

УДК 69.059.6

DOI: 10.30838/UJCEA.2312.270425.95.1148

РОЗУМНИЙ ДЕМОНТАЖ : РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВИБОРУ СЦЕНАРІЇВ ДЕМОНТАЖУ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ОБ'ЄКТІВ АНАЛОГІВ

НАУМОВ В. О.^{1*}, доктор філософії,
БІЛОКОНЬ А. І.², докт. техн. наук, проф.

^{1*} Кафедра організації і управління будівництвом, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (066) 380-94-39, e-mail: naumov.vladyslav@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-0355-6472

² Кафедра технології будівельного виробництва, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-76, e-mail: belokon0604@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7332-1177

Анотація. В сучасному світі актуальність демонтажу та знесення об'єктів у будівництві визначається рядом факторів, які вимагають ефективних та інноваційних рішень у галузі управління будівельними процесами та ресурсами. Старіння будівельного фонду, зведеного ще у 60х–70х роках минулого століття, призводить до необхідності ретельного вивчення та розробки оптимальних стратегій демонтажу. Такі будівлі, які фізично та морально вичерпали свій ресурс, належать до об'єктів, які вимагають особливої уваги через потенційні ризики які вони можуть спричинити. З зростанням ступеня старіння таких будівель, а це має повсюдний характер, збільшується ймовірність виникнення дефектів та несправностей. Заходи з демонтажу та знесення важливі для мінімізації можливих негативних наслідків та забезпечення безпеки людей та впливу на економіку держави загалом. Крім того, Українське суспільство стикається із визначальними викликами, такими як бойові дії та постійні нападки країни агресорки, це призводить до значного руйнування будівель та споруд. Окрім всього, така ситуація ставить перед нами завдання пошуку методів для швидкого та безпечного демонтажу об'єктів із збереженням цінних ресурсів та навколишнього середовища для можливості подальшого стрімкого відродження. Розглядаючи демонтаж не лише як необхідну процедуру, але й як засіб досягнення стійкості у будівельній галузі, стає очевидною потреба в інтеграції інноваційних технологій і програмного забезпечення. Такі інструменти дозволяють не тільки оптимізувати процеси демонтажу, але й сприяють ретельному плануванню та використанню найбільш ефективних методів знесення, що знижує загальний вплив на навколишнє середовище та підвищує рівень безпеки. Впровадження даної програми у практику будівельної галузі має потенціал не тільки радикально змінити підхід до демонтажу застарілих або пошкоджених будівель, але й стати кроком до створення більш сталого та відповідального будівельного сектору. Цей інструмент дозволяє враховувати всі важливі аспекти, від технічних характеристик об'єкта до екологічних та соціальних вимог, пропонуючи комплексне рішення для викликів сучасності. З огляду на це, подальше дослідження та розвиток програми можуть значно сприяти прогресу в області демонтажу та реконструкції, відкриваючи нові можливості для підвищення ефективності, безпеки та стійкості у будівельній індустрії. У цьому контексті важливим є впровадження інтелектуальних технологій та програмного забезпечення для оптимального вибору сценаріїв демонтажу. Стаття спрямована на розгляд та розробку програми, яка забезпечить швидкий та ефективний вибір найбільш адаптованих стратегій демонтажу в умовах руйнування та старіння будівельного фонду, що відповідає потребам сучасного будівництва та реконструкції. **Мета дослідження** полягає у розробці та представленні алгоритму та інструментарію для інтелектуального вибору оптимальних сценаріїв демонтажу будівель та споруд на основі аналізу об'єктів та їхніх аналогів. **Предметом дослідження** є розробка та вдосконалення програмного забезпечення для інтелектуального вибору оптимальних сценаріїв демонтажу в будівництві. **Об'єктом дослідження** є процес демонтажу будівель та споруд, що застаріли та пошкоджені внаслідок бойових дій.

Ключові слова: демонтаж; знесення будівель; інноваційні технології; управління будівельними процесами; оптимізація ресурсів; старіння інфраструктури; безпека будівель; програмне забезпечення для демонтажу; відновлення після руйнувань; стійкість у будівництві

SMART DISMANTLING : DEVELOPING SOFTWARE FOR OPTIMAL SELECTION OF DISMANTLING SCENARIOS BASED ON ANALYSIS OF ANALOGOUS OBJECTS

NAUMOV V.O.^{1*}, *PhD*,
BILOKON A.I.², *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*

^{1*} Department of Construction Management, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (066) 380-94-39, e-mail: naumov.vladyslav@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-0355-6472

² Department of Construction Production Technology, Department of Construction Production Technology, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-76, e-mail: belokon0604@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7332-1177

Abstract. In the contemporary world, the relevance of dismantling and demolition of construction objects is determined by a range of factors that require efficient and innovative solutions in the field of construction process and resource management. The aging of the construction stock, built in the 1960s–1970s, necessitates a thorough examination and development of optimal demolition strategies. Such buildings, having physically and morally exhausted their resource, belong to objects that require special attention due to potential risks they may pose. With the aging of such buildings becoming a widespread phenomenon, the likelihood of defects and malfunctions increases. Demolition and dismantling measures are crucial for minimizing potential adverse effects and ensuring the safety of people and the impact on the national economy as a whole. Furthermore, Ukrainian society faces defining challenges such as military actions and constant attacks by the aggressor country, leading to significant destruction of buildings and structures. Moreover, this situation presents us with the task of finding methods for rapid and safe demolition of objects while preserving valuable resources and the environment for possible swift revival. Considering demolition not only as a necessary procedure but also as a means to achieve sustainability in the construction industry, the need for integration of innovative technologies and software becomes evident. Such tools not only optimize demolition processes but also facilitate careful planning and the use of the most effective demolition methods, reducing the overall impact on the environment and enhancing safety levels. The implementation of this program in the construction industry practice has the potential not only to radically change the approach to the demolition of outdated or damaged buildings but also to be a step towards creating a more sustainable and responsible construction sector. This tool allows considering all important aspects, from the technical characteristics of the object to ecological and social requirements, offering a comprehensive solution to contemporary challenges. In this regard, further research and development of the program could significantly contribute to progress in the field of demolition and reconstruction, opening new opportunities for enhancing efficiency, safety, and sustainability in the construction industry. In this context, the implementation of intelligent technologies and software for the optimal choice of demolition scenarios is crucial. The article aims to discuss and develop a program that will provide a quick and efficient selection of the most adapted demolition strategies in the conditions of destruction and aging of the construction stock, meeting the needs of modern construction and reconstruction. **The research goal** is to develop and present an algorithm and toolkit for intelligent selection of optimal demolition scenarios for buildings and structures based on the analysis of objects and their analogs. **The research subject** is the development and improvement of software for intelligent selection of optimal demolition scenarios in construction. **The research object** is the process of demolishing buildings and structures that are outdated and damaged due to military actions.

