

Соловей Ольга Леонідівна

Кандидатка технічних наук, докторантка кафедри інформаційних технологій,

<https://orcid.org/0000-0001-8774-7243>

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Гончаренко Тетяна Андріївна

Докторка технічних наук, завідувачка кафедри інформаційних технологій,

<https://orcid.org/0000-0003-2577-6916>

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Фесан Анатолій Олександрович

Аспірант кафедри інформаційних технологій,

<https://orcid.org/0009-0007-1849-057X>

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ВЕЛИКИМИ ДАНИМИ ПРОЄКТІВ МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА

Анотація. Трансформація будівельної галузі відповідно до концепції Construction 4.0 можлива за умови наявності технологій для управління великими даними проєктів будівництва, де завдання управління великими даними включає задачі: збирання; опрацювання; оновлення; резервного копіювання та збереження даних. На сьогодні інформаційні технології проєктів міського будівництва є комплексом інтегрованих програмних комплексів, а дані проєктів будівництва залишаються такими, що зберігаються в різних сховищах даних, що ускладнює, а іноді робить неможливим їх використання для реалізації проєкту. Вибір технологій управління великими даними також залежить від типів великих даних, які є характерними для проєкту. Метою пропонованої роботи є визначення переліку технологій для управління різнотипними даними проєктів міського будівництва для уможливлення використання їх для автоматизації проєктів міського будівництва. Для досягнення мети в роботі проведено аналіз типів і форматів даних інформаційних систем проєктів міського будівництва, а саме: систем управління бізнес-процесами; систем взаємодії із зацікавленими сторонами; систем управління охороною праці та ризиками на будівництві; систем управління експлуатацією; систем проєктування та створення моделей просторових об'єктів; систем доповненої реальності (VR/AR); систем для інженерного аналізу. На основі аналізу типів і форматів даних визначено, що дані належать до категорій: структурованих, напівструктурованих і неструктурованих типів даних. Вивчення розробок вчених щодо технологій управління великими даними визначених типів дало змогу скласти список технологій для управління даними проєктів міського будівництва, а саме: для збору даних – Apache Kafka, Apache Hbase, Apache Spark, Apache Hadoop, Stream Analytics, Scrapy, Twitter API, Facebook Graph API; для обробки даних – технології "Інтелектуальний аналіз текстів", "Комп'ютерний зір", машинне та глибоке навчання; для збереження даних – AWS S3, AWS RDS SQL, Azure Data Lake, HDFS, Redi, CosmosDB, MongoDB, Azure Blob Storage; для резервного копіювання – AWS Backup, Google Cloud Storage, Microsoft Azure Backup, MongoDB Backup, Cassandra Backup; для оновлення – Apache Kafka/Flink/Spark Streaming, SQL. Подальші дослідження полягатимуть у проведенні аналізу ефективності методів визначених технологій для вирішення завдань управління даними проєктів будівництва залежно від характеру надходження даних.

Ключові слова: великі дані; типи великих даних; задача управління великими даними; технології управління великими даними

Вступ

Концепція Construction 4.0 для будівництва оснований на використанні цифрових рішень для автоматизації і роботизації всіх процесів проєктів

будівництва [1; 2]. Трансформація будівельної галузі відповідно до Construction 4.0 відбувається завдяки розвитку інформаційно-комунікаційних технологій, які в тому числі уможливають отримання даних про об'єкти будівництва в реальному часі на всіх

етапах життєвого циклу проекту будівництва. Такі дані називають великими даними (big data), а їх цінність для реалізації проекту отримується за умови наявності технології управління великими даними, в задачі якої включають таке:

1. Збір.
2. Обробка (включає функції для очищення та трансформації).
3. Оновлення (включає функції для додавання нових даних, редагування наявних даних, підтримку узгодженості, архівування та видалення).
4. Резервне копіювання.
5. Збереження для створення єдиної системи для застосування аналітичних інструментів для прогнозування ризиків, витрат та термінів; забезпечення кращої взаємодії між усіма учасниками проекту; для впровадження сталих практик у будівництві, таких як зменшення відходів і енергоефективність; для вдосконалення заходів безпеки та запобігання нещасним випадкам; адаптації до змін у проекті завдяки актуальній інформації.

На сьогодні інформаційні технології проектів міського будівництва є комплексом інтегрованих програмних комплексів, які можна представити двома групами: Інформаційні технології для управління проектом міського будівництва й Інформаційні технології проектування, моделювання та інженерного аналізу (рис. 1). Інформація проектів міського будівництва зберігається на різних серверах, які належать учасникам проектів і не завжди є доступною для загальної координації та реалізації проекту. Тому загальною метою управління даними проектів будівництва є створення методологій, які уможливають інтегрувати міждисциплінарні дані в єдиному середовищі та приймати управлінські рішення на основі таких даних [3]. Для досягнення поставленої мети в роботі [4] було розроблено уніфікований стандарт CIM, який використовує дані систем Geographic Information System (GIS) і Building information modeling (BIM) для просторового планування та створення цифрових моделей об'єктів. Інші дані проектів будівництва залишаються такими, що зберігаються в різних сховищах даних, а значить не можуть бути використані для вирішення завдань концепції Construction 4.0 для будівельної галузі.

