будівель і інтер'єрів, але й досліджувати їх у віртуальному середовищі, що робить робочий процес більш ефективним. Також, завдяки вражаючим віртуальним турам по проєктах, потенційні клієнти дизайну можуть докладно роздивлятися кожну деталь та "відчувати" простір, ніби вони вже там присутні. Це робить співпрацю з архітекторами більш прозорою та привабливою, сприяючи залученню нових замовників та підвищенню конкурентоспроможності в сфері дизайну та будівництва.

**Застосування VR у проєктуванні**

Віртуальне моделювання в архітектурі виявляє проблеми та недоліки до будівництва, що економить час та гроші. Віртуальні тури дозволяють показати незавершені об'єкти і дизайн, що допомагає привернути клієнтів. Технологія віртуальних турів стала важливою під час пандемії та варіантом для віддалених оглядів. Вона також популярна серед агентств нерухомості, допомагаючи покупцям легше визначити свої потреби.

**Два типи архітектурних 3d віртуальних турів**

Є два абсолютно різних підходи до турів:

Перший  – це використання панорам або панно. Цей віртуальний тур 360 створюється компанією візуалізації за домовленістю з клієнтом про встановлення точок огляду камери в кімнаті. Незважаючи на те, що віртуальні тури 360 дозволяють користувачеві самостійно пересуватися і збільшувати або віддаляти деякі об'єкти, рух по заданій траєкторії все одно буде, тому що глядач не зможе переміститися нікуди, крім позначених точок. Важливо відзначити, що чим більше точок буде в кімнаті, тим більше свободи буде у аудиторії(8). Компанії намагаються скористатися революційними можливостями віртуальної реальності та застосувати їх у своїх останніх і найвидатніших проектах. SHoP Architects, фірма, яка є новатором у архітектурі віртуальної реальності, довірила архітектурному програмному забезпеченню VR високу задачу вирізати 12 000 унікальних фасадних панелей для Barclay's Center у Брукліні. Технологія віртуальної реальності виконувала завдання без проблем із набагато більшою ефективністю, ніж традиційні засоби. Один із директорів SHoP і прихильник віртуальної реальності в дизайні Джон Сероне [каже](https://metropolismag.com/projects/disrupting-reality-how-vr-is-changing-architecture-present-future/) , що здається «неминучим», що VR замінить діаграми та стане невід’ємною частиною процесу будівництва в наступному проекті фірми. «Це занадто ефективно, щоб цього не робити» (3).

Другий варіант  – VR-тури. Здебільшого вони створюються на движку unreal чи unity. На відміну від панорам, в цьому випадку користувач має повну свободу пересування по простору. Він може робити абсолютно будь-які кроки, може повертати камеру в будь-якому напрямку і легко переміщатися по сцені. Але в більшості випадків такі 3d-тури віртуальної реальності не відповідають фотореалізму. За аналогією ви отримаєте якість сучасних комп'ютерних ігор. Проте важливо відзначити, що сучасні ігри, незважаючи на те, наскільки вони пішли вперед, все ще не є повністю фотореалістичними (1, 2). Рівень деталізації та розуміння програмного забезпечення архітектури віртуальної реальності робить 2D-моделі майже застарілими. Моделі, обмежені двовимірними засобами, не мають захоплюючих можливостей своїх 3D та віртуальних аналогів. Те, що можна побачити на малюнках, дуже обмежене. Фірма візуалізації Sonny+Ash [пропонує зазирнути в архітектурну тенденцію 3D](https://archinect.com/news/article/150120672/how-vr-may-be-the-bridge-firms-and-educators-need-to-share-architecture). Компанія утверджується як лідер у створенні реалістичних віртуальних просторів, залучаючи такі підприємства, як Gensler, HOK і Perkins Eastman, щоб продемонструвати свої проєкти в більших масштабах до початку будівництва (21).

Таким чином, приймаючи рішення про 3d-тур віртуальної реальності, потрібно вирішити, як тур буде взаємодіяти з користувачем. Отже, чи готові ви дати глядачеві повну свободу, трохи поступившись фотореалізмом, чи хочете робити надзвичайно фотореалістичні картинки, але при цьому обмежувати глядача по заданій траєкторії? Це головне питання віртуальних турів 3d 360, з яким стикаються абсолютно всі студії.

