

УДК 004.8:004.93:69

DOI: 10.31498/2225-6733.53.1.2026.359787

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕМОНТНИХ РОБІТ: ІНТЕГРАЦІЯ  
LIDAR ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ**

Дегтярьова Л.М. канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Дніпро, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5927-9550>, e-mail: [degtyareva\\_l\\_m@pstu.edu](mailto:degtyareva_l_m@pstu.edu)

У статті розглядаються стратегічні пріоритети цифрової трансформації будівельного сектору України в умовах безпрецедентних викликів післявоєнного відновлення. Масштаби руйнувань вимагають переходу від традиційних ручних обстежень будівельних майданчиків до інтегрованих цифрових екосистем. Метою дослідження є розробка та обґрунтування високоефективної інтелектуальної системи для автоматизації архітектурних вимірювань та миттєвого створення документації з оцінки вартості шляхом конвергенції мобільного лідарного сканування та генеративного штучного інтелекту. Методологія дослідження зосереджена на багаторівневому технологічному стеку. На апаратному рівні дослідження використовує високоточні лідарні датчики, інтегровані в сучасні мобільні пристрої, використовуючи фреймворк Apple RoomPlan для полегшення збору просторових даних у режимі реального часу. На програмному рівні використовується кросплатформне середовище Flutter для забезпечення безперебійного потоку даних між геометричним модулем сканування та аналітичним ядром. Критичним компонентом методології є інтеграція великомовної моделі GPT-4o через API, яка виступає експертним інтерпретатором просторових даних. Результати дослідження демонструють принципово новий підхід до створення «цифрового двійника». Розроблений додаток дозволяє створювати високоточні 3D-моделі інтер'єрів з автоматичним семантичним маркуванням структурних компонентів, таких як стіни, отвори та архітектурні межі. Ключова інновація полягає у здатності системи обробляти запити користувача природною мовою (наприклад, «встановити плитку для підлоги та пофарбувати стіни») та співвідносити їх з точними геометричними параметрами, отриманими за допомогою лідарного сканування. Ця синергія дозволяє автономно розраховувати кількість матеріалів, витрати на оплату праці та технологічні процеси, створюючи структурований оцінку вартості за лічені секунди. Наукова новизна роботи полягає у формалізації гібридної моделі обробки даних, де геометричні хмари точок перетворюються на практичні фінансово-технічні висновки без людських посередницьких розрахунків. Практичне значення отриманих результатів є глибоким: запропоноване рішення скорочує етап передпроектної документації до 95%, усуває суб'єктивні помилки у вимірюваннях та забезпечує прозору, перевірену основу для складання бюджету проектів реставрації. Такі системи є життєво важливим компонентом парадигми Індустрії 4.0, забезпечуючи конкурентоспроможність та прозорість національної будівельної галузі у світовому масштабі.

**Ключові слова:** цифрова будівництва; LiDAR-сканування; штучний інтелект; GPT-4o; Flutter; RoomPlan; автоматизація кошторисів; BIM-моделювання.

**Постановка проблеми**

Матеріальне виробництво будь-якої країни світу тісно пов'язано з будівельною галуззю, яка є однією з ключових ланок економіки, впливаючи на соціально-економічні процеси, стимулюючи розвиток інфраструктури, машинобудування, енергетики тощо. Будівництво є наріжним каменем економіки, розбудовуючи інфраструктуру, впливаючи на промислове виробництво, використовуючи будівельні матеріали, долучаючи велику кількість людей, матеріалів та техніки, підвищуючи інвестиційну привабливість території країни, добробут та якість життя людей, впливаючи на темпи інфляції та безробіття.

Масштабна реконструкція України після масштабних руйнувань, заподіяних агресором, потребує впровадження інноваційних технологій, що охоплюють повний життєвий цикл об'єктів нерухомості – від архітектурного проектування та зведення зруйнованих і пошкоджених об'єктів до інтелектуального управління та технічної експлуатації промислового, житлового й комерційного фондів.

Фундаментом стійкого розвитку будівельної галузі України, що забезпечує економію ресурсів, прискорення циклів будівництва та впровадження інноваційних джерел доходу на сьогоднішній день є цифровізація, яка впливає на відповідність українських стратегій глобальним цифровим трендам і гарантує підвищення якості об'єктів та конкурентоспроможність галузі на світовому рівні.

Можливості цифрової трансформації будівництва, підсилені аналітичним потенціалом штучного інтелекту, є критично важливими для галузі. Це дозволяє перейти від простої цифровізації до інтелектуального прогнозування життєвого циклу об'єктів, що має фундаментальне значення для сучасної науки та практики.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій**

Аналізуючи вплив питань цифровізації будівельного сектору, якому присвячено роботи багатьох закордонних та вітчизняних дослідників, наприклад, Serdar Durdyev, Amir Faraji, Abdul Hannan Qureshi, Oludolapo Ibrahim Olanrewaju, Lin Yang, Aliakbar Heidar, Мака-тьора Д. А., Обідник М. Д., Обідник М. В.,

Бондаренко Д.В. та ін. [1–11], які підіймають питання впливу інформаційних технологій на будівельну галузь, демонструють, що інтеграція BIM, інструментарія 3D-моделювання та методів штучного інтелекту дозволяє автоматизувати процеси аналізу геометричних параметрів об'єктів, підвищити точність оцінювання та забезпечити підтримку прийняття рішень у будівництві.