Keywords: *demolition; building dismantling; innovative technologies; construction process management; resource optimization; infrastructure aging; building safety; software for demolition; post-conflict reconstruction; sustainability in construction*

Аналіз літератури. Останні наукові дослідження в сфері демонтажу будівель та споруд свідчать про зростаючий інтерес до впровадження автоматизації та типізації виконання проектів у цій галузі. Декілька наукових робіт відображають цей тренд.

Так статті [1] та [5] зосереджені на використанні комп'ютерних симуляцій для планування та виконання процесів демонтажу. Стаття [1] фокусується на застосуванні ANSYS для симуляції демонтажу, тоді як [5] розглядає використання 4D симуляцій для підвищення

ефективності демонтажу. Обидва дослідження підкреслюють значення візуалізації та детального планування в процесі демонтажу. Тоді як [2] та [6] описують цифровий підхід до методології управління відходами та автоматизації на будівельному майданчику. Дослідження [2] розглядає управління відходами в пост-катастрофічних районах, тоді як [6] пропонує рамкову структуру для комп'ютеризації процесів на майданчику виконання робіт. Ці статті вказують на потенціал цифрових технологій у

поліпшенні ефективності процесів демонтажу та управління відходами. В доповнення теми управління відходами статті [3] та [9] об'єднані спільною темою оцінки обсягу відходів та екологічних аспектів у демонтажі. Стаття [3] представлена модель для оцінки обсягу відходів, в той час як [8] пропонує модель оцінки життєвого циклу для кінцевих сценаріїв будівельного демонтажу. Ці дослідження демонструють важливість інтеграції екологічних аспектів та рециклінгу у процеси демонтажу. Стаття [4] в свою зосереджується на впровадженні концепції «lean demolition» (стрункого демонтажу) для муніципальних будівель, використовуючи методику часткових найменших квадратів, що підкреслює потребу в ефективніших та економічно вигідних підходах до демонтажу будівель, звертаючи увагу на важливість оптимізації процесів, зменшення відходів та підвищення ефективності ресурсовикористань. В дослідженні [7] представляє систематичний огляд ключових факторів, що впливають на деконструктивність будівель. У ній розглядається ряд параметрів, таких як дизайн, використання матеріалів, конструктивні методики, та екологічні аспекти. Ця робота має на меті розробку концептуальної моделі для покращення планування та виконання процесів демонтажу. Важливим аспектом є інтеграція цих факторів на ранніх етапах проектування, що може сприяти більш ефективній деконструкції та переробці матеріалів, зменшуючи витрати та негативний вплив на довкілля.

У сучасних реаліях стрімкого технологічного прогресу, інтеграція інноваційних технологій у будівельні процеси відкриває нові горизонти для покращення ефективності та зменшення впливу на довкілля. Особливо це стає актуальним у контексті демонтажних робіт, де потреба у точному плануванні та врахуванні безлічі факторів вимагає використання передових технічних рішень. Дослідження, представлені у статтях [9] та [10], яскраво демонструють, як сучасні

технології, зокрема BIM та системи автоматизованого виявлення елементів будівлі, можуть радикально трансформувати процеси демонтажу. Ці технології не тільки сприяють підвищенню точності та ефективності планування, але й забезпечують більшу безпеку, зменшуючи ризики, пов'язані з фізичними аспектами демонтажу. Впровадження BIM та інших автоматизованих систем дозволяє здійснити крок вперед до створення більш сталого та відповідального підходу до демонтажу будівель, що є невід'ємною частиною сучасної будівельної індустрії. В цьому аспекті важливим стає це в контексті зростаючих вимог до ефективності та сталості у будівельній галузі. Стаття [11], вносить значний вклад у цю важливу область. Автори фокусуються на розробці методик оцінки та мінімізації ризиків, пов'язаних з демонтажними роботами, підкреслюючи важливість системного підходу до управління ризиками. Це дослідження не тільки сприяє зростанню безпечності на будівельних майданчиках, але й вказує на необхідність інтеграції ризик-менеджменту в загальну стратегію планування та виконання демонтажу. Подібні дослідження відіграють критичну роль у розвитку безпечніших та більш відповідальних практик у будівництві, що є ключовим для забезпечення стійкого розвитку галузі.

У сукупності ці дослідження відображають різні аспекти та підходи до автоматизації процесів демонтажу, від використання комп'ютерних симуляцій та BIM-технологій до оптимізації управління відходами та зменшення екологічного впливу. Це дозволяє сформулювати комплексний погляд на потенціал та необхідність автоматизації у сфері демонтажних.