Мета статті

Метою статті є визначення технологій для управління великими даними проектів міського будівництва для уможливлення використання їх для автоматизації проектів міського будівництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Останні чотири роки для уможливлення трансформації будівельної галузі відповідно до концепції Construction 4.0 проводяться вивчення технологій, що є ефективними для управління великими даними. Наведемо основні роботи в цьому напрямі.

У роботі [5] запропоновано технологію для збирання та збереження даних від пристроїв Інтернету речей (IoT) в єдиному сховищі даних для вирішення завдань управління аварійними ситуаціями і ризиками на будівництві, а також управління енергоефективністю об'єктів будівництва. Відповідно до підходу дані будівлі, метадані приладів та їхні покази зберігаються в єдиному сховищі у форматі JSON, а доступ до даних забезпечується завдяки створеному інтерфейсу API. Моніторинг даних забезпечується модулем для моніторингу.

У роботі [6] запропоновано систему для збирання та збереження даних від пристроїв Інтернету речей (IoT) для забезпечення моніторингу процесу будівництва асфальтового покриття в реальному часі. Збирання даних забезпечується мережею бездротового зв'язку 5G, що уможливорює передавання даних з малою затримкою, швидким з'єднанням та високою швидкістю.

У роботі [7] запропоновано платформу управління будівництвом автомагістралей, яка базується на централізованому зберіганні даних проектів управління будівництвом автомагістралей з метою застосування великих даних для оптимізації процесів управління будівництвом. Дані систем BIM, GIS та IoT зберігаються у хмарному сховищі в базах даних типу SQL і noSQL, а для доступу до даних забезпечується створений інтерфейс API.

У роботі [8] для забезпечення співпраці між зацікавленими сторонами проекту будівництва запропоновано технологію на основі створення цифрових двійників об'єктів будівництва (Digital Twin) для візуалізації та оновлення будівельного процесу в режимі реального часу за допомогою датчиків Інтернету речей, а технологію блокчейн – для забезпечення актуальності і доступності для всіх заціплених сторін проекту будівництва.

У статті [9] запропоновано використовувати хмарні технології та обчислення для управління даними проектів будівництва, забезпечуючи таким чином підвищення ефективності, продуктивності та співпраці в процесах будівництва.

Технологія «Комп'ютерний зір» пропонується в роботах [10] для управління ризиками безпеки на будівельному майданчику. Доводиться доцільність використання методів: розпізнавання об'єктів та

предметів на будівельному майданчику; ведення журналу переміщень та положень об'єктів і предметів на будівельному майданчику; сегментація зображень для виявлення та запобігання потенційних небезпек на будівельному майданчику. Технологію «Інтелектуальний аналіз текстів» для будівництва запропоновано в роботах [11]. Доведено доцільність застосування методів технології під час аналізу причин аварій на будівельному майданчику; кластеризації і класифікації текстів перед збереженням для забезпечення пошуку по текстах проєкту; перевірку текстової інформації на відповідність вимогам.

Всі розглянуті роботи пропонують рішення для підвищення ефективності управління проєктами

будівництва, але не вирішують завдання управління великими даними проєктів будівництва.

Виклад основного матеріалу

Для визначення технологій для управління великими даними виконаємо аналіз типів та форматів даних проєктів міського будівництва (рис. 1).

Системи Microsoft Dynamics 365, Systems, Applications, and Products (SAP) ERP, Oracle ERP [12] надають функції управління всіма бізнес-процесами для підприємств у будівельній галузі, а саме: управління фінансами, людськими ресурсами, управління виробництвом, управління закупівлями та ланцюгами постачань.