Сучасна динаміка розвитку будівництва, активне зростання ролі цифрових технологій у будівництві та трансформація галузі під впливом сучасних викликів, особливо в українському контексті, вимагають розширення наукових досліджень у відповідному напрямі.

### Мета статті

Мета статті полягає у демонстрації практичної реалізації удосконалення сенсорних систем у мобільних пристроях, що забезпечить можливість виконувати надточні обміри приміщень, створювати тривимірні цифрові копії об'єктів, а також автоматизувати розрахунки складних інженерних процесів. Нові можливості для підвищення якості та швидкості підготовки проектною документації виникають завдяки досягненням у галузі штучного інтелекту (ШІ) та впровадженню технології LiDAR у споживчу електроніку. Система повинна забезпечувати відгук інтерфейсу під час 3D-візуалізації не менше 30 FPS та виконувати генерацію кошторису протягом 5-10 секунд. Дані повинні зберігатися локально для можливості роботи в умовах обмеженого доступу до мережі Інтернет.

### Матеріали та методи

Об'єктом дослідження є процес автоматизації збору та обробки просторових даних для потреб будівельної галузі.

Предметом дослідження є методи та алгоритми інтеграції LiDAR-сканування з великими мовними моделями для автоматичного формування кошторисної документації у кросплатформовому мобільному середовищі.

На основі проведеного аналізу існуючих рішень та виявленого «технологічного вакууму» у сфері автоматизації будівельних обмірів, було визначено необхідність створення інтелектуального мобільного застосунку. Основна проблема, яку вирішує дане дослідження – це усунення ручних розрахунків та суб'єктивності при складанні попередніх кошторисів на ремонтні роботи.

### Виклад основного матеріалу

В останні роки спостерігається стрімкий розвиток технологій мобільного сканування та інтелектуальної обробки даних, що спричинило кардинальні зміни в архітектурній, будівельній та дизайнерській галузях. Удосконалення сенсорних систем у мобільних пристроях забезпечує можливість виконувати надточні

обміри приміщень, створювати тривимірні цифрові копії об'єктів, а також автоматизувати розрахунки складних інженерних процесів. Нові можливості для підвищення якості та швидкості підготовки проектною документації виникають завдяки досягненням у галузі штучного інтелекту (ШІ) та впровадженню технології LiDAR у споживчу електроніку.

У сучасному будівництві та дизайні інтер'єрів етап обміру приміщень та складання кошторису є фундаментальним компонентом реалізації будь-якого проекту. Точні дані про геометрію простору мають критичне значення для архітекторів, підрядників та замовників, оскільки вони безпосередньо впливають на обсяги закупівель матеріалів, терміни виконання робіт та фінансове планування.

Процес підготовки об'єкта до ремонту або реконструкції складається з кількох ключових етапів:

- виїзд на об'єкт та фізичний обмір приміщення;
- побудова двовимірних креслень (планів) або 3D-моделей;
- верифікація площ поверхонь, віконних та дверних прорізів;
- розрахунок необхідної кількості будівельних матеріалів;
- формування фінального кошторису з урахуванням ринкових цін.

Навіть при використанні сучасних лазерних далекомірів у процесі обмірів можуть траплятися помилки. Більшість із них пов'язана з людським фактором: некоректним записом даних, пропуском складних кутів або помилками при ручному перенесенні замірів у програмне забезпечення для розрахунків.

Через велику різноманітність архітектурних форм, наявність меблів, що перешкоджають замірам, а також складність розрахунку нелінійних елементів, використання класичних методів (ручного обміру) часто є неефективним та часозатратним. Традиційні підходи вимагають значної подальшої обробки даних у CAD-системах, що ускладнює отримання швидкого результату безпосередньо на об'єкті.

Саме тому доцільним є використання методів комп'ютерного зору та технології LiDAR у поєднанні з великими мовними моделями (LLM). Технологія LiDAR дозволяє отримувати «хмару точок» та автоматично розпізнавати площини стін, підлоги та стелі з точністю до сантиметра навіть у складних умовах. У свою чергу, інтеграція штучного інтелекту дозволяє системі не просто збирати дані, а інтелектуально аналізувати їх: автоматично вираховувати площу під оздоблення, підбирати типи робіт та генерувати деталізовані кошториси на основі текстових запитів користувача.