Вступ. У сучасному світі будівництва, постійно зростає важливість ефективного та обдуманого підходу до процесів демонтажу будівель та споруд. З огляду на це, актуальним стає розробка інноваційних рішень, які б забезпечували оптимальний вибір сценаріїв демонтажу, заснованих на

глибокому аналізу та врахуванні досвіду, накопиченого при реалізації попередніх проектів. В наших опублікованих напрацюваннях виконано аналіз технічних рішень у проектах знесення будівель та споруд з визначенням параметрів за частотою використання та важливістю [12], а також запропоновано систематизацію та типізацію цих проектних рішень, дозволяючи глибше зрозуміти та структурувати різноманіття підходів та методики в області демонтажу [13]. Ці дослідження, в комплексі дають фундаментальні уявлення про поточний стан та можливості в галузі демонтажу будівель. Це дозволяє не тільки глибше аналізувати існуючі методики, але й відкриває шлях для розробки нових, більш ефективних та безпечних технічних рішень, адаптованих до сучасних вимог та стандартів.

Данна стаття представляє новаторську систему, що використовує методику аналізу об'єктів-аналогів для визначення найбільш ефективних та безпечних способів демонтажу. В дослідженні представлено алгоритм, який дозволяє інженерам аналізувати різні варіанти демонтажу, враховуючи унікальні характеристики кожної будівлі чи споруди. Цей підхід дозволяє не тільки забезпечити ефективність та економічну вигоду процесів демонтажу, але й сприяє зниженню впливу на довкілля та підвищенню рівня безпеки працівників. Використання програмного забезпечення для підбору технології демонтажу відкриває нові можливості для оптимізації та типізації процесів у будівельній галузі, забезпечуючи ефективне використання ресурсів та врахування усіх необхідних факторів.

Викладення результатів дослідження. У центрі розробки нашого програмного забезпечення лежить інноваційний підхід до автоматизації процесу планування демонтажу будівель та споруд. Програма, написана на мові Python, реалізує сучасні принципи обробки та аналізу даних, інтегруючи в себе чотири основні блоки, що послідовно взаємодіють один з одним. Програма, розроблена для підбору методів

демонтажу будівель та споруд, носить концептуальну назву **«DemoTeka»**. Ця назва вибрана не випадково, адже вона відображає два ключові аспекти програми:

«Demo»: ця частина назви безпосередньо вказує на "демонтажний процес", основний фокус програми. Вона підкреслює специфіку програми як інструменту, призначеного для планування та виконання демонтажних робіт.

«Teka»: це слово викликає асоціації з «бібліотекою» або «колекцією», що символізує об'ємну базу знань та напрацювань, які програма використовує для своєї роботи. Це відсилає до багатолітніх досліджень та практичного досвіду в індустрії демонтажу, які лежать в основі функціональності даної програми.

«DemoTeka» об'єднує в собі інноваційні технології та перевірені часом методики, надаючи фахівцям в галузі демонтажу потужний інструмент для ефективного вибору найбільш підходящих методів роботи. Програма враховує різноманітні аспекти кожного конкретного об'єкта, від геометричних параметрів до специфіки місцезнаходження, використовуючи це для рекомендації оптимального підходу до демонтажу.

Таким чином, «DemoTeka» служить не лише як інструмент для планування конкретних демонтажних операцій, але й як цінне джерело знань, засноване на багаторічній практиці та дослідженнях в цій галузі.

Ключові етапи роботи програми включають: перший блок програми представляє собою інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, орієнтований на зручність користувача. Цей блок слугує як вхідний ворота для збору даних, які вносяться користувачем. Головне вікно інтерфейсу містить три вкладки, кожна з яких призначена для введення конкретного типу інформації. Перша вкладка призначена для введення геометричних параметрів будівлі, дозволяючи користувачу детально описати розміри та форму об'єкта. Друга вкладка зосереджена на типах конструкцій, які використовуються в будівлі, надаючи

можливість класифікувати матеріали та конструктивні елементи. Третя вкладка дозволяє вносити дані про параметри майданчика, такі як доступність, розташування та інші логістичні особливості.

Всі введені дані записуються у форматі JSON, що забезпечує легкість їх подальшої обробки та аналізу. Застосування JSON як формату зберігання даних вибрано через його гнучкість, легкість читання та

інтеграцію з різними мовами програмування, зокрема Python.

Кожен наступний блок програми розроблено таким чином, щоб використовувати вихідні дані попереднього блоку, що забезпечує послідовність та інтеграцію всього процесу аналізу. Це дозволяє формувати всеосяжний та точний аналіз для вибору найоптимальніших сценаріїв демонтажу, базуючись на специфіці конкретного об'єкта та умов майданчика.

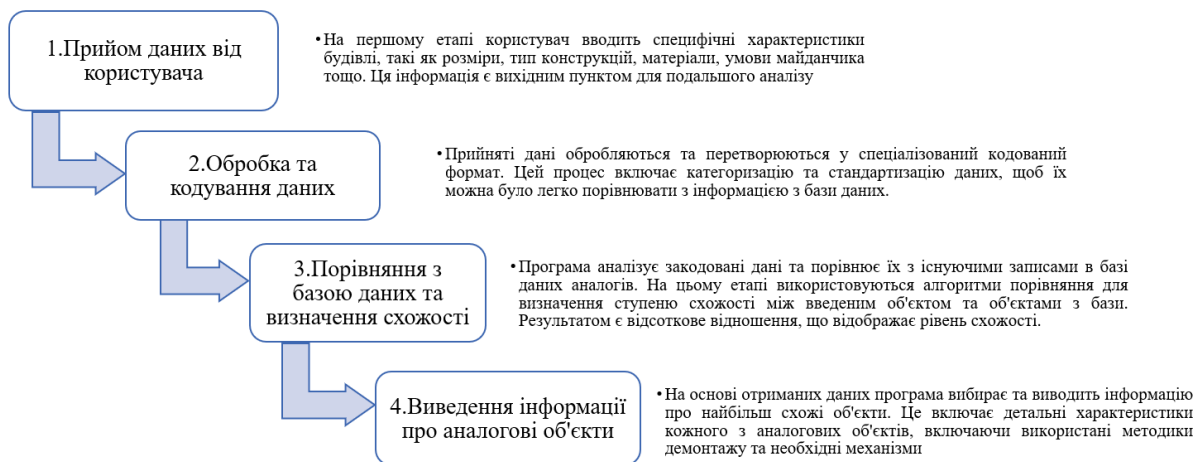


Рис. 1. Блок-схема структури програми

У процесі розробки програми для підбору методів демонтажу будівель та споруд ми зосередилися на створенні зручного та інтуїтивно зрозумілого графічного інтерфейсу користувача. Ось ключові етапи, на яких ми зупинилися:

Блок № 1. Створення вкладок для організації інформації: на етапі планування ми визначили, що ефективне управління даними є ключовим для успішного аналізу методів демонтажу. Тому було вирішено розбити інформацію на логічні секції або категорії, які можна було б легко організувати за допомогою вкладок. При розробці розроблено структуру вкладок у головному вікні програми, використовуючи елемент управління **QTabWidget** з бібліотеки **PyQt5**. Кожна вкладка призначена для збору певного типу даних:

«Геометричні параметри»: Ця вкладка призначена для введення даних про фізичні розміри об'єкта демонтажу, таких як кількість поверхів, висота будівлі, форма

будівлі тощо. Такий підхід дозволяє отримати чітке уявлення про об'єкт і відповідно підбирати методи демонтажу.

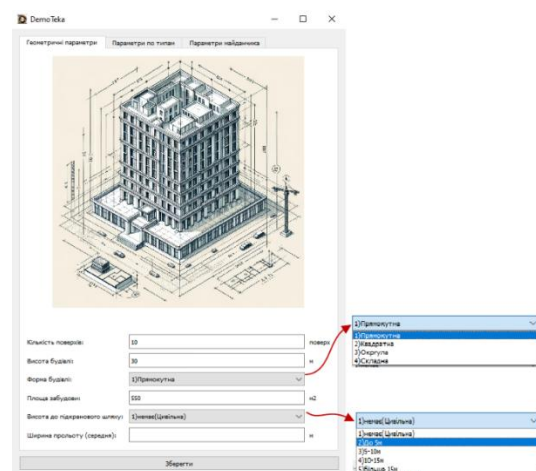


Рис. 2. Вікно першої вкладки «Геометричні параметри»

«Параметри по типам»: На цій вкладці збираються дані про тип будівлі, конструктивну схему, матеріали, із яких

вона збудована, та інші характеристики, що впливають на вибір методу демонтажу.

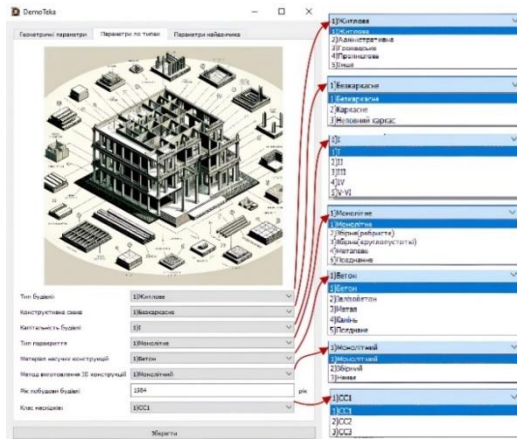


Рис. 3. Вікно другої вкладки «Параметри по типам»

«Параметри майданчика»: Тут користувачі вносять інформацію про місцезнаходження об'єкта, особливості ґрунту, відстань до важливих комунікацій тощо. Ці дані важливі для планування та безпечного виконання демонтажних робіт.

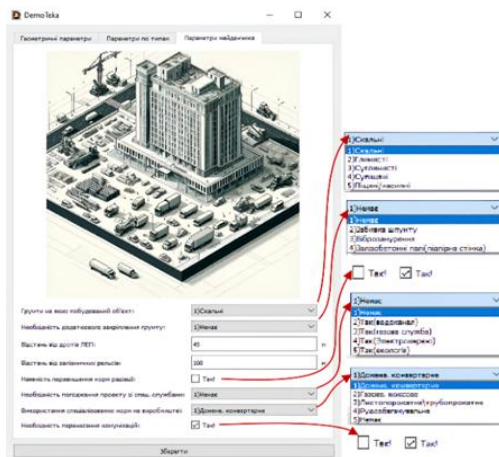


Рис. 4. Вікно третьої вкладки «Параметри майданчика»

Реалізація інтерфейсу вкладок:

Для кожної вкладки ми створили окремий клас, наслідуючи його від **QWidget**. У кожному класі визначено власний макет (**QGridLayout**), що містить різні елементи управління, як-от поля для вводу, випадаючі списки тощо, для збору специфічних даних.

Це створення розділених вкладок дозволяє користувачам програми зосередитися на конкретному аспекті демонтажу за раз, роблячи процес введення

даних більш структурованим та менш схильним до помилок.

Розміщення елементів управління: На кожній вкладці ми розмістили ряд елементів управління, таких як поля для вводу тексту, випадаючі списки та кнопки. Це дало можливість користувачам вводити та вибирати необхідні дані для аналізу.

Додавання підказок для користувачів: Для кращого розуміння призначення кожного поля ми додали короткі пояснення з мілким шрифтом під кожним елементом вводу. Це допомагає користувачам правильно заповнювати форму.

Встановлення обмежень на ті данні, що вводяться: Для забезпечення введення коректної інформації ми встановили обмеження на поля вводу, так що користувачі могли вводити лише числа та крапки, де це було необхідно.