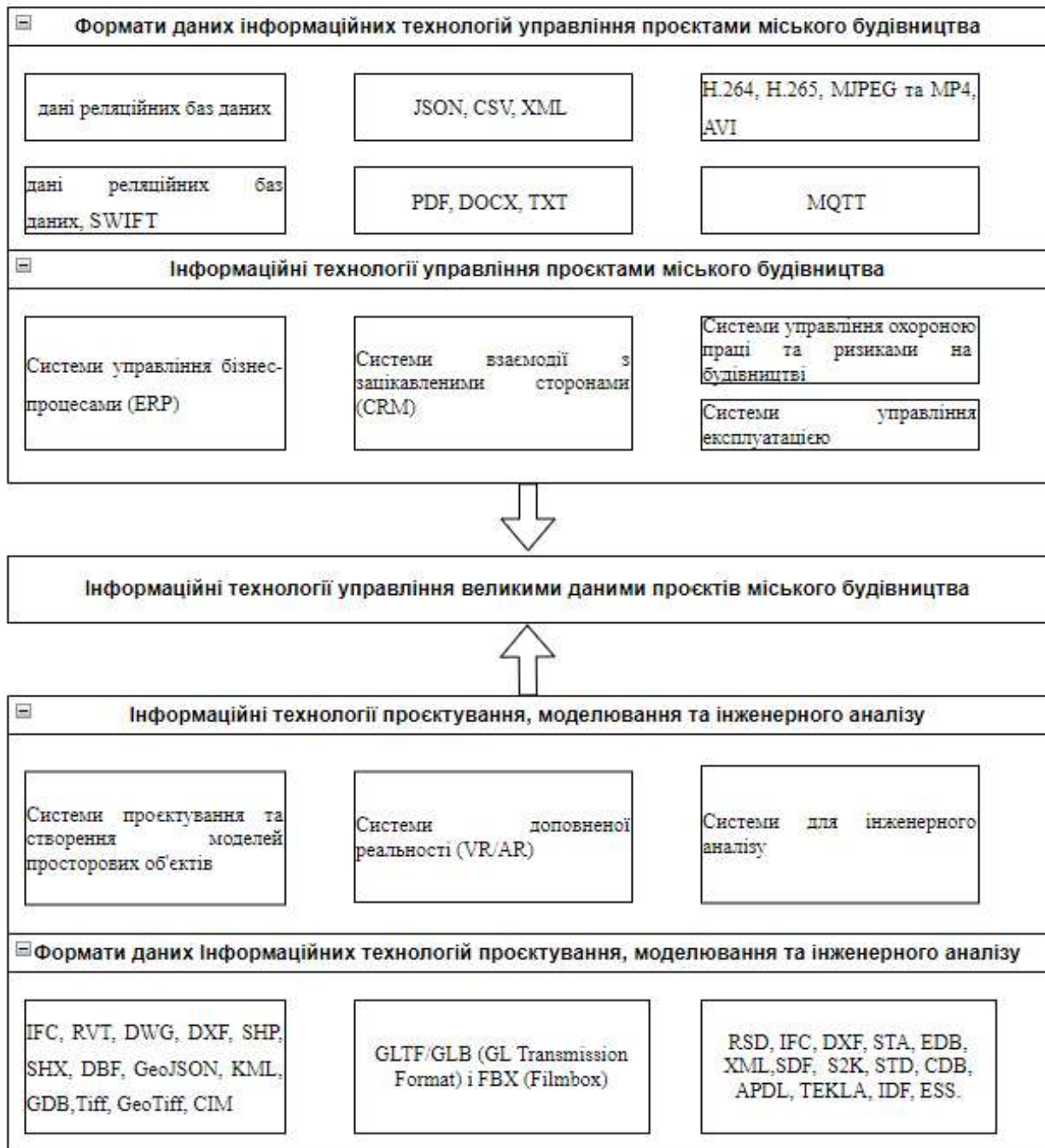


Рисунок 1 – Типи та формати даних проєктів міського будівництва

Типи даних: фінансові дані (як-от бюджети проєктів, кошториси, звіти про витрати, рахунки, грошові потоки, прибутки та збитки); дані про управління закупівлями та постачанням (заявки на закупівлю, контракти з постачальниками, рахунки-фактури, інформація про доставку матеріалів, оцінки постачальників); дані про управління ресурсами (людські ресурси та обладнання); дані про управління запасами (запаси будівельних матеріалів, стан складів, прогноз потреб у матеріалах, дані про рух товарів); дані про проєктні операції (планування проєкту, графіки будівництва, завдання для підрядників, етапи виконання робіт); дані про контракти та документи; звіти (аналітичні звіти про виконання проєкту, показники ефективності, прогнози витрат і доходів, ризику). Формати даних: дані реляційних баз даних; таблиці (Excel, CSV); файли у форматах (JSON, CSV, XML); текстові документи у форматах (PDF, DOCX, TXT); дані у форматі SWIFT; дані у форматах систем Microsoft Dynamics 365, SAP ERP, Oracle ERP.

Системи Microsoft Dynamics, SugarCRM, Zoho Salesforce, HubSpot CRM [13] надають функції для управління взаєминами із зацікавленими сторонами (CRM), а саме функції збирання, опрацювання та аналізу даних, пов'язаних з клієнтами, продажами, маркетингом та обслуговуванням. Типи даних: дані про клієнтів; дані про угоди, потенційні продажі; фінансові дані (договори, рахунки, комерційні пропозиції); дані про оплату рахунків, виставлення рахунків і фінансові операції, які надходять з фінансових систем і платіжних платформ; маркетингові дані; дані про обслуговування клієнтів, що включає дані про спілкування з клієнтом (електронні листи, чат, телефонні дзвінки), запити в службу підтримки, дані про рівень задоволеності; звіти (як-от аналітика продажів, маркетингові звіти, оцінки ефективності співробітників). Формати даних: дані реляційних баз даних ERP систем та банківських систем; таблиці (Excel, CSV); файли у форматах (JSON, CSV, XML); текстові документи у форматах (PDF, DOCX, TXT) із соціальних мереж (Facebook, LinkedIn, Twitter) для збору даних про поведінку клієнтів, взаємодії та відгуки; електронна пошта; дані веб-аналітики (Google Analytics) для відстежування поведінки клієнтів на сайті компанії.