Впровадження системи автоматизованого обміру та AI-кошторису є важливим кроком для цифрової трансформації будівельної галузі. Така система дозволить мінімізувати кількість помилок у розрахунках, скоротити час від першого візиту на об'єкт до отримання

фінансового плану та забезпечити прозорість взаємодії між замовником і виконавцем.

Сучасний стан автоматизації у сфері архітектурних обмірів та складання кошторисів характеризується поступовим переходом від дискретних ручних операцій до комплексних цифрових екосистем, вершиною яких є BIM-моделювання (Building Information Modeling). Традиційно процес обміру тривалий час залишався консервативним: використання механічних або базових лазерних рулеток вимагало від спеціаліста самостійної фіксації кожної лінійної величини з подальшим ручним перенесенням даних у креслярські програми. На цьому етапі автоматизація обмежувалася лише точністю самого вимірального приладу, тоді як інтелектуальна складова – побудова геометрії приміщення та розрахунок обсягів робіт – повністю залежала від людини.

З впровадженням технологій комп'ютерного зору та систем мобільного 3D-сканування (LiDAR) рівень автоматизації піднявся на якісно новий рівень, що дозволяє інтегрувати результати обмірів безпосередньо в об'єктно-орієнтовані моделі. Сучасні програмні рішення дозволяють не просто фіксувати відстані, а автоматично розпізнавати площини стін, підлоги, стелі, а також ідентифікувати віконні та дверні прорізи як інтелектуальні об'єкти. Це відповідає концепції BIM, де кожен елемент моделі містить не лише геометричні параметри, а й метадані про тип матеріалу, конструктивні особливості та об'єми.

Проте, попри високий рівень автоматизації збору даних для BIM-моделей, етап їхньої автоматичної вартісної інтерпретації все ще залишається фрагментарним. Більшість існуючих професійних систем (таких як Revit чи ArchiCAD) працюють як складні середовища, що вимагають від користувача ручного призначення параметрів для кожної поверхні та вибору технологічних процесів для формування кошторису. Автоматичне поєднання «цифрового двійника» приміщення та «логіки» розрахунку необхідних робіт на основі контексту приміщення є найменш автоматизованою ланкою. Таким чином, актуальним напрямком розвитку є створення систем, які здатні не лише «бачити» простір у форматі BIM, а й самостійно аналізувати його параметри для генерації фінансово-технічної документації без надмірного втручання інженерів.

Розгляд сучасних засобів автоматизації обмірів неможливий без аналізу фундаментального фреймворку RoomPlan від компанії Apple, який став революційним кроком у демократизації технології LiDAR для широкого кола користувачів. Згідно з технічною документацією на офіційному порталі Apple Developer [12], RoomPlan визначається як Swift API, що використовує машинне навчання та сенсорні дані для створення тривимірних планів приміщень у реальному часі.

Принцип роботи системи базується на синергії сканера LiDAR та камери пристрою. LiDAR випромінює тисячі лазерних імпульсів, які відбиваються від поверхонь, дозволяючи системі миттєво визначати

відстань до об'єктів з міліметровою точністю. Одночасно з цим алгоритми комп'ютерного зору аналізують відеопотік з камери для ідентифікації семантики об'єктів. Це означає, що система не просто бачить «перешкоду», а розуміє, що перед нею – несуча стіна, дверне полотно або віконна рама.

Процес взаємодії користувача з RoomPlan характеризується високим рівнем імерсивності. Під час сканування на екрані пристрою поверх реального зображення кімнати накладаються напівпрозорі цифрові моделі. Це дає оператору миттєвий зворотний зв'язок: якщо система пропустила кут або невірно визначила межі стіни, це стає помітно одразу, що дозволяє повторно просканувати складну ділянку. Такий підхід радикально відрізняється від традиційних лазерних рулеток, де помилка виявляється лише на етапі побудови креслення в офісі.

З точки зору структури даних, RoomPlan генерує об'єктно-орієнтовану модель. На відміну від звичайної фотограмметрії, яка створює «порожню» 3D-сітку (mesh), RoomPlan видає параметричний опис приміщення. Кожен елемент моделі – це окремий об'єкт класу CapturedRoom, що має свої координати, розміри та атрибути. Наприклад, для стіни вказується не тільки довжина, а й товщина та орієнтація в просторі. Це дозволяє експортувати результати у форматі USDZ, який легко інтегрується в професійне архітектурне ПЗ, таке як Cinema 4D або Blender.

Проте, аналізуючи RoomPlan як інструмент для підготовки до ремонту, виявляються суттєві обмеження. Головне з них – відсутність будь-якої контекстної обробки матеріалів. Система бачить геометрію, але вона «сліпа» до типу поверхні: вона не розрізняє бетонну стіну від гіпсокартонної, а паркет від лінолеуму. Це робить неможливим автоматичний розрахунок вартості робіт без залучення додаткових інтелектуальних модулів. Крім того, RoomPlan обмежений лише екосистемою iOS, що відсікає значну частину ринку.