Додавання зображень: Для візуалізації та поліпшення зовнішнього вигляду програми ми додали зображення до вкладок. Зображення розміщено над полями вводу та центровано горизонтально для кращої презентації.

```
{
  "Геометричні параметри": {
    "Кількість поверхів": "10",
    "Висота будівлі": "30",
    "Форма будівлі": "1)Прямокутна",
    "Площа забудови": "550",
    "Висота до підкранового шляху": "1)Немає(Цивільна)",
    "Ширина прольоту (середня)": ""
  },
  "Параметри по типам": {
    "Тип будівлі": "1)Житлове",
    "Конструктивна схема": "2)Каркасне",
    "Капітальність будівлі": "1)І",
    "Тип перекриття": "1)Монолітне",
    "Матеріал несучих конструкцій": "1)Бетон",
    "Метод виготовлення ЗБ конструкцій": "1)Монолітний",
    "Рік побудови": "1984",
    "Клас наслідків": "2)СС2"
  },
  "Параметри майданчика": {
    "ґрунти на яких побудований об'єкт": "3)Суглинисті",
    "Необхідність додаткового закріплення ґрунту": "1)Немає",
    "Відстань від дротів ЛЕП": "45",
    "Відстань від залізничних рельсів": "100",
    "Наявність перевищення норм радіації": "Ні",
    "Необхідність погодження проекту зі спец. службами": "1)Немає",
    "Використання спеціалізованих норм на виробництві": "5)Немає",
    "Необхідність перенесення комунікацій": "Так!"
  }
}
```

Рис. 5. Запис даних, введених з інтерфейсу

Збереження даних: Ми додали функціональність для збереження введених даних у форматі JSON, що дозволяє легко використовувати ці дані для подальшого аналізу або звітності.

Після обробки даних з інтерфейсу, отримуємо файл JSON з заповненими полями від користувача.

Після обробки запису даних в гру вступає другий блок програми, який відповідає за перетворення введених даних, зібраних на першому етапі, у числовий код, який може бути легко використаний для подальшого аналізу та порівняння з об'єктами-аналогами. Процес цього блоку може бути розглянутий як наступні етапи:

Зчитування Файлу «**parameters.json**»: Починаючи з цього блоку, програма завантажує дані з файлу «**parameters.json**», який містить вхідну інформацію, надану користувачем на попередньому етапі. Цей файл містить геометричні параметри будівлі, типи конструкцій та інші параметри, які були введені.

Закодування Значень: Програма обробляє кожен параметр, який міститься у файлі «**parameters.json**», та застосовує спеціальні правила для перетворення їх у числовий формат. Числа від 1 до 5 можуть

використовуватися для кодування певних характеристик або діапазонів значень параметрів. Форма кодування показана в таблиці.

```
{
  "Геометричні параметри": {
    "1.Кількість поверхів": 4,
    "2.Висота будівлі": 4,
    "3.Форма будівлі": 1,
    "4.Площа забудівлі": 2,
    "5.Висота до підкранового шляху": 1,
    "6.Ширина прольоту (середня)": 1
  },
  "Параметри по типам": {
    "7.Тип будівлі": 1,
    "8.Конструктивна схема": 1,
    "9.Капітальність будівлі": 1,
    "10.Тип перекриття": 1,
    "11.Матеріал несучих конструкцій": 2,
    "12.Метод виготовлення ЗБ конструкцій": 1,
    "13.Рік побудови": 4,
    "14.Клас наслідків": 3
  },
  "Параметри майданчика": {
    "15.Грунти на яких побудований об'єкт": 3,
    "16.Необхідність додаткового закріплення ґрунту": 1,
    "17.Відстань від дотів ЛЕП": 5,
    "18.Відстань від залізничних рельсів": 5,
    "19.Наявність перевищення норм радіації": 1,
    "20.Необхідність погодження проекту зі спец. службами": 1,
    "21.Використання спеціалізованих норм на виробництві": 5,
    "22.Необхідність перенесення комунікацій": 2
  }
}
```

Рис. 6. Кодування даних для подальшої обробки

Таблиця 1

Приклад таблиці форми для кодування кожного параметру

Параметр:	Код значення параметру				
	1	2	3	4	5
1. Кількість поверхів (поверх)	1–2	3–5	6–9	9–14	більше 15
2. Висота будівлі (м)	до 10	10–15	15–30	30–60	більше 60
3. Форма будівлі	1) Прямокутна	2) Квадратна	3) Округла	4) Складна	
...	...	...	...	...	...
20. Необхідність погодження проекту зі спец. службами	1) Немає	2) Так (водо-канал)	3) Так (газова служба)	4) Так (Електромережі)	5) Так (екологія)
21. Використання спеціалізованих норм на виробництві	Металургійна промисловість (Доменне, конвертерне)	Газове-, квасоляне-господарство	Листопрокатне виробництво	Збагачувальне виробництво	Немає
22. Необхідність перенесення комунікацій	Ні	Так			

Так в прикладі показана будівля 10-ти поверхів це відповідає кодуванню 4, висота будівлі 30 м – це 4, форма будівлі – прямокутна – 1, Матеріал несучих конструкцій – залізобетон, що відповідає 2, ґрунти на яких побудований об'єкт це суглинки, що відповідає 3, Необхідності погодження проекту з спецслужбами немає тому – 1.

Створення Кодованого JSON: Після закодування всіх параметрів програма створює новий JSON файл, в якому всі введені значення замінюються на відповідні числові коди. Цей новий файл містить закодовану інформацію, яка є менш об'ємною та готовою до подальшого використання.

Збереження Кодованого JSON: Оновлений JSON файл, який містить числові коди параметрів, зберігається у системі, щоб бути доступним для використання наступними блоками програми.

Цей блок є важливим кроком у підготовці даних для подальшого аналізу та порівняння з об'єктами-аналогами. Він дозволяє зберегти введені дані у більш зручному та числовому форматі, що полегшує їх подальше використання в аналізі та прийнятті рішень щодо демонтажу будівель та споруд.

Кінцевий код об'єкту виглядає наступним чином:

New_object_1 = [4, 4, 1, 2, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 1, 4, 3, 3, 1, 5, 5, 1, 1, 1, 5, 2].