**Кейси успішного використання VR:**

Якщо раніше дизайнерські рішення доводилося презентувати за допомогою комп’ютера, тепер можна надіти VR-окуляри і прогулятися по власній модернізованій квартирі. Таку можливість клієнтам надають дизайнери та архітектори, що працюють з Unreal Engine 4 і окулярами Oculus Rift. Сьогодні існує не один десяток програм, в яких можна створювати віртуальні копії реальних приміщень або змінювати їх дизайн за допомогою фотореалістичних 3D-об’єктів (4, 5).

Архітектори також використовують віртуальну реальність для створення захоплюючого середовища, допомагаючи клієнтам краще зрозуміти та візуалізувати запропоновані концепції дизайну. Наприклад, Zaha Hadid Architects використовували технологію VR у процесі проектування житлового будинку 520 West 28th Street у Нью-Йорку, дозволяючи клієнтам випробувати запропоновані простори в повністю захоплюючому 3D-середовищі (6).

Ці приклади показують, як VR революціонізує архітектурну візуалізацію, забезпечуючи архітекторам, дизайнерам та їх клієнтам надзвичайний рівень взаємодії та можливість досліджувати проекти в реальному часі.

**Додатки доповненої реальності (AR)**

Тепер давайте розглянемо AR. Доповнена реальність – це той інтерактивний досвід, який поєднує реальний світ і комп’ютерний контент. Вміст може охоплювати кілька сенсорних модальностей, включаючи візуальні, слухові, тактильні соматосенсорні та нюхові.

Як AR змінює сприйняття архітектурних об'єктів? За його допомогою ви можете встановити власну модель будівлі в реальному місці та розглянути її з різних боків ще до того, як вона буде побудована. Це дає можливість архітекторам та клієнтам візуалізувати будинок і внести зміни до дизайну на ранніх стадіях.

**Відмінність від VR**

У VR сприйняття реальності користувачами повністю базується на віртуальній інформації. У доповненій реальності (AR) користувачеві надається додаткова комп’ютерно згенерована інформація в межах даних, зібраних із реального життя, що покращує його сприйняття реальності.

В архітектурі AR можна використовувати для відображення структур і систем будівлі, накладених на вигляд реального життя. Іншим прикладом є використання службових програм. Деякі програми AR, наприклад [Augment](https://en.wikipedia.org/wiki/Augment_(app)) дозволяють користувачам застосовувати цифрові об’єкти в реальному середовищі, дозволяючи компаніям використовувати пристрої доповненої реальності як спосіб попереднього перегляду своїх продуктів у реальному світі. Таким чином його також можна використовувати для демонстрації того, як можуть виглядати продукти для клієнтів, як продемонстрували такі компанії, котрі використовують доповнену реальність, щоб дозволити клієнтам попередньо переглянути, як можуть виглядати їхні дизайни за допомогою 3D-моделей.

**Приклади AR у візуалізації архітектурних проєктів**

Згенеровані комп’ютером зображення споруди можна накласти на реальний локальний вигляд об’єкта до того, як там буде побудовано фізичну будівлю. Система AR Wayfinding аеропорту Гатвік використовує технологію AR для створення інтуїтивно зрозумілої навігаційної системи для пасажирів, що покращує їхній досвід у складному середовищі аеропорту (13). AR також можна використовувати в робочому просторі архітектора, відтворюючи анімовані 3D-візуалізації їхніх 2D-креслень. Огляд пам’яток архітектури можна покращити за допомогою програм AR, що дозволяє користувачам, які переглядають екстер’єр будівлі, віртуально бачити крізь її стіни, переглядати її внутрішні об’єкти та планування.

Завдяки постійному вдосконаленню точності [GPS](https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System) компанії можуть використовувати доповнену реальність для візуалізації [геоприв’язаних](https://en.wikipedia.org/wiki/Georeference) моделей будівельних майданчиків, підземних споруд, кабелів і труб за допомогою мобільних пристроїв. Доповнена реальність використовується для представлення нових проєктів, вирішення проблем будівництва на місці та покращення рекламних матеріалів. [Daqri](https://en.wikipedia.org/wiki/Daqri) Smart Helmet, каску на базі Android (14) використовується для створення доповненої реальності для промислових робітників, включаючи візуальні інструкції, сповіщення в реальному часі та 3D-карти.