Системи Reconstruct, Smartvid.io і Triax [14] надають функції для моніторингу безпеки працівників і обладнання на основі даних про переміщення людей і ресурсів всередині будівель чи обмежених просторів з акцентом на контроль за станом працівників і техніки; функції для віддаленого звітування про прогрес за допомогою автономних пристроїв; функції для підтримки

доповненої реальності, що допомагає різним зацікавленим сторонам контролювати роботу на будівельному майданчику. *Типи даних:* дані з точними координатами працівників та обладнання, час; дані про траєкторію руху, швидкість і напрямок пересування працівників та техніки на будівництві; дані про стан навколишнього середовища (як-от температура, вологість, атмосферний тиск та рівень шуму); дані про стан обладнання (як-от рівень заряду батареї, перегрів тощо); повідомлення про небезпеку (формат JSON) включає такі обов'язкові дані: дату і час події, коли відбувся інцидент; тип події (падіння, вхід у небезпечну зону, перевищення рівня шуму, сигнал SOS тощо); місцеположення (координати або зона, де виникла небезпечна ситуація); дані про працівника (або техніку), з яким сталася подія; рівень небезпеки для визначення пріоритетності реагування; дані приладів Інтернету речей у форматі MQTT; мультимедійні та відеофайли (H.264, H.265, MJPEG та MP4, AVI), текстові документи у форматах (PDF, DOCX, TXT) з приладів про стан обладнання, біометричних сенсорів, магнітних карт, RFID-карт тощо; дані систем BIM та доповненої реальності.

Система BIM надає функції для багатовимірної моделювання будівельних об'єктів, які включають геометрію, просторові відносини, системи географічної інформації, дані про матеріали вартості, терміни виконання робіт, технічні характеристики елементів будівлі; терміни виконання робіт (4D моделі) та бюджету (5D моделі) [15]. *Типи даних:* 3D, 4D, 5D цифрові моделі об'єктів. *Формати даних:* основний формат Industry Foundation Classes (IFC); додаткові формати – Revit (RVT), DWG (Drawing), DXF (Drawing Exchange Format).

Система GIS – надає функції для просторового планування міської інфраструктури, з урахуванням екологічних умов, також функції для створення цифрових карт [16]. *Типи даних:* дані про координати місцевості, рельєф, землекористування, інфраструктуру; карти місцевості; дані про населення, щільність забудови, використання земельних ресурсів. *Формати даних:* основний формат Shapefile (.shp, .shx, .dbf), підтримуються формати GeoJSON, KML (Keyhole Markup Language), GDB (Geodatabase), TIFF/GeoTIFF.

Інтегроване середовище BIM та GIS об'єднує функції систем BIM та GIS [17]. *Типи даних:* охоплює дані систем BIM та GIS у форматі даних CIM.

Система CAD (Computer-Aided Design) – надає функції для створення 2D- та 3D- креслень архітектурних і технічних проєктів; функції для інженерного аналізу [18]. *Типи даних:* 2D- та 3D- креслення архітектурних і технічних проєктів.

Формати даних: основний формат DWG (Drawing), DXF (Drawing Exchange Format); STL (Stereolithography).

Системи Three-Dimensional Analysis of Building Systems), SAP2000, STAAD.Pro, ANSYS, MIDAS Gen, Tekla Structural Designer, Sofistik, EnergyPlus [19] – надають функції для моделювання, симуляції та оцінки різних аспектів проекту (як-от інженерні розрахунки й аналіз конструкцій, включаючи аналіз та проектування багатопверхових будівель і споруд, загальний аналіз та проектування конструкцій); аналіз та проектування сталевих, бетонних і дерев'яних конструкцій; мультифізичний аналіз, включаючи структурний, тепловий, електромагнітний аналіз; структурний аналіз та проектування цивільних інженерних споруд; аналіз мостів, тунелів, дамб та інших інфраструктурних проєктів; енергетичний аналіз будівель для моделювання енергоспоживання, теплового комфорту та енергоефективності будівель. *Типи даних:* результати інженерного аналізу у форматах RSD, IFC, DXF, STA, EDB, XML,SDF, S2K, STD, CDB, APDL, TEKLA, IDF, ESS.

