

В. М. Андрухов
А. С. Потеха
П. Л. Тарапкін

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПОШУКУ, ДОБУВАННЯ ТА ОБРОБКИ ДАНИХ В СИСТЕМІ AUTODESK REVIT

Вінницький національний технічний університет

Ефективне управління будівельними інвестиційними проектами ґрунтується на всебічному аналізі даних в режимі реального часу, це стосується як їхньої структури так і компонентів. Інформація про будівельні об'єкти, яка є критично важливим аспектом міського середовища, зазнає цифрової трансформації завдяки широкому впровадженню технології інформаційного моделювання будівель (BIM). BIM слугує ядром бази даних при цифровому представленні будівлі, охоплюючи всі етапи життєвого циклу будівельного об'єкта, а саме: проектування, будівництво, експлуатацію, ремонтно-відновлювані роботи, утилізацію тощо.

Результатами даного дослідження є огляд методів аналізу та передачі даних, що містяться в BIM-моделях. Зосередившись на програмній платформі Autodesk Revit, автори приводять власний досвід: результати досліджень деяких алгоритмів з методів пошуку, добування та обробки даних. На ряду з поглибленим опануванням потенційного функціоналу вбудованого інструментарію Revit, пропонується його розширення на основі додаткових користувацьких модулів написаних на наступних мовах програмування C# та Python.

Також в результатах даного дослідження акцентується увага на аспектах продуктивності використання запропонованих методів в стандартних задачах при експорті даних. У фокусі дослідження також знаходяться інтеграція зовнішніх програм (за допомогою плагінів) для розширення можливостей з автоматизованого збору даних.

Використовуючи можливості BIM, запропоновані варіанти, на думку авторів, дозволять вибудувати траєкторії до розробки інтелектуальних та керованих систем управління проектами. Особлива увага приділяється створенню макросів і сценаріїв для автоматизації рутинних процесів та зменшення часу на обробку даних. Розглядаються декілька підходів до програмування нових функцій пошуку, видобування та обробки даних інформаційної моделі, включаючи можливості створення плагінів та використання Dymola. Використання інтегрованого середовища розробки Revit та створення спеціалізованих додатків дозволяє значно покращити ефективність управління будівельними проектами, забезпечуючи надійність і точність отриманих результатів, особливо при їх передачі в інші програмні комплекси.

Результати цих досліджень демонструють важливість впровадження інноваційних технологій та інструментів у сфері будівельного інформаційного моделювання, в першу чергу тому, що на її основі на принципово нових засадах з'являється можливість організувати будівництво, експлуатацію; при цьому суттєво раціональніше та ефективніше.

Ключові слова: BIM (Інформаційна модель будівлі), база даних, цифрова трансформація, добування даних, автоматизація пошуку та збору даних, мови програмування, Dymola, C#, Python, плагін, макрос, скрипт.

Вступ

Концепція інформаційної моделі будівельного об'єкта включає в себе принципи з управління моделлю, задля якісного відтворення уніфікованої інформаційної моделі. Нові принципи управління ґрунтуються на наявності та обробці інформації про стан будівельного об'єкта в цілому та функціонування його елементів, зокрема. Центральним, базовим елементом цього середовища є числова модель будівлі. Активізація сьогоденного інтересу до інформаційних моделей ґрунтується в першу чергу на тому, що, на її основі на принципово нових засадах з'являється можливість розробки проектно-кошторисної документації, організувати та супроводжувати будівництво, експлуатацію при цьому суттєво раціональніше, економічніше та ефективніше [1].

Щодо етапу будівництва, інформаційна модель являє собою комплекс програмних і технічних рішень та організаційних заходів, спрямованих на підвищення ефективності використання ресурсів та створення умов для підвищення продуктивності будівельного виробництва. Інформаційна модель будівлі розширює передумови для створення парку «розумних» будівель, заснованих на автоматизації роботи інженерно-забезпечуючих систем. Ця технологія забезпечує передумови до енергоменеджменту, моніторингу і збору даних, підключення пристроїв, безпеку та інші завдання.