Після [землетрусу в Крайстчерчі](https://en.wikipedia.org/wiki/Christchurch_earthquake) Кентерберійський університет випустив CityViewAR (15), який дозволив містобудівникам та інженерам візуалізувати зруйновані будівлі. Це не тільки забезпечило планувальників інструментами для посилання на попередній [міський пейзаж](https://en.wikipedia.org/wiki/Cityscape), але також слугувало нагадуванням про масштаби спустошення, оскільки цілі будівлі були повністю знесені.

Далі переходимо до **Змішаної реальності. MR** – це ще один захоплюючий інструмент у сфері архітектурної візуалізації. MR дозволяє взаємодіяти з віртуальним світом, який доповнює реальність, і це має величезний потенціал для архітекторів та інженерів.

**Взаємодія віртуального та реального світу**в MR відкриває безмежні можливості для співпраці та розробки проєктів. Архітектура змішаної реальності (MRA) динамічно пов’язує та накладає фізичні та віртуальні простори. Він пропонує нову захоплюючу парадигму для архітекторів.

**Приклади використання MR**

Окуляри Hololens Mixed Reality Architecture (16) служать для демонстрації архітектурних рішень, але пропонує клієнтам розглянути проєкцію без використання комп’ютера або смартфона. Зображення можна побачити, одягнувши спеціальні окуляри. Воно не заміщує собою якісь об’єкти в реальності, але створює і вбудовує в неї нові, доступні для взаємодії. Така інтерактивна форма подачі дозволить зацікавити інвесторів та клієнтів. Розробка компанії Microsoft разом з додатком SketchUp Viewer дозволяє підвищити прибуток в сфері дизайну, архітектури, інженерії та будівництві.

Unity Reflect - це програмна платформа, яка робить це можливим. Використовуючи Reflect, архітектори можуть миттєво оновлювати свій дизайн у середовищі змішаної реальності. Будь-яка зміна, яку вони вносять, негайно відображається на моделі, яку вони бачать через свою гарнітуру. Ця можливість вносити та переглядати зміни в реальному часі спрощує процес проектування та сприяє більш ефективній комунікації та співпраці (17).

Програмне забезпечення CityEngine від ESRI поєднує 3D-моделювання з геоінформаційними системами (коротко їх ще називають ГІС) для створення реалістичних міських ландшафтів у змішаній реальності. Планувальники можуть взаємодіяти з цими цифровими містами, дозволяючи їм аналізувати різні аспекти міського розвитку, проводити моделювання та приймати більш обґрунтовані рішення (18).

Хто знає, можливо, саме ці стартапи та новинки зроблять нас на крок ближче до майбутнього?..

**Щодо Штучного інтелекту, він** перетворює архітектурну візуалізацію завдяки своїй здатності аналізувати великий обсяг даних та покращувати дизайни. Впевнений, всі ви чули про ChatGPT чи ту ж Midjourney. Вони також можуть суттєво прискорити процес будівництва.

**Роль штучного інтелекту в аналізі даних та дизайну**. AI використовується для аналізу геоданих, кліматичних умов, аналізу потоків людей у ​​приміщеннях та багато іншого. Наприклад, за допомогою AI можна спрогнозувати, як зміни клімату вплинути на енергоефективність будівель, що дозволяє розробникам оптимізувати проєкти.

ШІ може обробляти величезні обсяги геоданих, включаючи інформацію про *рельєф місцевості, водні ресурси, геологічну структуру та інші параметри, що важливі для планування будівельних проектів*. Системи штучного інтелекту можуть враховувати ці дані при виборі оптимального місця для будівництва, розташування будівель на ділянці, а також при оцінці ризиків, пов'язаних з природними катастрофами.

AI використовується для обробки кліматичних даних, таких як *температура, вологість, опади та інші параметри. На основі цих даних системи штучного інтелекту можуть прогнозувати, як зміни клімату можуть вплинути на енергоефективність будівлі*. Наприклад, вони можуть розраховувати оптимальне розташування вікон, ізоляцію та системи опалення та кондиціонування для мінімізації енергоспоживання.