У контексті даного дослідження, досвід використання RoomPlan є надзвичайно цінним. В даному дослідженні було запозичено концепцію «цифрового двійника» (Digital Twin), де вихідним результатом сканування є структурований JSON-файл з усіма метриками. Це дозволило усунути головний недолік Apple-рішення: беремо «німу» геометрію та передаємо її в нейронну мережу, яка наповнює її інженерним змістом, перетворюючи розміри стін у перелік технологічних етапів оздоблення. Таким чином, RoomPlan слугує надійною сенсорною базою для майбутньої інтелектуальної надбудови.

В результаті зробленого аналізу можна зазначити, що LiDAR-режим дозволяє дуже швидко «захоплювати» великі площі, створюючи каркасну модель кімнати за лічені секунди. Режим фотограмметрії, своєю чергою, використовує сотні фотографій для генерації високоякісних текстур, що дозволяє зафіксувати колір стін, стан покриття підлоги та навіть дрібні деталі

інтер'єру. Це дозволить користувачеві візуально валідувати результат сканування перед тим, як система передасть дані до ШП-модуля для розрахунків. Таким чином, ми поєднуємо візуальну достовірність, притаманну Polycam, із параметричною точністю RoomPlan та когнітивною аналітикою GPT-4o, імплементуючи спрощений аналог такого переглядача за допомогою бібліотек Flutter.

В результаті проведеного аналізу інструментів, що відповідають за три основні вектори роботи системи:

- інструменти інтеграції з апаратним забезпеченням: бібліотеки для передачі даних від LiDAR-сенсора та API RoomPlan у середовище Flutter;
- бібліотеки обробки даних та мережевої взаємодії: засоби для комунікації з серверами OpenAI та серіалізації складних JSON-структур коштурисів.
- інструменти управління інтерфейсом та станом (State Management): архітектурні рішення для забезпечення чуйності додатку під час інтенсивних обчислень.

Саме тому для детального розгляду у межах даного дослідження обрано наступні програмні засоби:

- flutter\_roomplan (або методи MethodChannels): основний інструмент для виклику нативного інтерфейсу RoomPlan із коду на Dart та отримання результатів сканування;
- dart\_openai: бібліотека для зручної інтеграції з моделями GPT-4o, що забезпечує потокову передачу відповідей (Streaming) для створення інтерактивного чату;
- model\_viewer\_plus: віджет для відображення отриманої 3D-моделі у форматі USDZ/GLB безпосередньо в інтерфейсі мобільного додатка;
- provider / flutter\_bloc: бібліотеки для управління станом, що дозволяють синхронізувати дані між процесом сканування, аналізом ШП та фінальним кошторисом;
- path\_provider та share\_plus: інструменти для роботи з файловою системою пристрою (збереження звітів) та їх експорту у форматі PDF або Excel.

Інтерфейс розробленого додатку представлено на рис. 1.

У межах розробки системи, що базується на гібридному стеку технологій, центральне місце займає питання забезпечення безперервного зв'язку між кросплатформним шаром інтерфейсу (Flutter) та нативним інструментарієм Apple для сканування простору. Основним інструментом для вирішення цієї задачі є бібліотека flutter\_roomplan [13].

Ключовою інновацією проекту є поєднання Apple RoomPlan (LiDAR) [14] для збору прецизійних геометричних даних та Generative AI (OpenAI API) [15, 16] для їх логічної інтерпретації.

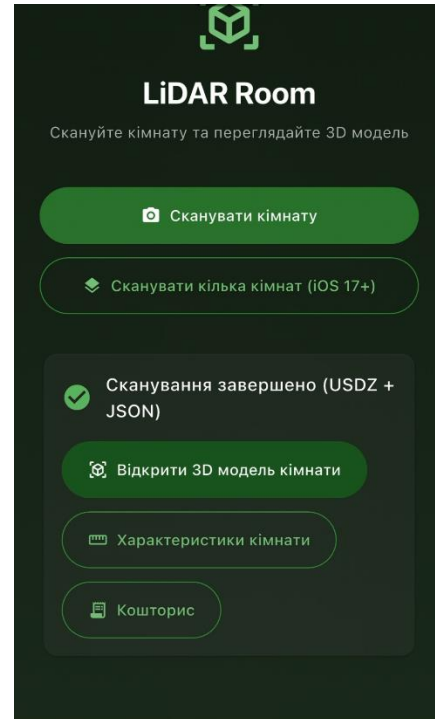


Рис. 1 – Інтерфейс програми для розрахунку автоматичного кошторису за допомогою ШП

Геометричний шар: Використання LiDAR дозволяє отримати точність обмірів до міліметрів, що недоступно для традиційних методів фотограмметрії.

Логічний шар: Замість ручного введення формул, система передає отримані параметри стін, підлоги та отворів до моделі gpt-4o-mini.