Метою використання всіх наскрізних цифрових технологій є екологічна стійкість, економічна доцільність, рентабельність та безпека. Важливим елементом концепції є інновації, засновані на інформаційних технологіях та аналізі даних, що вимагає створення прогресивної IT-інфраструктури, технологій моніторингу, збору, обробки та контролю даних, а також інтеграції всіх інформаційних систем.

Метою статті є огляд методів з пошуку, добування та обробки даних з та для BIM моделі, їх систематизація та оптимізація. Аналіз параметрів продуктивності стандартного функціоналу Autodesk Revit та розробка пропозицій зі створення автоматизованих методів обробки даних.

Функціональні можливості для аналізу даних

Сучасний стан будівництва характеризується впровадженням BIM-технологій. Інформаційне моделювання будівель (BIM) є - числовим клоном будівельного об'єкта, який слугує джерелом інформації про об'єкт і формує надійну основу для прийняття рішень протягом всіх етапів життєвого циклу будівельних об'єктів.

Під час процесу проектування та будівництва будівлі виникає потреба у добуванні, обробці, аналізі та передачі даних BIM. Така ж проблема є актуальною під час експлуатації та контролю систем життєзабезпечення будівлі. Інструментом для створення моделі є програмне забезпечення, яке підтримує створення або роботу з архітектурною параметричною моделлю будівельного об'єкта. Існує деяка лінійка програмних продуктів різних розробників (Nemetschek, Autodesk, Tekla, Bentley, Graphisoft, Lirasoft тощо), але при цьому і різного функціонального спрямування, які реалізують або підтримують технологію BIM. Формування інформаційної моделі будівлі у всіх програмних продуктах здійснюється за схожими алгоритмами, але кожний програмний комплекс має свій набір інструментів та за своїм унікальним протоколом вивантажує результати роботи. Програми BIM дозволяють здійснювати візуальний та кількісний аналіз параметрів будівлі.

Інформаційна модель будівельного об'єкта базується на тривимірній параметричній архітектурній моделі будівлі. Тривимірна модель будівлі та її елементи характеризуються не лише геометричними характеристиками, а й атрибутивними характеристиками будь-якого типу та встановленими взаємозв'язками між ними. З точки зору зберігання, інформаційна модель є структурованою базою даних, у якій всі елементи мають параметри (атрибути), що описують геометричні, технічні, фізичні, економічні та інші характеристики елементів будівлі, які є необхідними на різних етапах її життєвого циклу.

В програмних комплексах для BIM-моделювання передбачено можливість представлення інформації у графічній формі та у вигляді специфікацій, таблиць тощо. Значення параметрів специфікацій можуть бути розраховані. Проте кожний варіант прикладного програмного забезпечення BIM зорієнтований на вирішення вузькоспрямованих специфічних задач та не може забезпечити комплексне рішення для всіх спеціалізованих завдань в цілому. Існує два основні методи отримання додаткових функцій з пошуку, добування та обробки даних з BIM моделі: у зовнішніх програмних застосунках та всередині застосунків BIM.

Параметри інформаційної моделі можуть аналізуватися для розрахунку міцності, розрахунку вартості ресурсів, забезпечення управління проектами будівництва тощо. Цей аналіз часто відбувається після експорту даних BIM у спеціалізоване програмне забезпечення. Якщо програмне забезпечення BIM та спеціалізоване програмне забезпечення попередньо налаштовані для взаємної передачі даних, можлива пряма передача даних з максимальним збереженням інформації та взаємозв'язків. Інколи також можлива зворотна передача даних.

В інших випадках передача даних організована на основі нейтральних форматів передачі даних. Кожний програмний комплекс BIM має свій, індивідуальний набір форматів передачі.

Серед них є такі формати передачі:

Графічної інформації (наприклад: *.dxf, *.dwg, *.sat);

Комплексна інформації про модель (наприклад, *.rvt, *.pla, *.ifc);

Текстової інформації (*.json).

Більшість застосунків BIM мають можливість завантаження даних у універсальний стандарт для даних BIM (IFC). IFC дозволяє переглядати вміст файлу у кодах ASCII, але має об'єктно-орієнтовану структуру і не дозволяє легко знаходити необхідні параметри об'єктів. Крім того, IFC не призначений для зберігання інформації про залежності параметрів між об'єктами в інформаційній моделі [2].