Дані передаються до третього блоку програми. Блок приймає цей список з 22 параметрів. Кожен параметр вже закодований числовим значенням в діапазоні від 1 до 5, що відображає певні характеристики об'єкта демонтажу. Для введення та зберігання цих даних використані стандартні засоби Python, зокрема функції **input()/open()** та структура даних **[list]**.

Об'єкти	Параметри	1. Геометричні параметри					2. Параметри по типу					3. Параметри майданчика											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	м. Дніпро ТЦ Кубомир	2	2	1	1	1	3	2	5	2	4	3	1	5	1								
2	м. Дніпро будинок вул. Гавриленко	4	4	1	1	1	1	2	2	2	2	4	5	2									
3	м. Жовті води, ТПУ (частина)	2	2	1	1	2	3	4	2	4	4	5	5	1									
4	м. Рубіжне, будинок (частина)	3	3	1	1	1	1	2	2	3	4	5	5	1									
5	м. Дніпро вул. Херсонська	2	2	1	1	1	1	2	2	4	4	5	2										
6	м. Дніпро ТЦ Славутич (частина)	2	3	1	1	3	2	3	2	3	4	5	1										
7	м. Камишівка Школа	2	2	1	1	2	1	3	2	3	4	5	1										
28	м. Маріуполь Будівля торгівель мас. Азовська	2	4	3	1	4	2	3	3	4	5	2	2										
29	м. Маріуполь Будівля міжбанківського цес Азовська	1	3	4	3	4	2	2	2	3	4	5	2	2									
30	м. Маріуполь 4-й будинок Кошарний цес Азовська	2	2	1	1	5	1	4	1	5	4	1	1										

Рис. 7. Приклад бази даних об'єктів-аналогів

База досвіду включає себе інформацію про попередні проекти демонтажу, що виконанні та проаналізовані та є фундаментальною складовою загальної системи. Ця база містить записи про понад 30 об'єктів аналогів, про їх геометричні, типізаційні параметри та параметри майданчика

Дані в ній структуровані за тим самим принципом, що і вхідні, тобто мають 22 параметри, що відображає повний спектр характеристик об'єкту та майданчика.

Взаємодія з базою даних реалізована за допомогою модуля **sqlite3** для роботи з **SQLite**, що полегшує роботу з більш складними структурами управління базами даних (СУБД). Після інтеграції даних в цей блок ключовим етапом є порівняння вхідних даних з кожним записом у базі даних. Цей процес включає ітерацію по кожному з 22 параметрів та визначення співпадінь. Обробка даних здійснюється за допомогою інструменту циклу **for** та умовних операторів **if/else/elif**, які дозволяють ефективно порівнювати значення параметрів.

На основі отриманих результатів порівняння для кожного об'єкта з бази даних розраховується відсоток співпадінь з вхідними параметрами. Відсоток визначається як відношення кількості співпадаючих параметрів до загальної кількості параметрів, що дає змогу оцінити ступінь схожості кожного з історичних проектів до поточного завдання.

Виведення результатів. Результатом роботи програми є ранжування об'єктів з бази даних за рівнем їх схожості до заданих параметрів. Використання функції **sorted()** дозволяє організувати список об'єктів у порядку зменшення відсотка співпадінь з виводом об'єктів які найбільш схожі з заданим об'єктом.

Аналоговий приклад роботи програми:

New_object_1 = [4, 4, 1, 2, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 1, 4, 3, 3, 1, 5, 5, 1, 1, 1, 5, 2].

28.Mariupol_Spor_Torkmas = [2, 4, 2, 4, 3, 1, 4, 2, 3, 2, 1, 2, 2, 4, 3, 4, 4, 2, 2, 3, 1, 2] – 22,7 %.

2.Dnipro_Bud_Gavr = [4, 4, 1, 5, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 1, 4, 3, 3, 1, 5, 5, 1, 1, 1, 5, 2] – 95,5 %.

Тобто об'єкт **2, м. Дніпро, будинок вул. Гавриленко** сходиться з нашим введеним об'єктом на 95,5 %, що з високою ефективністю можна обирати методи, що

були використані при демонтажі цього об'єкту.

У наступному заключному блоці програмного забезпечення для демонтажу будівель та споруд реалізується функціонал пошуку та надання користувачу технічної документації для обраного об'єкта-аналога. Цей блок призначений для автоматизації доступу до відповідних технологічних схем і технологічних карт, що дозволяє інженерам та проектувальникам швидко отримати необхідну інформацію для планування робіт.

На вході цей блок приймає ідентифікатор обраного об'єкта-аналога, який є найбільш схожим на введений об'єкт на основі аналізу, проведеного попереднім блоком програми. Ідентифікація об'єкта може бути представлена у формі унікального коду або іншого ключа, що дозволяє однозначно ідентифікувати об'єкт у базі даних.

Пошук технічної документації. Цей етап включає пошук у базі даних технічної документації для обраного об'єкта-аналога. Документація може включати технологічні

схеми, технологічні карти, інструкції з демонтажу та іншу важливу інформацію. Пошук в базі даних здійснюється за допомогою SQL-запитів у системі управління базами даних (СУБД) за ідентифікатором об'єкта.

Генерація посилання на документ (данний блок ще не реалізований в фінальній версії програми, але ось посилання як він має працювати):

Після ідентифікації відповідної технічної документації програма генерує посилання на PDF-файл документа. Це посилання може бути статичним URL до файлу, збереженого на сервері, або динамічногенерованим URL, що дозволяє завантажити документ із бази даних або з хмарного сховища.

Виведення результатів. На останньому етапі програма надає користувачу посилання на PDF-файл технічної документації. Це посилання може бути представлене у вигляді гіпертекстової вказівки у веб-інтерфейсі або ж як текстове повідомлення в консольному застосунку.