Як зазначається в дослідженнях щодо інтеграції LLM в інженерні процеси [17], використання моделей сімейства GPT дозволяє отримувати не просто арифметичний результат, а релевантний перелік технологічних процесів. Модель gpt-4o-mini обрана як оптимальний баланс між швидкістю відповіді та вартістю запитів, що дозволяє в реальному часі формувати специфікації матеріалів та актуальні ціни на роботи, враховуючи регіональні особливості та складність поверхонь.

Використовуючи апаратні можливості сенсора LiDAR для точного визначення геометрії простору в реальному часі додатком виконується автоматичне розпізнавання ключових архітектурних елементів: стін, вікон, дверей, а також базових об'єктів меблів, що впливають на площу оздоблення та відбувається створення цифрової хмари точок та її перетворення у структурований формат даних.

Після виконання сканування кімнати і отримання 3D-копії відсканованого приміщення (рис. 2), програма спроможна продемонструвати кімнату з будь якого ракурсу, зручного для перегляду та впевненості у точності сканування. При цьому користувачеві надаються інструменти для візуальної перевірки коректності обміру (обертання, масштабування, огляд з різних

ракурсів), а відображення накладеної сітки та маркерів об'єктів підтверджує точність розпізнавання меж приміщення.



Рис. 2 – Видяг зображення кімнати, після LiDAR-сканування

Після відкриття 3D-моделі відсканованого приміщення, додаток надає інформацію про корисну площу робочої зони, в даному випадку – кімнати, з урахуванням площі підлоги, висоти приміщення, площі всіх стін, вікон та дверей тощо (рис. 3). Додаток виконує експорт цих даних у формат, придатний для подальшої математичної та логічної обробки.

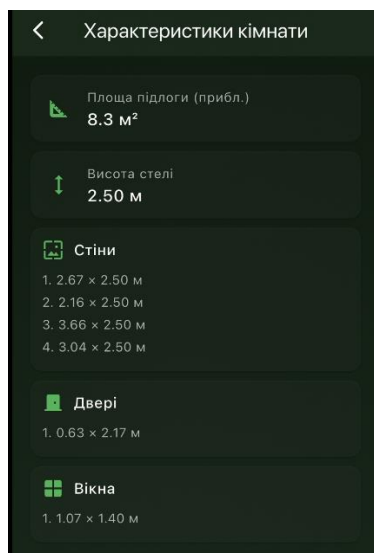


Рис. 3 – Результат заміру складових частин приміщення за допомогою LiDAR-сканування

З урахуванням опрацьованої інформації додаток надає можливість вказати необхідні будівельні та/або ремонтні роботи, які користувач вважає за потрібні і, залучивши можливості штучного інтелекту (рис. 4), розробити кошторис (рис. 5), використовуючи для цього відповідну команду головного меню (див. рис. 1)

Генерація автоматичного кошторису за допомогою ШІ інтерпретує текстовий запит користувача (наприклад, «покласти плитку на підлогу та пофарбувати стіни») у контексті отриманої геометрії. Використання можливостей моделі gpt-4o-mini для підбору переліку необхідних технологічних процесів, розрахунку кількості матеріалів та визначення орієнтовної вартості робіт дозволяє забезпечувати релевантність цін та технологій відповідно до сучасних стандартів будівництва.

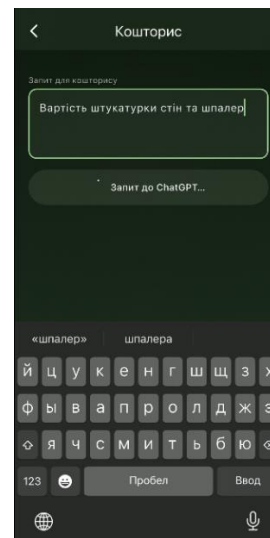


Рис. 4 – Вікно додатку для обрахунку робіт

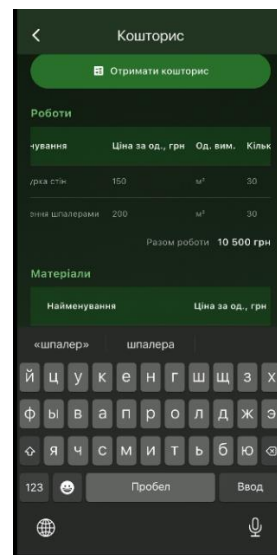


Рис. 5 – Результат розрахунку кошторису з переліком матеріалів та вартості виконаних робіт

Забезпечення зручного інтерфейсу для роботи з даними виконує представлення результатів розрахунку у вигляді структурованих таблиць, де чітко розмежовані витрати на матеріали та вартість послуг майстрів. Крім того, забезпечується надання можливості швидкого перегляду та редагування отриманих параметрів перед фінальним збереженням звіту.