Пошук, добування та обробка даних можуть бути частково реалізовані за допомогою програм-конвертерів. Такого типу програма, зазвичай, може бути також використана для додаткової обробки даних (вибірки, сортування, систематизації, аналізу, коригування тощо). Обробка даних може здійснюватися у програмному забезпеченні BIM для передачі даних у програму-конвертер, під час передачі даних у цільовий застосунок, після передачі даних або в комбінації цих підходів.

Недоліком зовнішнього аналізу даних інформаційної моделі будівлі, у спеціалізованих програмах, зазвичай, є відсутність зворотного аналізу даних в інформаційній моделі.

Внутрішній аналіз здійснюється шляхом додавання нових функцій для пошуку, добування та обробки даних інформаційної моделі будівлі. Результати цього аналізу також залишаються всередині інформаційної моделі будівлі. Для програмування нових функцій добування та обробки даних інформаційної моделі можна використовувати, як вбудовані можливості програмного забезпечення BIM, так і можливості створення макросів, плагінів та скриптів на основі програмного інтерфейсу застосунків (API) (Рисунок 1).

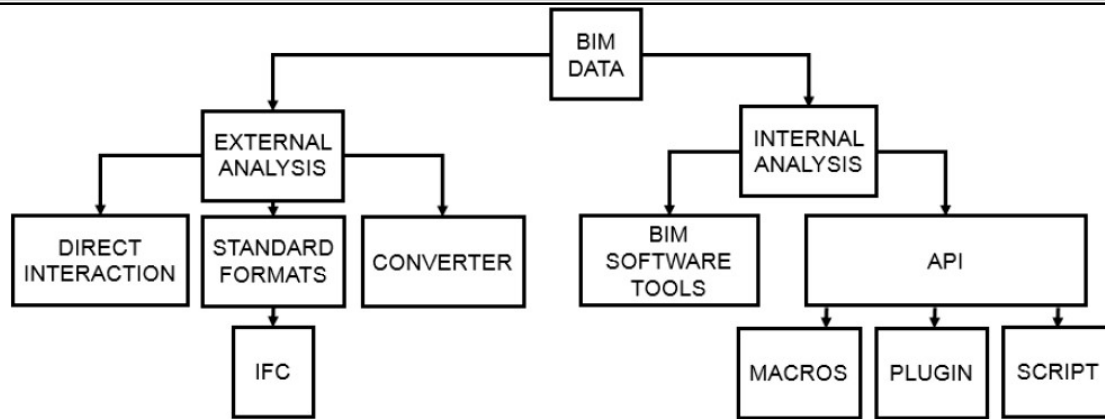


Рисунок 1 – Методи та функції обробки даних

Дослідження проводилось в середовищі програмного комплексу Autodesk Revit. Програмний пакет Autodesk Revit широко використовується для інформаційного моделювання будівель завдяки своїй функціональній різноманітності та наймасштабнішому підпорядкуванню концепції BIM. Програмне забезпечення Revit також підтримує віддалений доступ до даних BIM. Revit надає ряд інструментів для обробки графічних та числових даних. Існують інструменти для табличного відображення та обробки даних [3]. На основі відомих параметрів моделі можуть бути створені та розраховані (згенеровані) нові параметри. Інформаційна модель, створена в Revit, зберігається у закритому форматі даних (*.rvt).

Розробники Autodesk надають можливість керувати моделлю Revit за допомогою класів Revit API засобами програмування. Revit API може використовуватися для доступу до графічних моделей даних (створення, зміна та видалення елементів моделі), доступу до параметрів моделі (читання та зміна властивостей елементів моделі), експорту даних моделі у інші формати та іншого. Revit має вбудований редактор коду SharpDevelop, який дозволяє створювати макроси на мові C#, Python, Visual Basic.NET, Ruby. Макроси можуть бути на рівні застосунку та на рівні документа [4].

Revit використовує *.Net API, що означає, що будь-яка мова програмування, яка використовує платформу *.Net (C#, VB.NET, F# та інші), може бути застосована для створення плагінів. Для створення плагіну можна використовувати зовнішнє середовище програмування, яке підтримує розробку бібліотек *.dll у рамках *.Net, таке як Microsoft Visual Studio.