Технології InfraWorks 360 iPad App, NavisWorks з A360 Cloud Render, Fuzor, Enscape, InsiteVR, IrisVR, VRED, Umbra, Augment, Unity з Visual Studio, і 3DS Max [20] використовуються для перетворення цифрових моделей BIM у формати VR, AR або MR для створення віртуальних конструкцій. *Типи даних:* візуалізовані цифрові моделі об'єктів будівництва у форматах GLTF/GLB (GL Transmission Format) і FBX (Filmbox).

Результати дослідження

На основі проведеного аналізу типів і форматів даних проєктів міського будівництва всі дані можна поділити на такі: структуровані дані з організацією, яка відповідає ієрархічній моделі даних; напівструктуровані – зі структурою, яка не відповідає табличній формі, але включає теги, за рахунок яких можливо забезпечити розділення семантичних елементів і збереження в ієрархічній моделі даних; неструктуровані, тобто дані без попередньо визначеної моделі (рис. 2). Отже, для вирішення завдань 1 – 5 управління великими даними необхідні технології для управління всіма трьома категоріями типів великих даних.

Аналіз проведених за останні чотири роки розробок [21 – 25] дає змогу визначити список потенційно можливих технологій для управління великими даними проєктів міського будівництва, а саме:

1. Для збирання даних – Apache Kafka, Apache Hbase, Apache Spark, Apache Hadoop, Stream Analytics, Scrapy, Twitter API, Facebook Graph API.
2. Для опрацювання даних – технології "Інтелектуальний аналіз текстів", "Комп'ютерний зір", машинне та глибинне навчання.
3. Для збереження даних – AWS S3, AWS RDS SQL, Azure Data Lake, HDFS, Redi, CosmosDB, MongoDB, Azure Blob Storage.
4. Для резервного копіювання – AWS Backup, Google Cloud Storage, Microsoft Azure Backup, MongoDB Backup, Cassandra Backup.
5. Для оновлення – Apache Kafka/Flink/Spark Streaming, SQL.

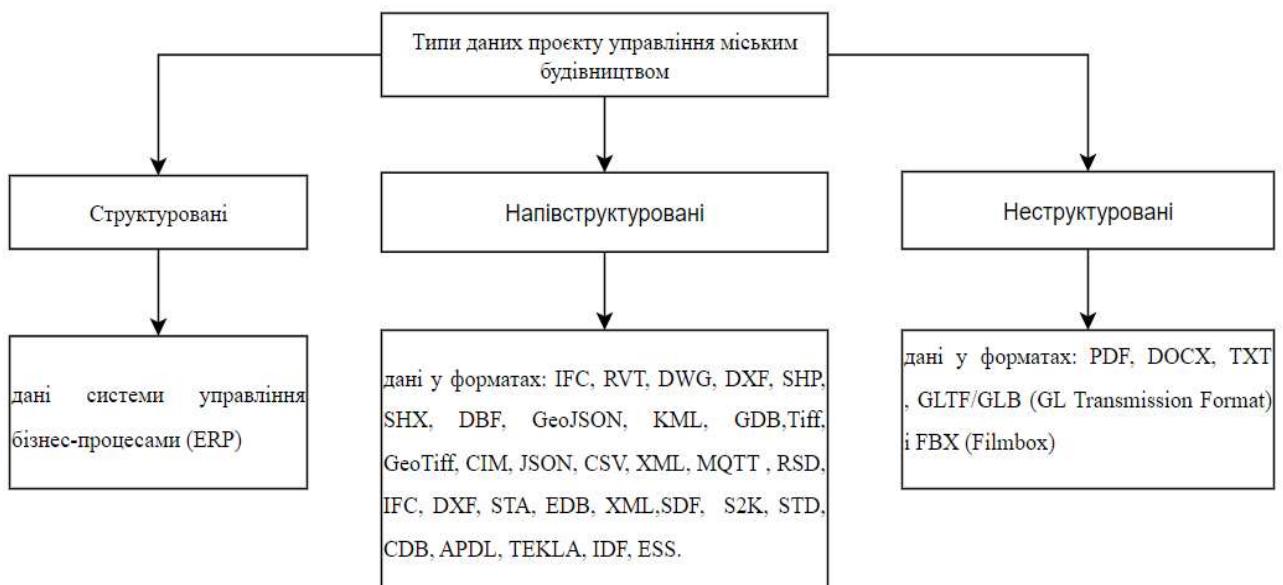


Рисунок 2 – Класифікація типів даних проєктів міського будівництва

Висновки

У запропонованій статті поставлено і вирішено завдання визначення переліку технологій для управління різнотипними даними проєктів міського будівництва. Для досягнення мети проведено аналіз типів і форматів даних інформаційних систем проєктів міського будівництва, а саме: систем управління бізнес-процесами; систем взаємодії із зацікавленими сторонами; систем управління охороною праці та ризиками на будівництві; систем управління експлуатацією; систем проєктування та створення моделей просторових об'єктів; систем доповненої реальності (VR/AR); систем для інженерного аналізу.