Результати роботи додатку підтверджують, що обраний стек (Flutter + Swift + LiDAR + GPT-4o-mini + Isar) є найбільш прогресивним рішенням для розв'язання поставленої задачі. Це поєднання технологій мінімізує людський фактор, усуває потребу в ручних розрахунках та перетворює процес підготовки кошторису з багатоденної рутини на миттєву автоматизовану операцію.

### Висновки

Результатами аналітичного та практичного дослідження доведено, що в умовах масштабної реконструкції України перехід від дискретних ручних операцій до комплексних цифрових екосистем є критично важливим для підвищення ефективності та прозорості будівельної галузі.

Розроблений та апробований додаток демонструє, що використання технології LiDAR у поєднанні з фреймворком RoomPlan дозволяє подолати обмеження традиційних методів обміру, забезпечуючи міліметрову точність фіксації геометрії приміщень та автоматичне розпізнавання семантики об'єктів.

Науково-обґрунтована та практично-реалізована взаємодія геометричного (LiDAR) та логічного (Generative AI) механізмів обробки даних дозволила вирішити проблему «технологічного вакууму» у сфері автоматичної вартісної інтерпретації результатів 3D-сканування.

Результати дослідження підтверджують, що запропоноване рішення радикально скорочує витрати часу на передпроектну підготовку, усуває суб'єктивність розрахунків та забезпечує високу якість підготовки проектної документації, що відповідає світовим трендам Industry 4.0.

### Перелік використаних джерел

- [1] Barriers to the implementation of Building Information Modelling (BIM) for facility management / Durdyev S., Ashour M., Connelly S., Mahdiyar A. *Journal of Building Engineering*. 2022. Vol. 46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103736>.
- [2] Building Information Modeling (BIM), Blockchain, and LiDAR Applications in Construction Lifecycle: Bibliometric, and Network Analysis / Faraji A. et al. *Buildings*. 2024. Vol. 14, no. 4. Article 919. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings14040919>.
- [3] Characteristics-based framework of effective automated monitoring parameters in construction projects / A. H. Qureshi et al. *Arabian Journal for Science and Engineering*. 2023. Vol. 48. Pp. 4731–4749. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13369-022-07172-y>.
- [4] Modelling the relationship between Building Information Modelling (BIM) implementation barriers, usage and awareness on building project lifecycle / Olanrewaju O. I., Kineber A. F., Chileshe N., Edwards D. J. *Building and Environment*. 2022. Vol. 207. Part B. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108556>.
- [5] L. Yang. A Comprehensive Review of Artificial Intelligence Applications in Building Information Modeling (BIM) and Future Perspectives. *Journal of Computer Technology and Applied Mathematics*. 2025. Vol. 2, no. 2. DOI: <https://doi.org/10.70393/6a6374616d.323635>.
- [6] Theoretical and Methodological Bases for Implementing BIM Technologies in Construction Companies: Essence, Characteristics, Economic Efficiency / Yashchenko O. F. et al. *Business Inform.* 2024. Vol. 1(552). Pp. 167-177. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-1-167-177>.
- [7] Бондаренко Д. В., Калашнікова К. Ю. Цифровізація будівельної галузі України: аналіз стану, проблем та перспектив розвитку. *Економіка та суспільство*. 2024. Вип. № 65. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-65-2>.
- [8] Обідник М. Д., Обідник М. В. Цифровізація в будівельній галузі. Ключові тенденції розвитку технології Building Information Modeling (BIM). *Технологія Blockchain у BIM. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2025. Вип. 38(1). С. 95–101. DOI: <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2025-1-95-101>.
- [9] Makatora D., Kubanov R. Theoretical and methodological bases for implementing the creative management technology «factory of ideals» into architectural and construction company. *Modeling the development of the economic systems*. 2024. № 4. Pp. 193-199. DOI: <https://doi.org/10.31891/mdes/2024-14-26>.
- [10] Heidari A., Peyvastehtar Y., Amanzadegan M. A systematic review of the BIM in construction: from smart building management to interoperability of BIM & AI. *Architectural Science Review*. 2024. Vol. 67. С. 237-254. DOI: <https://doi.org/10.1080/00038628.2023.2243247>.
- [11] Yang L. A Comprehensive Review of BIM and Deep Learning Integration in Innovative Practices for Architectural Digital Transformation. *Journal of Industrial Engineering and Applied Science*. 2025. Vol. 3, no. 3. Pp. 23–31. DOI: <https://doi.org/10.70393/6a69656173.333030>.
- [12] RoomPlan: Create a 3D model of a room using ARKit and LiDAR : Apple Developer Documentation. URL: <https://developer.apple.com/documentation/roomplan> (дата звернення: 28.12.2025).