Використовуючи датчики руху та камери в приміщеннях, системи штучного інтелекту можуть відстежувати *потоки людей. Це корисно для оптимізації дизайну внутрішнього простору, розташування меблів та виходів*. Важливо забезпечити максимальний комфорт та безпеку для користувачів будівлі.

AI може аналізувати історичні дані про витрати на будівництво та управління бюджетом проекту. Це допомагає розробникам та архітекторам *реалістично оцінити витрати на майбутні проєкти* та уникнути перевищення бюджету.

Штучний інтелект може запропонувати *різні варіанти дизайну будівель* на основі введених параметрів, таких як функціональність, естетика та ефективність. Це допомагає архітекторам вибрати оптимальний дизайн, який враховує всі потреби та обмеження проекту.

Ринок будівництва: за прогнозами, ринок будівництва світу очікує зростання на 35,7% від минулорічного досвіду з 2022 по 2030 рік.

Інтеграція ШІ: вразливість будівельної галузі до інновацій демонструє, що 92% буд. компаній вже використали цю технологію в своїх проєктах 2022 року.

Ефективність витрат: за допомогою удосконалення аналітики та інноваційних підходів, будівельна галузь може досягти загальної економічності витрат у розмірі 10-15%.

Ці дані ілюструють вражаючий розвиток будівельної індустрії та її готовність впроваджувати сучасні технології для досягнення ефективності та стійкості в майбутньому.

**Приклади успішного впровадження AI у візуалізації**. Один із прикладів – це використання ШІ для генерації дизайну інтер'єру. AI може аналізувати уподобання та стиль клієнта та створювати дизайн-пропозиції, що значно прискорює процес обговорення та прийняття рішень.

На будівництво припадає майже 40% загальних глобальних викидів вуглецю. Це викликало потребу в структурах, які потребують менше енергії для будівництва та експлуатації. Штучний інтелект і алгоритми машинного навчання можуть допомогти архітекторам оптимізувати роботу, таким чином зменшуючи викиди вуглецю під час будівництва. Хорошим прикладом є проєкт IBM у вежах Аль-Бахар в Абу-Дабі. Система має жалюзі, які відкриваються і закриваються за потреби, щоб зменшити сонячне випромінювання та викиди вуглецю. Результатом є значне зниження потреби в енергії без шкоди для комфорту мешканців будівлі (8).

Багато будівельних фірм уже використовують штучний інтелект і машинне навчання для планування розподілу робочої сили та обладнання між проектами. Постійно оцінюючи прогрес і розташування робітників і обладнання в режимі реального часу, керівники проектів можуть визначити, на яких робочих майданчиках потрібно більше працівників або обладнання для завершення проекту за графіком (9).

Штучний інтелект в архітектурі також дає змогу керівникам будівель та архітекторам відстежувати моделі споживання енергії та інші комунальні послуги в будівлі, таким чином допомагаючи клієнту економити енергію та зменшувати витрати на технічне обслуговування будівлі. Гарним прикладом є термостат Nest. Цей термостат із штучним інтелектом може підтримувати в будівлі оптимальну температуру, використовуючи мінімальну енергію (10).

Технології штучного інтелекту, такі як Machine Learning, мають великий вплив на сучасні проєкти будівель. Машинне навчання працює так само, як людський розум, навчаючись на наявних даних і вносячи поступові вдосконалення в поставлені завдання з кожною спробою. Кілька компаній, що займаються програмним забезпеченням, уже розробили ефективні засоби машинного навчання, адаптовані до архітектурних проєктів. Одним з найвідоміших є Generative Adversarial Network (GAN) (11).

Дослідження Станісласа Шайлу потенціалу [штучного інтелекту](https://www.archdaily.com/tag/ai) в організації простору та архітектурному плануванні вже набуло значної популярності. Завдяки використанню глибокого навчання, а точніше GAN (Generative Adversarial Neural Networks), Шайлу розробив систему, яка генерує та надає плани поверхів, враховуючи функціональність і стиль. Дослідження його дисертації є прикладом життєздатного інструменту, який архітектори можуть незабаром отримати виграш, оскільки це дозволить багаторазово повторювати проекти та створювати законні плани поверхів, які, у свою чергу, слугуватимуть основою для подальшого аналізу та ідей дизайнера. Таке вдосконалення дозволить приймати більш обґрунтовані рішення за значно скорочений проміжок часу (12).