Інший спосіб добування та обробки даних Revit - це використання Dynamo. Dynamo - це програмна платформа з відкритим кодом для управління моделлю BIM [5]. Починаючи з версії 2017 року, вона використовується разом із Revit. Dynamo надає інструмент візуального програмування. Замість складного коду можна використовувати готові прості блоки, що називаються вузлами, які можна обирати з бібліотеки та з'єднати між собою за певними правилами. Вузли написані мовою Design Script. Для більш складних користувацьких завдань Dynamo дозволяє писати текстові скрипти (програми) за допомогою мов Python та Design Script.

Для розробки додаткових функцій було обрано завдання автоматизованого створення нового параметра BIM. Значення нового параметра базується на розрахунках, обробці значень інших параметрів та довідкових даних. Рішення задачі продемонстровано на прикладі створення специфікацій для повітроводів будівлі (Рисунок 2).

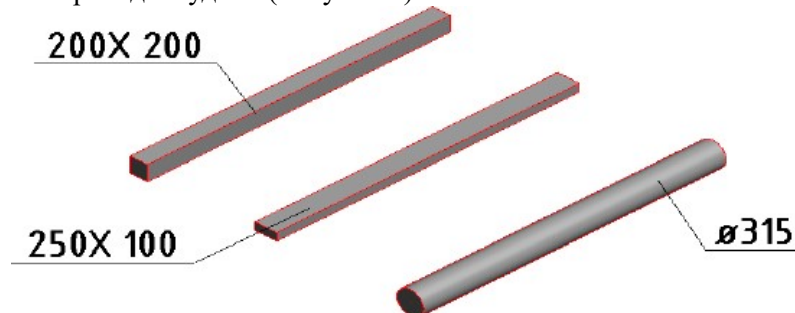


Рисунок 2 – Типи повітроводів для розгляду

Специфікація повинна містити обов'язкове поле «назва та технічна характеристика». Це поле складається з назви елемента (повітроводу), типу елемента (наприклад, круглий перетин), матеріалу елемента (наприклад, сталь), товщини листа (наприклад, 5 мм), розмірів перетину (Ø315).

Сімейства Revit для повітроводів не містять параметра «назва та технічна характеристика», тому його неможливо використовувати при створенні специфікацій. Однак сімейства повітроводів містять

налаштування, такі як назва сімейства (зберігає тип повітровою), ширина та висота або діаметр, залежно від типу повітровою. На їх основі можна сформувавши частину нового параметра, наприклад, «назва». Технічні характеристики (товщина сталевого листа) визначаються за довідником і залежать від типу повітровою та його розмірів.

Мета - створити алгоритм формування нового параметра, універсального для різних типів повітровою.

Вирішення задачі з автоматизації процесів обробки

Рішення задачі було виконано чотирма методами: за допомогою стандартних інструментів Revit, створенням макросу, розробкою плагіну, написанням скриптів у Dynamo.

1. Стандартні інструменти Revit

Під час вирішення задачі за допомогою стандартних методів Revit було використано операції об'єднання значень кількох параметрів, додавання префіксів і суфіксів, логічні операції вибору на основі умов. У результаті було створено два різні алгоритми для прямокутного і круглого повітровою, що призвело до формування двох різних специфікацій. Ми не змогли включити обчислену частину до значення нового параметра, тому ця частина виконується в окремому полі специфікації.

2. Макроси в Revit

Макрос був розроблений на основі класів Revit API за допомогою вбудованого редактора коду SharpDeveloper на мові C#. Для вирішення задачі було створено макрос на рівні документа. Оскільки макрос зберігається всередині проекту, всі користувачі, що працюють з проектом, можуть бачити цей макрос і використовувати його (Рисунок 3). Цей метод повністю вирішує проблему.