- [13] flutter\_roomplan 0.0.3 : Dart packages. URL: [https://pub.dev/packages/flutter\\_roomplan](https://pub.dev/packages/flutter_roomplan) (дата звернення: 28.12.2025).
- [14] RoomPlan: Create a 3D model of a room using ARKit and LiDAR : Apple Developer Documentation. URL: <https://developer.apple.com/documentation/roomplan> (дата звернення: 03.12.2025).
- [15] OpenAI API Reference. Models and Capabilities for Text Processing. URL: <https://platform.openai.com/docs> (дата звернення: 03.12.2025).
- [16] dart\_openai 5.1.0 : Full-featured OpenAI SDK for Dart/Flutter. GitHub Repository. URL: [https://github.com/Abdalkareem/dart\\_openai](https://github.com/Abdalkareem/dart_openai) (дата звернення: 03.03.2026).
- [17] Hu L. Hybrid Edge-AI Framework for Intelligent Mobile Applications: Leveraging Large Language Models for On-device Contextual Assistance and Code-Aware Automation. *Journal of Industrial Engineering and Applied Science*. 2025. Vol. 3, no. 3. Pp. 10–22. DOI: <https://doi.org/10.70393/6a69656173.323935>.

## INTELLIGENT TECHNOLOGIES FOR RENOVATION ASSESSMENT: INTEGRATING LIDAR AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

**Dehtiarova L.M.** *PhD (Engineering), associate professor, SHEI «Priazovskyi state technical university», Dnipro, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5927-9550>, e-mail: [degtyareva\\_l\\_m@pstu.edu](mailto:degtyareva_l_m@pstu.edu)*

*The article examines the strategic priorities for the digital transformation of Ukraine's construction sector in the face of unprecedented post-war recovery challenges. The scale of destruction necessitates a transition from traditional manual site surveys to integrated digital ecosystems. The objective of the research is to develop and substantiate a highly efficient intelligent system for the automation of architectural measurements and the instantaneous generation of cost estimation documentation through the convergence of mobile LiDAR scanning and generative Artificial Intelligence. The research methodology is centered on a multi-layered technological stack. At the hardware level, the study utilizes the high-precision LiDAR sensors integrated into modern mobile devices, leveraging the Apple RoomPlan framework to facilitate real-time spatial data acquisition. At the software level, the cross-platform Flutter environment is employed to ensure seamless data flow between the geometric scanning module and the analytical core. A critical component of the methodology is the integration of the GPT-4o Large Language Model via API, which acts as an expert interpreter of spatial data. The results of the study demonstrate a fundamentally new approach to «digital twin» creation. The developed application enables the generation of high-fidelity 3D models of interiors with automatic semantic labeling of structural components such as walls, openings, and architectural boundaries. The key innovation lies in the system's ability to process natural language user queries (e.g., «install floor tiling and paint the walls») and correlate them with the precise geometric parameters derived from the LiDAR scan. This synergy allows for the autonomous calculation of material quantities, labor costs, and technological processes, producing a structured cost estimate in seconds. The scientific novelty of the work is represented by the formalization of a hybrid data processing model where geometric point clouds are transformed into actionable financial-technical insights without human intermediary calculations. The practical significance of the findings is profound: the proposed solution reduces the pre-design documentation phase by up to 95%, eliminates subjective errors in measurements, and provides a transparent, verifiable basis for budgeting restoration projects. Such systems represent a vital component of the Industry 4.0 paradigm, ensuring the competitiveness and transparency of the national construction industry on a global scale.*

**Keywords:** construction digitalization; LiDAR scanning; Artificial Intelligence; GPT-4o; Flutter; RoomPlan; automated cost estimation; BIM modeling.

### References

- [1] S. Durdyev, M. Ashour, S. Connelly, and A. Mahdiyar, "Barriers to the implementation of Building Information Modelling (BIM) for facility management," *Journal of Building Engineering*, vol. 46, 2022. doi: [10.1016/j.jobe.2021.103736](https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103736).
- [2] A. Faraji, S. H. Arya, E. Ghasemi, P. Rahnama-yezekavat, and S. Perera, "Building Information Modeling (BIM), Blockchain, and LiDAR Applications in Construction Lifecycle: Bibliometric, and Network Analysis," *buildings*, vol. 14, no. 4, article 919, 2024. doi: [10.3390/buildings14040919](https://doi.org/10.3390/buildings14040919).
- [3] A. H. Qureshi, W. S. Alaloul, W. K. Wing, S. Saad, S. Ammad, and M. Altaf, "Characteristics-based framework of effective automated monitoring parameters in construction projects," *Arabian Journal for Science and Engineering*, vol. 48, pp. 4731–4749, 2023. doi: [10.1007/s13369-022-07172-y](https://doi.org/10.1007/s13369-022-07172-y).
- [4] A. H. Qureshi, W. S. Alaloul, W. K. Wing, S. Saad, S. Ammad, and M. Altaf, "Modelling the relationship between Building Information Modelling (BIM) implementation barriers, usage and awareness on building project lifecycle," *Building and Environment*, vol. 207, part b, 2022. doi: [10.1016/j.buildenv.2021.108556](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108556).