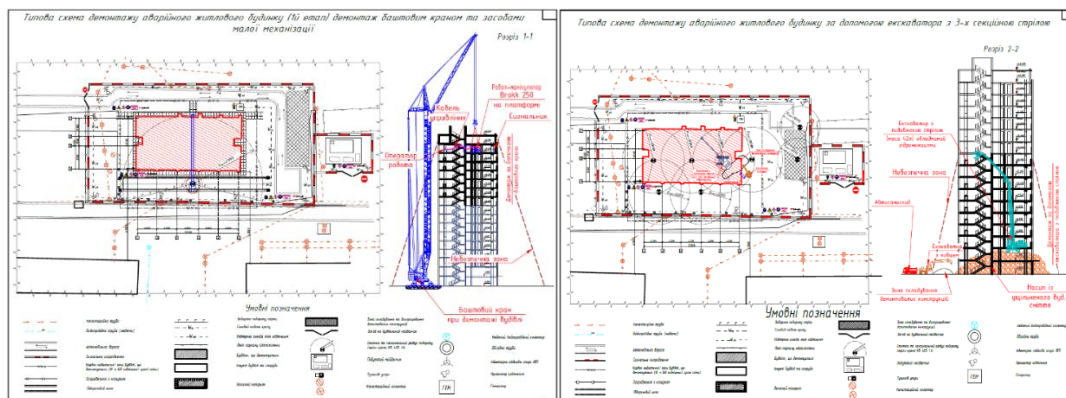


Рис. 8. Технологічна схема демонтажу 14-ти поверхового будинку (етап 1 – демонтаж баштовим краном, етап 2 – демонтаж екскаватором з подовженою стрілою)

Для взаємодії з базою даних використовується модуль `sqlite3` для виконання SQL-запитів до бази даних для пошуку документації за ідентифікатором об'єкта. Реалізація логіки для формування посилання на документ. Якщо документ буде зберігатися на сервері, можна використовувати базовий URL сервера разом з шляхом до файлу. Для динамічного генерування URL можуть бути застосовані бібліотеки, як-от **Flask** або **Django**, що

дозволяють інтегрувати веб-сервіси з Python-додатками. Виведення посилання: Використання графічного інтерфейсу для виведення посилання у вікно програми або інтеграція з веб-фреймворками для представлення посилання через веб-інтерфейс.

Цей блок програмного забезпечення спрощує доступ до технічної документації для об'єктів-аналогів, що значно прискорює процес підготовки до демонтажних робіт.

Автоматизація пошуку та надання документації забезпечує ефективність планування та дозволяє інженерам та проєктантам зосередитися на ключових аспектах демонтажу, оптимізуючи використання ресурсів і часу.

Висновки

У розробленій програмі для аналізу та планування демонтажу будівель та споруд інтегровано чотири ключові блоки, кожен з яких виконує свої специфічні функції, спрямовані на оптимізацію процесу підготовки та виконання демонтажних робіт.

Перший блок, який представляє собою графічний інтерфейс, значно спрощує процес введення даних, роблячи програму зручною та доступною для користувачів з різним рівнем технічної підготовки. Другий блок призначений для кодування введених даних у формат, оптимізований для подальшої обробки, що забезпечує високу швидкість та точність аналізу. Третій блок виконує комплексний аналіз введених даних, порівнюючи їх з інформацією про аналогічні об'єкти у базі даних, що дозволяє визначити найбільш підходящі методики та технології для планованого демонтажу. Нарешті, четвертий блок забезпечує інтерпретацію результатів аналізу, надаючи

користувачам детальну інформацію про використані технології та технічні схеми обраних аналогів у форматі PDF.

Застосування цієї програми може бути особливо корисним на етапах тендеру або переговорів, оскільки вона дозволяє замовникам ефективно перевіряти інформацію, надану підрядниками, а також надає підрядникам обґрунтовані аргументи на підтримку необхідності використання конкретних технологій, обладнання та механізмів. Таким чином, програма сприяє підвищенню прозорості та відповідальності у процесі підготовки та виконання демонтажних робіт, забезпечуючи об'єктивність вибору методів та зниження потенційних ризиків.

У майбутньому планується розширення функціоналу програми для аналізу економічного ефекту від демонтажу будівель та споруд, що дозволить не лише оптимізувати використання технічних ресурсів, але й ефективно управляти витратами та досягати максимальної економії при плануванні та реалізації демонтажних проєктів. Такий підхід відкриває нові перспективи для підвищення ефективності управління проєктами демонтажу, сприяючи сталому розвитку у цій сфері.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Rajan S. P., Das A. Simulation of Building Demolition using ANSYS. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. № 6 (6). Pp. 452–457. DOI: 10.22214/IJRASET.2018.6070.
2. Cocco P. L., Ruggiero R. From rubbles to digital material bank. *A digital methodology for construction and demolition waste management in post-disaster areas*. ERT. 2023. Vol. 6, № 2. DOI: 10.35208/ert.1290843.
3. Gi-Wook C., Won-Hwa H., Se-Hyu C., Young-Chan K. Developing an Optimal Ensemble Model to Estimate Building Demolition Waste Generation Rate. *Sustainability*. № 15 (13). DOI: 10.3390/su151310163.
4. Hamid R., Vosoughifar S., Somayeh F., Hosseini S. Z. Implementing the lean demolition of municipality buildings using fuzzy partial least squares technique. *Journal of Facilities Management*. 2022. DOI: 10.1108/jfm-10-2021-0120.
5. Kunieda Y., Codinhoto R., Emmitt S. Increasing the efficiency and efficacy of demolition through computerised 4D simulation. *Engineering, Construction and Architectural Management*. 2019. № 26 (10). DOI: 10.1108/ECAM-11-2018-0492.
6. Amici C., Rotilio M., Berardinis P.D., Cucchiella F. Framework for Computerizing the Processes of a Job and Automating the Operational Management on Site – A Case Study of Demolition and Reconstruction Construction Site. *Buildings*. 2022. № 12 (6). P. 800. DOI: 10.3390/buildings12060800.
7. Balogun H., Alaka H., Egwim C. N., Ajayi S. Systematic review of drivers influencing building deconstructability : Towards a construct-based conceptual framework. *Waste Management & Research*. 2023. № 41 (3). DOI: 10.1177/0734242X221124078.
8. Quéheille E., Ventura A., Saiyouri N., Taillandier F. A Life Cycle Assessment model of End-of-life scenarios for building deconstruction and waste management. *Journal of Cleaner Production*. 2022. Vol. 339. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.130694.