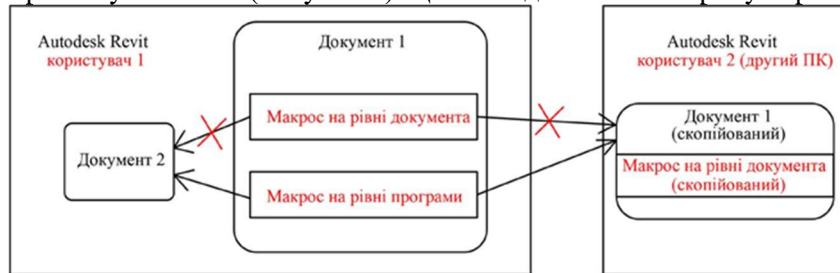


Рисунок 3 – Модель використання макросів багатьма користувачами

3. Плагін Microsoft Visual Studio

Revit SDK (Software Development Kit) використовувався як додатковий інструмент для розробки програмного забезпечення. Revit SDK містить велику кількість інформації щодо Revit API. Він поділений на три категорії: документація, приклади та інструменти. Крім того, Revit SDK містить налаштований шаблон для Microsoft Visual Studio (Рисунок 4). Цей метод повністю вирішує проблему.

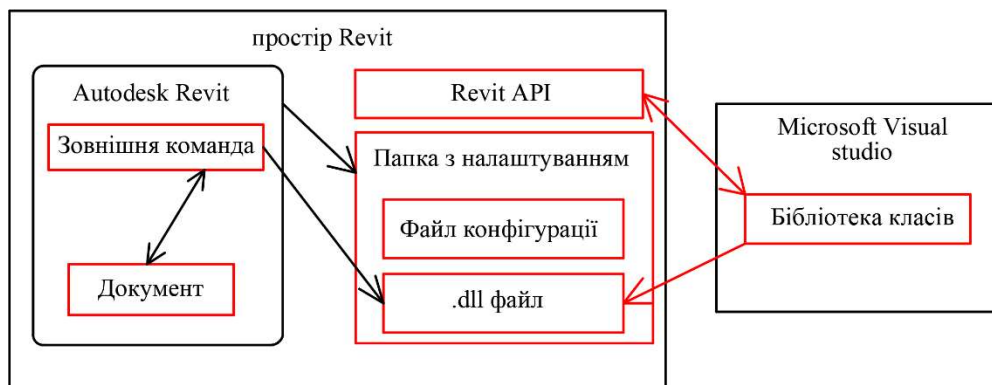


Рисунок 4 – Технологія створення плагіну

4. Візуальне програмування в Dynamo

Цю проблему не вдалося вирішити лише засобами візуального програмування без створення нових вузлів. Сімейство "повітровид" є системним у Revit. Опція "назва сімейства" є вбудованою опцією (вбудованим параметром). Але немає стандартного вузла для читання вбудованих параметрів, тому потрібно написати новий користувацький вузол на мові Python (Рисунок 5). Таким чином, частина програми складається з вузлів, а частина написана на мові Python. Цей метод повністю вирішує проблему.

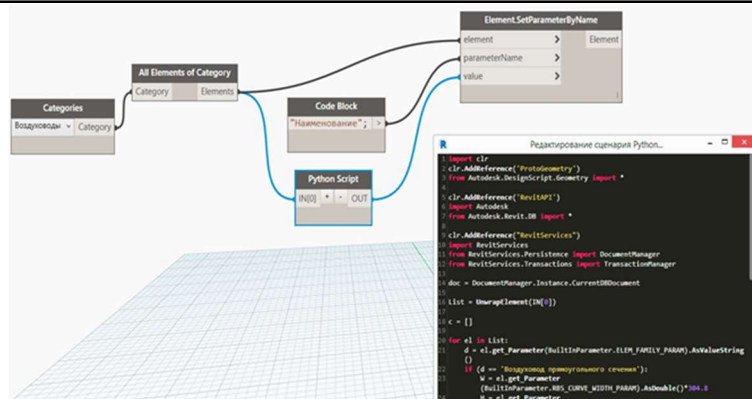


Рисунок 5 – Візуальний блоковий код Дупано

Запропоновані кілька критеріїв для порівняння методів створення алгоритму на основі API: необхідне програмне забезпечення, початкові налаштування, рівень навичок програмування, результати компіляції коду, виконання програм, обмеження та проблеми (Таблиця 1)