На основі аналізу типів і форматів даних визначено, що дані належать до категорій: структурованих, напівструктурованих і неструктурованих типів даних. Вивчення розробок вчених щодо технологій управління великими даними визначених типів дало змогу скласти список технологій для управління даними проєктів міського будівництва. Подальші дослідження полягатимуть у проведенні аналізу ефективності методів визначених технологій для вирішення завдань управління даними проєктів будівництва, а саме: збирання, опрацювання, збереження, оновлення та резервного копіювання.

Список літератури

1. Statsenko, L., Samaraweera, A., Bakhshi, J., & Chileshe, N. (2023). Construction 4.0 technologies and applications: A systematic literature review of trends and potential areas for development. *Construction Innovation*, 23 (5), 961–993.
2. Гончаренко, Т. (2022). Сучасні інформаційні технології для моделювання міського середовища та розробки цифрових двійників міських об'єктів. *Управління розвитком складних систем*, (51), 87–93.
3. Batty, M., & Yang, W. (2022). A digital future for planning: Spatial planning reimagined. Digital Task Force for Planning.
4. Гончаренко, Т. А. (2020). Структура методології CIM для інформаційного моделювання міського середовища на основі інтеграції BIM та GIS технологій. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. Серія: Інформатика та моделювання, 2 (4).
5. Basir, W. N., F. W. A., Ujang, U., Majid, Z., Azri, S., & Choon, T. L. (2020). The integration of BIM and GIS in construction project—A data consistency review. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 44, 107–116.
6. Zhang, J., Zhu, Z., Liu, H., Zuo, J., Ke, Y., Philbin, S. P., ... & Ni, Q. (2023). System framework for digital monitoring of the construction of asphalt concrete pavement based on IoT, BeiDou navigation system, and 5G technology. *Buildings*, 13 (2), 503.
7. Chen, S. Y., Zhang, J. X., Ni, Q. C., Skitmore, M., Ballesteros-Pérez, P., Ke, Y. J., & Sun, H. J. (2022). Data-driven platform framework for digital whole-process expressway construction management. *Frontiers in Neuroscience*, 16, 891772.
8. Lee, D., Lee, S. H., Masoud, N., Krishnan, M. S., & Li, V. C. (2021). Integrated digital twin and blockchain framework to support accountable information sharing in construction projects. *Automation in construction*, 127, 103688.
9. Bello, S. A., Oyedele, L. O., Akinade, O. O., Bilal, M., Delgado, J. M. D., Akanbi, L. A., & Owolabi, H. A. (2021). Cloud computing in construction industry: Use cases, benefits and challenges. *Automation in Construction*, 122, 103441.
10. Paneru, S., & Jeelani, I. (2021). Computer vision applications in construction: Current state, opportunities & challenges. *Automation in Construction*, 132, 103940.
11. Ding, Y., Ma, J., & Luo, X. (2022). Applications of natural language processing in construction. *Automation in Construction*, 136, 104169.
12. Shahzad, U. (2023). A comparative analysis of ERP system providers.
13. Alam, M. W., Azeem, M. A., Farooqi, M. R., Ahmad, M. F., Khan, M. A., & Khan, M. J. A. (2022). E-Crm In E-Tail Organizations-A Boon For Technological Infrastructure Development. *Academy of Marketing Studies Journal*, 26 (S2).
14. Elabd, N. M., Mansour, Y. M., & Khodier, L. M. (2020). Social distancing in construction: investigating the role of technologies in supporting remote management. *Journal of Engineering and Applied Science*, 67 (8), 2073-2091.
15. Tran, S. V. T., Lee, D., Bao, Q. L., Yoo, T., Khan, M., Jo, J., & Park, C. (2023). A human detection approach for intrusion in hazardous areas using 4D-BIM-Based spatial-temporal analysis and computer vision. *Buildings*, 13 (9), 2313.
16. Subedi, R., Chou, E., & Williams Jr, A. (2022). GIS Based Integrated System for Analysis, Planning, and Visualization of Transportation Infrastructure, Safety, and Equity in Urban Area. In *International Conference on Transportation and Development 2022* (pp. 97–107).
17. Honcharenko T., Mihaylenko V., Lyashchenko M. Application of distributed software technologies at the stage of urban planning design. *І науково-практичній конференції «Розподілені програмні системи і технології»*, КНУБА. 2020. С. 26.
18. Lu, Q., Chen, L., Li, S., & Pitt, M. (2020). Semi-automatic geometric digital twinning for existing buildings based on images and CAD drawings. *Automation in Construction*, 115, 103183.
19. Hasibuan, S. A. R. S., & Qolby, A. A. (2023). Solution of Beam Structure Analysis Using SAP2000. *International Journal of Innovative Research in Computer Science & Technology*, 11 (1).