9. Janani S. E., Renuka S. M., Umarani C. Quantification of the deconstruction potential of buildings with innovative connections using BIM based DAS (Deconstructability Assessment Score) tool. *Materials Today : Proceedings*. 2022. Vol. 65, part 2. DOI: 10.1016/j.matpr.2022.05.209.
10. Gordon M., Batallé A., De Wolf C., Sollazzo A., Dubor A., Wang T. Automating building element detection for deconstruction planning and material reuse : A case study. *Automation in Construction*. 2023. Vol. 146. DOI: 10.1016/j.autcon.2022.104697.
11. Patel D. J., Patel D. A., Patel S. Assessment of the Environmental Pollutants of Demolition Sites for Developing Real-Time Monitoring Indexes : An Empirical Analysis. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*. 2024. № 16. DOI: 10.1061/jldah.ladr-931.
12. Білоконь А. І., Несеоря П. І., Наумов В. О. Аналіз основних технічних рішень у проєктах знесення будівель та споруд. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2022. № 3. DOI: 10.30838/j.bpsacea.2312.050722.15.860.
13. Білоконь А. І., Несеоря П. І., Наумов В. О. Систематизація і типізація проєктних рішень знесення та демонтажу будівель і споруд. *Металознавство та термічна обробка металів*. 2022. № 4. DOI: 10.30838/j.pmhtml.2413.271222.18.907.

REFERENCES

1. Rajan S.P. and Das A. Simulation of Building Demolition using ANSYS. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology* No. 6 (6), pp. 452–457. DOI: 10.22214/IJRASET.2018.6070.
2. Cocco P.L. and Ruggiero R. From rubbles to digital material bank. A digital methodology for construction and demolition waste management in post-disaster areas. *ERT*. 2023, vol. 6, no. 2. DOI: 10.35208/ert.1290843.
3. Gi-Wook C., Won-Hwa H., Se-Hyu C. and Young-Chan K. Developing an Optimal Ensemble Model to Estimate Building Demolition Waste Generation Rate. *Sustainability*. No. 15 (13). DOI: 10.3390/su151310163.
4. Hamid R., Vosoughifar S., Somayeh F. and Hosseini S.Z. Implementing the lean demolition of municipality buildings using fuzzy partial least squares technique. *Journal of Facilities Management*. 2022. DOI: 10.1108/jfm-10-2021-0120.
5. Kunieda Y., Codinhoto R. and Emmitt S. Increasing the efficiency and efficacy of demolition through computerised 4D simulation. *Engineering, Construction and Architectural Management*. 2019, no. 26 (10). DOI: 10.1108/ECAM-11-2018-0492.
6. Amici C., Rotilio M., Berardinis P.D. and Cucchiella F. Framework for Computerizing the Processes of a Job and Automating the Operational Management on Site – A Case Study of Demolition and Reconstruction Construction Site. *Buildings*. 2022, no. 12 (6), pp. 800. DOI: 10.3390/buildings12060800.
7. Balogun H., Alaka H., Egwim C.N. and Ajayi S. Systematic review of drivers influencing building deconstructability : Towards a construct-based conceptual framework. *Waste Management & Research*. 2023, no. 41 (3). DOI: 10.1177/0734242X221124078.
8. Quéheille E., Ventura A., Saiyouri N. and Taillandier F. A Life Cycle Assessment model of End-of-life scenarios for building deconstruction and waste management. *Journal of Cleaner Production*. 2022, vol. 339. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.130694.
9. Janani S.E., Renuka S.M. and Umarani C. Quantification of the deconstruction potential of buildings with innovative connections using BIM based DAS (Deconstructability Assessment Score) tool. *Materials Today : Proceedings*. 2022, vol. 65, part 2. DOI: 10.1016/j.matpr.2022.05.209.
10. Gordon M., Batallé A., De Wolf C., Sollazzo A., Dubor A. and Wang T. Automating building element detection for deconstruction planning and material reuse : A case study. *Automation in Construction*. 2023, vol. 146. DOI: 10.1016/j.autcon.2022.104697.
11. Patel D.J., Patel D.A. and Patel S. Assessment of the Environmental Pollutants of Demolition Sites for Developing Real-Time Monitoring Indexes : An Empirical Analysis. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*. 2024, no. 16. DOI: 10.1061/jldah.ladr-931.
12. Bilokon A.I., Nesevria P.I. and Naumov V.O. *Analiz osnovnykh tekhnichnykh rishen u proektakh znesennia budivel ta sporud* [Analysis of the main technical solutions in the demolition projects of buildings and structures]. *Ukrayins'kyi zhurnal budivnytstva ta arkhitektury* [Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture]. 2022, no. 3. DOI: 10.30838/j.bpsacea.2312.050722.15.860. (in Ukrainian).
13. Bilokon A.I., Nesevria P.I. and Naumov V.O. *Systematyzatsiia i typizatsiia proektnykh rishen znesennia ta demontazhu budivel i sporud* [Systematization and typification of design solutions for the demolition and dismantling of buildings and structures]. *Metaloznastvo ta termichna obrobka metaliv* [Metallurgy and Heat Treatment of Metals]. 2022, no. 4. DOI: 10.30838/j.pmhtml.2413.271222.18.907. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 01.03.2025.