Таблиця 1

Порівняння критеріїв для методів автоматизації

	Макрос у Revit	Плагін Visual Studio	Dynamo-script
Необхідне програмне забезпечення	Програмне забезпечення Autodesk Revit. Навколишнє середовище SharpDevelop поставляється як Програма Revit.. Крім того, Autodesk Revit LookUp можна використовувати для перегляду відомості про елементи	Програмне забезпечення Autodesk Revit. Середовище Visual Studio. Для зручності дві додаткові програми з Revit SDK можна використати: Autodesk Revit LookUp і Add-In Менеджер	Програмне забезпечення Autodesk Revit. Динамо є з відкритим кодом програма. Оскільки з 2017р. Динамо є частина Revit
Вихідні налаштування	Визначення рівня макросів. Створення модуля для групування макросів.	Створення Visual Studio проекту. Створити посилання на Проекти Revit API. Створити конфігураційний файл	Не потрібні
Рівень володіння програмуванням	C# (Python, або Visual Basic.NET, Ruby), Revit API класи	C# (або інші мови програмування на .NET platform), Revit API класи	Не потрібні для візуального програмування. Python або Design Script для створення вузлів користувача або сценарії
Результат коду	Макрос всередині Revit	.dll бібліотека	Блоки вузлів функцій
Запуск коду	З панелі макросів в інтерфейсі Revit	З панелі «зовнішні» в інтерфейсі Revit. Є можливість створити окрему кнопку	З Dynamo Інтерфейсу
Перенесення та транспортування методу	Макроси рівня програми не можна використовувати в інших проектах. Макроси на рівні документа можна перенести в інші проекти зі значними обмеженнями	За допомогою копіювання конфігураційного файлу та бібліотеки можна використовувати для різних проектів	За допомогою копіювання .dym файлу можна використовувати для різних проектів
Обмеження та проблеми	Збільшує розмір файлу. Повторне використання для інших проектів здійснюється відкриттям та копіюванням самого коду безпосередньо	Потрібно відкривати та закривати операцію кода	Відсутня велика кількість блоків для багатьох класів Revit

Висновки

Технології BIM стрімко розвиваються. Однак програмне забезпечення все ще не може вирішити всі інженерні задачі. Використання IFC є перспективним і універсальним методом передачі даних. Формат потребує технологій об'єктно-орієнтованого аналізу даних. Якість передачі інформації через IFC залежить від налаштувань опцій експорту в BIM-застосунках. Не всі властивості моделі можуть бути передані через IFC.

Програмне забезпечення, яке дозволяє додавати нові функції та інструменти для внутрішнього аналізу даних BIM, має великі переваги. Вибір методу програмування з метою розширення можливостей BIM-застосунків часто залежить від навичок розробника. Використання Revit API для розробки зовнішніх застосунків відкриває справді широкі можливості для розширення застосунків, зручності, швидкості та, як наслідок, продуктивності в Revit. Проблема аналізу варіантів програмування в Revit є актуальною, оскільки можливість оцінити всі переваги та недоліки кожного методу перед програмуванням дозволить уникнути різних помилок.

Вибір методу програмування залежить від складності задачі, її обсягу, частоти використання, розповсюдження серед користувачів та рівня навичок програмування користувача. Макроси є гарним вибором для вирішення локальних задач. Для створення надбудов, які будуть використовуватися повторно та не в одному проєкті, краще створити проєкт у Visual Studio.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Lea R. An Overview of the Technology Trends Driving Smart Cities // IEEE – 2017. Режим доступу: https://www.ieee.org/publications_standards/publications/periodicals/ieee-smartcities-trend-paper-2017.pdf
2. I-SCOOP. Smart cities: acceleration, technology, cases and evolutions in the smart city. URL: <https://www.i-scoop.eu/smart-cities-smart-city/>
3. <https://www.i-scoop.eu/smart-cities-smart-city/>
4. Островська К.Ю. Розробка макросу для Autodesk Revit // AGIT-2018 2018 С.21. Режим доступу: <http://mdu.edu.ua/wp-content/uploads/agit2018proceeding.pdf>
5. Кудренко С.О. МЕТОД АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ AUTODESK REVIT / Кудренко С.О., Фоміна Н.Б., Крамаренко І.П. // Vol. 1 No. 63 2020р С.20 DOI: <https://doi.org/10.18372/2073-4751.63.15000>
6. Ковальова І.Л. Використання Динамо Revit для автоматизації інформаційного моделювання / Ковальова І.Л. // 2022 С.25.