20. Hajirasouli, A., & Banihashemi, S. (2022). Augmented reality in architecture and construction education: state of the field and opportunities. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19 (1), 39.
21. Bozkurt, A., Ekici, F., & Yetiskul, H. (2023). Utilizing Flink and Kafka Technologies for Real-Time Data Processing: A Case Study. *The Eurasia Proceedings of Science Technology Engineering and Mathematics*, 24, 177–183.
22. Mehmood, M. A., & Tahir, B. (2024). Humkinar: Construction of a Large Scale Web Repository and Information System for Low Resource Urdu Language. *IEEE Access*.
23. Nagy, E., Lovas, R., Pintye, I., Hajnal, Á., & Kacsuk, P. (2021). Cloud-agnostic architectures for machine learning based on Apache Spark. *Advances in Engineering Software*, 159, 103029.
24. Adesokan, A. (2020). Performance Analysis of Hadoop MapReduce And Apache Spark for Big Data.
25. Watson, A., Das, S. K., & Ray, S. (2021, October). Daskdb: Scalable data science with unified data analytics and in situ query processing. In *2021 IEEE 8th International Conference on Data Science and Advanced Analytics (DSAA)* (pp. 1–10). IEEE.

Стаття надійшла до редколегії 30.10.2024

Solovei Olha

Doctoral student of the department of information technologies of design and applied mathematics, associate professor of the department of information technologies of design and applied mathematics,
<https://orcid.org/0000-0001-8774-7243>

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Honcharenko Tetiana

DSc (Eng.), Head of the department of information technologies,
<https://orcid.org/0000-0003-2577-6916>

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Fesan Anatolii

PhD Student,

<https://orcid.org/0009-0007-1849-057X>

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

TECHNOLOGIES TO MANAGER BIG DATA OF URBAN BUILDING PROJECTS

Abstract. *The transformation of the construction industry according to the Construction 4.0 concept is possible with the availability of technology for managing big data of construction projects, where the task of managing big data includes tasks: collection; processing; renewal; backup and save data. Today, the information technologies of urban construction projects are a complex of integrated software complexes, and the data of construction projects remain stored in various data repositories, which makes it difficult, and sometimes impossible, to use them for project implementation. The choice of big data management technologies, including, depends on the types of big data that are characteristic of the project. The purpose of this work is to define a list of technologies for managing various types of data of urban construction projects to enable their use for the automation of urban construction projects. To achieve the goal, the work analyzed the types and formats of data information systems of urban construction projects, namely: business process management systems; systems of interaction with interested parties; labor protection and risk management systems in construction; operation management systems; systems for designing and creating models of spatial objects; systems of augmented reality (VR/AR); systems for engineering analysis. Based on the analysis of data types and formats, it is determined that the data belongs to the following categories: structured, semi-structured and unstructured data types. Studying the developments of scientists regarding big data management technologies of certain types made it possible to compile a list of technologies for data management of urban construction projects, namely: for data collection – Apache Kafka, Apache Hbase, Apache Spark, Apache Hadoop, Stream Analytics, Scrapy, Twitter API, Facebook Graph API; for data processing – technologies "Intelligent analysis of texts", "Computer vision", machine and deep learning; 3) for data storage – AWS S3, AWS RDS SQL, Azure Data Lake, HDFS, Redi, CosmosDB, MongoDB, Azure Blob Storage; 4) for backup – AWS Backup, Google Cloud Storage, Microsoft Azure Backup, MongoDB Backup, Cassandra Backup; to update – Apache Kafka/Flink/Spark Streaming, SQL. Further research will consist in conducting an analysis of the effectiveness of the methods of the specified technologies for solving the tasks of data management of construction projects, depending on the nature of the data input.*

Keywords: *big data; big data types; big data management tasks; big data management technologies*

References

1. Statsenko, L., Samaraweera, A., Bakhshi, J. & Chileshe, N. (2023). Construction 4.0 technologies and applications: A systematic literature review of trends and potential areas for development. *Construction Innovation*, 23 (5), 961–993.
2. Honcharenko, T. (2022). Modern information technologies for simulation of the urban environment and creation of digital duplicate of city objects. *Management of Development of Complex Systems*, 51, 87–93, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2022.51.87-93](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.51.87-93).