AI Build, лондонський стартап, що виробляє автономні будівельні системи, об’єднався з ARUP Engineers, щоб створити [Daedalus Pavilion](https://ai-build.com/daedalus.html?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com), решітчасту структуру розміром 5×5 метрів, що нагадує метелика в польоті. Проєкт був покликаний проілюструвати, як робототехніка та штучний інтелект можуть змінити майбутнє будівельної галузі. Інсталяцію побудували роботи-будівельники Kuka з біорозкладних ниток. Останні використовували комп’ютерний зір і алгоритми машинного навчання, щоб проаналізувати будь-які помилки, які вони зробили під час будівництва, та імпровізувати рішення (19, це просто може бути цікаво).

Створена як частина програми Microsoft Artist in Residence, інсталяція [Ada](https://www.jennysabin.com/ada?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com), названа на честь першого комп’ютерного програміста Ади Лавлейс, використовує [ШІ](https://www.archdaily.com/tag/ai) для створення майже реального середовища. Перший проєкт архітектурного павільйону, який включає штучний інтелект, екзоскелет перетворює дані виразу обличчя відвідувача та його тон голосу в певні почуття. Останні потім співвідносяться з кольорами, просторовими зонами в межах проєкту та чуйними матеріалами, щоб створити досвід фотолюмінесценції, досліджуючи ідею інтерактивної, справді чуйної архітектури (20).

Наша архітектурна компанія “CUUB” займається розробкою концептів за допомогою АІ: проробляємо ракурси, світло, що дає краще продумати концепцію проєкта через Midjorney. Тому, штучний інтелект стає невід'ємним помічником для архітекторів та розробників, покращуючи аналіз даних та оптимізуючи процеси дизайну.

**III. Вплив технологій на бізнес архітекторів та розробників**.

**3.1.** **Збільшення ефективності та точності проєктів**.

Сучасні технології архітектурної візуалізації істотно покращили якість та точність будівельних проєктів. Вони надають архітекторам можливість створювати реалістичні візуалізації будівель та інтер'єрів за допомогою VR, AR та MR. Це дозволяє клієнтам отримати віртуальний тур навколо об'єкта до початку будівництва, що сприяє уникненню непорозуміння. Крім того, завдяки цим технологіям архітектори можуть визначити додаткові вирішення проблем та сумісність елементів в дизайні на ранніх етапах роботи, що значно зменшує ризики помилок під час будівництва та ремонту.

**3.2.** **Зменшення витрат та часу на розробку**.

Використання передових технологій архітектурної візуалізації дозволяє значно економити час і вартість під час розробки проєктів. VR, AR та MR допомагають впроваджувати зміни в реальному часі та швидко оцінювати їхній вплив на дизайн. Аналіз даних за допомогою ШІ дозволяє автоматизувати процеси та знайти оптимальні рішення для ефективного використання ресурсів. Все це робить архітектурний бізнес більш конкурентоспроможним і прибутковим.

**IV. Висновок**.

Загалом, інновації у сфері архітектурної візуалізації відкривають нові перспективи та можливості для фахівців у галузі. Рекомендацією для них є постійно вдосконалювати навички володіння технологіями а також дивитися, як інші дизайнери та компанії використовують їх. Це дозволить залишитися конкурентоспроможними та успішними в цій швидкозмінній галузі.

Нехай інновації та технології завжди супроводжують вашу роботу, даючи можливість втілювати найкращі ідеї у світ архітектури. Сподобалось відео? Залиш свій коментар та постав лайк. Підпишись, аби зустрітися в нових відео!