REFERENCES

1. Lea R. An Overview of the Technology Trends Driving Smart Cities // IEEE – 2017. Rezhym dostupu: https://www.ieee.org/publications_standards/publications/periodicals/ieee-smartcities-trend-paper-2017.pdf
2. I-SCOOP. Smart cities: acceleration, technology, cases and evolutions in the smart city. URL: <https://www.i-scoop.eu/smart-cities-smart-city/>
3. Ostrovska K.Yu. Rozrobka makrosu dlia Autodesk Revit // AGIT-2018 2018 S.21. Rezhym dostupu: <http://mdu.edu.ua/wp-content/uploads/agit2018proceeding.pdf>
4. Kudrenko S. O. METOD AVTOMATYZOVANOHO PROIEKTUVANNIA SKLADNYKH OB'IEKTIV NA OSNOVI AUTODESK REVIT / Kudrenko S. O., Fomina N. B., Kramarenko I. P. // Vol. 1 No. 63 2020r S.20 DOI: <https://doi.org/10.18372/2073-4751.63.15000>
5. Kovalova I. L. Vykorystannia Dynamo Revit dlia avtomatyzatsii informatsiinoho modeliuvannia / Kovalova I. L. // 2022 S.25.

Андрухов Валерій Михайлович – к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет, e-mail: vmandruchov@gmail.com;

Потеха Андрій Сергійович – студент 6 курсу, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Таранкін Петро Леонідович – інженер кафедри цивільної та екологічної інженерії Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**V. M. Andrukhov
A. S. Potiekha
P. L. Tarapkin**

ANALYSIS OF METHODS OF SEARCH, EXTRACTION AND DATA PROCESSING IN THE AUTODESK REVIT SYSTEM

Vinnitsia National Technical University;

Effective management of construction investment projects is based on a comprehensive analysis of data in real time, this applies to both their structure and components. Building information, a critical aspect of the urban environment, is undergoing a digital transformation thanks to the widespread adoption of Building Information Modeling (BIM) technology. BIM serves as the core of the database in the digital representation of the building, covering all stages of the life cycle of the building object, namely: design, construction, operation, repair and restoration works, disposal, etc.

And also in the results of this study there is an overview of methods of analysis and transfer of data contained in BIM models. Focusing on the Autodesk Revit software platform, the authors present their own experience, the results of research into some algorithms for methods of data search, extraction and processing. Along with in-depth mastering of the potential functionality of Revit's built-in toolkit, it is proposed to expand it based on additional custom modules written in the following programming languages: C# and Python.

Also, in the results of this research, attention is focused on aspects of the productivity of using the proposed methods in

standard tasks when exporting data. The focus of research is also the integration of external programs (with the help of plugins) to expand the possibilities of automated data collection.

Using the capabilities of BIM, the proposed options, according to the authors, will allow building trajectories to the development of intelligent and controlled project management systems. Special attention is also paid to the creation of macros and scripts to automate routine processes and reduce data processing time. Several approaches to programming new information model search, extraction, and data processing features are explored, including plug-in capabilities and Dynamo usage. Using the integrated Revit development environment and creating specialized applications allows you to significantly improve the efficiency of construction project management, ensuring the reliability and accuracy of the obtained results, especially when transferring them to other software complexes.

The results of these studies demonstrate the importance of the introduction of innovative technologies and tools in the field of construction information modeling, primarily because on its basis it becomes possible to organize construction and operation on a fundamentally new basis; at the same time, it is significantly more rational and efficient.

Keywords: *BIM (Building Information Model), Database, Digital Transformation, Data Mining, Search and Data Collection Automation, Programming Languages, Dynamo, C#, Python, Plugin, Macro, Script.*

Andrukhov Valeriy – PhD, Associate Professor, Vinnytsia National Technical University, e-mail: vmandruchov@gmail.com;

Potiekha Andriy Serhiiovych – student, Department of Civil and Environmental Engineering Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia city.

Tarapkin Petro – Engineer at the Department of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia city.