3. Batty, M. & Yang, W. (2022). A digital future for planning: Spatial planning reimagined. Digital Task Force for Planning.
4. Goncharenko, T. A. (2020). Structure of the CIM methodology for information modeling of the urban environment based on the integration of BIM and GIS technologies. *Bulletin of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute". Series: Informatics and Modeling*, 2 (4).
5. Basir, W. N. F. W. A., Ujang, U., Majid, Z., Azri, S. & Choon, T. L. (2020). The integration of BIM and GIS in construction project—A data consistency review. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 44, 107–116.
6. Zhang, J., Zhu, Z., Liu, H., Zuo, J., Ke, Y., Philbin, S. P., ... & Ni, Q. (2023). System framework for digital monitoring of the construction of asphalt concrete pavement based on IoT, BeiDou navigation system, and 5G technology. *Buildings*, 13 (2), 503.
7. Chen, S. Y., Zhang, J. X., Ni, Q. C., Skitmore, M., Ballesteros-Pérez, P., Ke, Y. J., ... & Sun, H. J. (2022). Data-driven platform framework for digital whole-process expressway construction management. *Frontiers in Neuroscience*, 16, 891772.
8. Lee, D., Lee, S. H., Masoud, N., Krishnan, M. S. & Li, V. C. (2021). Integrated digital twin and blockchain framework to support accountable information sharing in construction projects. *Automation in construction*, 127, 103688.
9. Bello, S. A., Oyedele, L. O., Akinade, O. O., Bilal, M., Delgado, J. M. D., Akanbi, L. A., ... & Owolabi, H. A. (2021). Cloud computing in construction industry: Use cases, benefits and challenges. *Automation in Construction*, 122, 103441.
10. Paneru, S. & Jeelani, I. (2021). Computer vision applications in construction: Current state, opportunities & challenges. *Automation in Construction*, 132, 103940.
11. Ding, Y., Ma, J. & Luo, X. (2022). Applications of natural language processing in construction. *Automation in Construction*, 136, 104169.
12. Shahzad, U. (2023). A comparative analysis of ERP system providers.
13. Alam, M. W., Azeem, M. A., Farooqi, M. R., Ahmad, M. F., Khan, M. A. & Khan, M. J. A. (2022). E-Crm In E-Tail Organizations-A Boon For Technological Infrastructure Development. *Academy of Marketing Studies Journal*, 26 (S2).
14. Elabd, N. M., Mansour, Y. M. & Khodier, L. M. (2020). Social distancing in construction: investigating the role of technologies in supporting remote management. *Journal of Engineering and Applied Science*, 67 (8), 2073–2091.
15. Tran, S. V. T., Lee, D., Bao, Q. L., Yoo, T., Khan, M., Jo, J. & Park, C. (2023). A human detection approach for intrusion in hazardous areas using 4D-BIM-Based spatial-temporal analysis and computer vision. *Buildings*, 13 (9), 2313.
16. Subedi, R., Chou, E. & Williams Jr, A. (2022). GIS Based Integrated System for Analysis, Planning, and Visualization of Transportation Infrastructure, Safety, and Equity in Urban Area. In *International Conference on Transportation and Development 2022* (pp. 97–107).
17. Honcharenko, T., Mihaylenko, V. & Lyashchenko, M. (2020). Application of distributed software technologies at the stage of urban planning design. In *Scientific and practical conference "Distributed software systems and technologies"* (pp. 25-26).
18. Lu, Q., Chen, L., Li, S. & Pitt, M. (2020). Semi-automatic geometric digital twinning for existing buildings based on images and CAD drawings. *Automation in Construction*, 115, 103183.
19. Hasibuan, S. A. R. S. & Qolby, A. A. (2023). Solution of Beam Structure Analysis Using SAP2000. *International Journal of Innovative Research in Computer Science & Technology*, 11 (1).
20. Hajirasouli, A. & Banihashemi, S. (2022). Augmented reality in architecture and construction education: state of the field and opportunities. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19 (1), 39.
21. Bozkurt, A., Ekici, F. & Yetiskul, H. (2023). Utilizing Flink and Kafka Technologies for Real-Time Data Processing: A Case Study. *The Eurasia Proceedings of Science Technology Engineering and Mathematics*, 24, 177–183.
22. Mehmood, M. A. & Tahir, B. (2024). Humkinar: Construction of a Large Scale Web Repository and Information System for Low Resource Urdu Language. *IEEE Access*.
23. Nagy, E., Lovas, R., Pintye, I., Hajnal, Á. & Kacsuk, P. (2021). Cloud-agnostic architectures for machine learning based on Apache Spark. *Advances in Engineering Software*, 159, 103029.
24. Adesokan, A. (2020). Performance Analysis of Hadoop MapReduce And Apache Spark for Big Data.
25. Watson, A., Das, S. K. & Ray, S. (2021, October). Daskdb: Scalable data science with unified data analytics and in situ query processing. In *2021 IEEE 8th International Conference on Data Science and Advanced Analytics (DSAA)* (pp. 1–10). IEEE.

Посилання на публікацію

- APA Solovei, O., Honcharenko, T., & Fesan, A. (2024). Technologies to manager big data of urban building projects. *Management of Development of Complex Systems*, 60, 121–128, dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2024.60.121-128.
- ДСТУ Соловей О. Л., Гончаренко Т. А., Фесан А. О. Технології управління великими даними проєктів міського будівництва. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2024. № 60. С. 121 – 128, dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2024.60.121-128.