**Список використаних джерел**

1. <https://www.cyango.com/cloudstudio?gclid=Cj0KCQjwxuCnBhDLARIsAB-cq1rY6FdNbjXC7Uhv2UVd8O0vZdHhnI-oLIXZEAvCUIbiDOc2loJC3X0aAlWyEALw_wcB>.
2. <https://www.cyango.com/story/61e5da959251c601a045a66f>.
3. <https://www.adorama.com/alc/virtual-reality-architecture/>.
4. <https://www.unrealengine.com/en-US/blog/welcome-to-unreal-engine-4>.
5. <https://en.wikipedia.org/wiki/Oculus_Rift_S>.
6. <https://www.google.com/search?sca_esv=564158632&rlz=1C1CHZN_ruUA994UA994&sxsrf=AB5stBh0fzXmBWWmJgsw7EsdTiFYjJIxTA:1694355954848&q=520+West+28th+Street&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKEwib777mn6CBAxXfExAIHebTD-MQ0pQJegQIDBAB&biw=1366&bih=651&dpr=1>.
7. <https://omegarender.com/architectural-360-virtual-tours>.
8. <https://addepto.com/blog/ai-in-architecture-examples/>.
9. <https://addepto.com/blog/ai-in-architecture-examples/#:~:text=%D0%9E%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%BD%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%87%D0%B0%20%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%87%D0%BE%D1%97,%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%20%D0%B7%D0%B0%20%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D0%BA%D0%BE%D0%BC>.
10. <https://www.simscale.com/product/simulation-methods/>.
11. <https://addepto.com/blog/ai-in-architecture-examples/#:~:text=%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%97%20%D1%88%D1%82%D1%83%D1%87%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D1%96%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83,Adversarial%20Network%20(GAN)>.
12. <https://cognira.com/blog/retail-ai-ml-data-science/power-of-ai-in-retail/>.
13. <https://www.22miles.com/digital-signage-wayfinding/ar-wayfinding/>.
14. <https://gagadget.com/koncepty/15455-shlem-daqri-smart-helmet-s-android-i-dopolnennoj-realnostyu/>.
15. <https://www.google.com/search?sca_esv=563346939&rlz=1C1CHZN_ruUA994UA994&sxsrf=AB5stBgL6btio3itX5q0J8k3f8K7MhV7UA:1694079506611&q=CityViewER&tbm=isch&source=univ&fir=sQyJgtU58roeDM%252CWbsh5eivJ2K2kM%252C_%253BubQLKArJDoO31M%252Cye05ZpcdTLsqLM%252C_%253B-k-IGZBuLmrNUM%252CG8hZoGXLuyOdgM%252C_%253Bn-eVphkGswShQM%252CeCow3DnL592X4M%252C_%253BY9hYESjN-hHoFM%252CG8hZoGXLuyOdgM%252C_%253BmOhfF4sYRFEJtM%252CUgD0pYGjD8spzM%252C_%253ByD5VcD86jqct0M%252C9W_uyzTvcRlfUM%252C_%253BQ4YeIiRSbmIWlM%252C90_nM-daqdJf9M%252C_%253Bl4SZmv1jPAnOdM%252CUgD0pYGjD8spzM%252C_%253BZzVYj0ENMiZNkM%252CAGrfWbEHTJcjoM%252C_&usg=AI4_-kQcn7UY4i4Ui_WdRhoanbI5Kn_dGw&sa=X&ved=2ahUKEwjUzdn5mZiBAxUuGhAIHYMsASEQjJkEegQIDhAC&biw=1366&bih=651&dpr=1>.
16. <https://www.youtube.com/watch?v=C-UaSxzNv3w>. Так, в назві сказано про AR, проте Якщо бути точніше, даний проєкт створений із застосуванням змішаної реальності.
17. <https://www.youtube.com/watch?v=4e_oh7fc548>.
18. <https://www.esri.com/ru-ru/arcgis/products/arcgis-cityengine/overview>.
19. <https://www.archdaily.com/936999/pioneers-6-practices-bringing-ai-into-architecture#:~:text=AI%20Build%2C%20%D0%BB%D0%BE%D0%BD%D0%B4%D0%BE%D0%BD%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9,%D1%96%20%D1%96%D0%BC%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B7%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8%20%D1%80%D1%96%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F>.
20. <https://www.archdaily.com/936999/pioneers-6-practices-bringing-ai-into-architecture#:~:text=%D0%A1%D1%82%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0%20%D1%8F%D0%BA%20%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0,%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%B4%D1%96%20%D1%87%D1%83%D0%B9%D0%BD%D0%BE%D1%97%20%D0%B0%D1%80%D1%85%D1%96%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B8>.
21. <https://www.adorama.com/alc/virtual-reality-architecture/>.