- [5] L. Yang, “A Comprehensive Review of Artificial Intelligence Applications in Building Information Modeling (BIM) and Future Perspectives,” *Journal of Computer Technology and Applied Mathematics*, 2025, vol. 2, no. 2. doi: [10.70393/6a6374616d.323635](https://doi.org/10.70393/6a6374616d.323635).
- [6] O. F. Yashchenko, D. A. Makatora, R. A. Kubanov, P. L. Zynych, and D. E. Prusov, “Theoretical and Methodological Bases for Implementing BIM Technologies in Construction Companies: Essence. Characteristics. Economic Efficiency,” *Business Inform*, vol. 1, pp. 167-177, 2024. doi: [10.32983/2222-4459-2024-1-167-177](https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-1-167-177).
- [7] D. Bondarenko, and K. Kalashnikova, “Tsyfrovizatsiia budivelnoi haluzi Ukrainy: analiz stanu, problem ta perspektiv rozvytku” [“Digitalisation of the construction industry IN Ukraine: analysis of the state, problems and development prospects”], *Ekonomika ta suspilstvo – Economy and Society*, 2024. vol. № 65, 2024. doi: [10.32782/2524-0072/2024-65-2](https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-65-2). (Ukr.)
- [8] M. D. Obidnyk, and M. V. Obidnyk, “Tsyfrovizatsiia v budivelnii haluzi. Kliuchovi tendentsii rozvytku tekhnolohii Building Information Modeling (BIM). Tekhnolohiia Blockchain u BIM” [“Digitalization in the construction industry. Key trends in the development of building information modeling (BIM) technology. blockchain technology in BIM”], *Suchasni tekhnolohii, materialy i konstruksii v budivnytstvi – Modern Technology, Materials and Design in Construction*, 2025, vol. 38(1), pp. 95–101, 2025. doi: [10.31649/2311-1429-2025-1-95-101](https://doi.org/10.31649/2311-1429-2025-1-95-101).
- [9] D. Makatora, and R. Kubanov, “Theoretical and methodological bases for implementing the creative management technology «factory of ideals» into architectural and construction company,” *Modeling the development of the economic systems*, № 4, pp. 193-199, 2024. doi: [10.31891/mdes/2024-14-26](https://doi.org/10.31891/mdes/2024-14-26).
- [10] A. Heidari, Y. Peyvastehgar, and M. Amanzadegan, “A systematic review of the BIM in construction: from smart building management to interoperability of BIM & AI,” *Architectural Science Review*, vol. 67, pp. 237-254, 2024. doi: [10.1080/00038628.2023.2243247](https://doi.org/10.1080/00038628.2023.2243247).
- [11] L. Yang, “A Comprehensive Review of BIM and Deep Learning Integration in Innovative Practices for Architectural Digital Transformation,” *Journal of Industrial Engineering and Applied Science*, vol. 3, no. 3, pp. 23–31, 2025. doi: [10.70393/6a69656173.333030](https://doi.org/10.70393/6a69656173.333030).
- [12] RoomPlan: Create a 3D model of a room using ARKit and LiDAR : Apple Developer Documentation. [Online]. Available: <https://developer.apple.com/documentation/roomplan>. Accessed on: December 28, 2025.
- [13] flutter\_roomplan 0.0.3 : Dart packages. [Online]. Available: [https://pub.dev/packages/flutter\\_roomplan](https://pub.dev/packages/flutter_roomplan). Accessed on: December 28, 2025.
- [14] RoomPlan: Create a 3D model of a room using ARKit and LiDAR : Apple Developer Documentation. [Online]. Available: <https://developer.apple.com/documentation/roomplan>. Accessed on: December 03, 2025.
- [15] OpenAI API Reference. Models and Capabilities for Text Processing. [Online]. Available: <https://platform.openai.com/docs>. Accessed on: December 03, 2025.
- [16] dart\_openai 5.1.0 : Full-featured OpenAI SDK for Dart/Flutter. GitHub Repository. [Online]. Available: [https://github.com/Abedalkareem/dart\\_openai](https://github.com/Abedalkareem/dart_openai). Accessed on: December 03, 2025.
- [17] L. Hu, “Hybrid Edge-AI Framework for Intelligent Mobile Applications: Leveraging Large Language Models for On-device Contextual Assistance and Code-Aware Automation,” *Journal of Industrial Engineering and Applied Science*, vol. 3, no. 3, pp. 10–22, 2025. doi: [10.70393/6a69656173.323935](https://doi.org/10.70393/6a69656173.323935).

Стаття надійшла 20.01.2026

Стаття прийнята 23.02.2026

Стаття опублікована 26.03.2026

**Цитуйте цю статтю як:** Дегтярьова Л. М. Інтелектуальні технології оцінювання ремонтних робіт: інтеграція LiDAR та штучного інтелекту. *Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки*. 2026. Вип. 53, том 1. С. 120–127. DOI: <https://doi.org/10.31498/2225-6733.53.1.2026.359787>.