

Гончаренко Тетяна Андріївна

Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій, orcid.org/0000-0003-2577-6916
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**ІНТЕГРАЦІЙНА МОДЕЛЬ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ
ТЕРИТОРІЇ БУДІВЛІ НА ОСНОВІ BIM**

Анотація. В дослідженні розглянуто та запропоновано вирішення проблеми застосування BIM технології на етапах життєвого циклу території будівлі. Building Information Modeling (BIM) – це методологія управління важливими даними та інформацією в цифровому форматі протягом всього життєвого циклу будівлі. В процесі експлуатації будівлі інженери можуть створити детальну інформаційну базу даних структурних компонентів для виявлення і запобігання колізій на основі моделі BIM. У цій роботі вивчаються правила подання геометричної й атрибутивної інформації структурних компонентів BIM-моделі території будівлі, які відіграють важливу роль під час експлуатації. На основі інтеграції інформації BIM пропонується структура бази даних основних компонентів для запобігання структурних колізій при генеральному плануванні і проектуванні території під забудову. Платформа надає інтегрований робочий процес і метод вилучення інформації про структурні компоненти з моделі BIM. У поєднанні з наявною інтелектуальною системою генерального планування території під забудову та Інтернет-платформою структура баз даних сприяє розробленню прикладної платформи для отримання ключових даних та інформації про основні компоненти під час експлуатації території будівлі.

Ключові слова: BIM; життєвий цикл; експлуатація території будівлі; інтеграція інформації; база даних; структурні компоненти

Вступ

Процес планування та проектування території під забудову часто має певні особливості, такі як складна конфігурація земельної ділянки, врахування функціонального призначення оточуючих територій, можливість майбутнього моніторингу дієздатності зовнішніх інженерних мереж, підведених до будівлі, догляд за елементами озеленення, тривалий життєвий цикл (десятиліття або навіть сотні років). У процесі експлуатації території будівлі точна і надійна інформація про елементи генерального планування відіграє ключову роль, допомагаючи експлуатаційним службам розподіляти ресурси, оцінювати стан проїздів та інженерних мереж, а також приймати управлінські рішення. Оскільки при інформаційному моделюванні території під забудову (BIM) використовується тривимірна цифрова модель для представлення фізичних і функціональних характеристик елементів генерального планування, вона може служити загальним ресурсом знань для представлення інформації про основні її компоненти і на етапі експлуатації території будівлі [8; 9].

BIM може застосовуватися в декількох сферах будівництва, таких як проектування будівель, міське планування, управління будівництвом, аналіз енергоефективності, споживання та управління життєвим циклом будівлі. Наприклад, автори наукових робіт [1 – 3] визначили фактори, які

потенційно можуть полегшити прийняття архітектурних рішень BIM. Дослідження [4 – 6] пропонують інтегрувати BIM і географічну інформаційну систему (ГІС) для забезпечення ефективного розв'язання задач міського планування. Автори [7 – 9] представили інтегрований підхід до управління робочим простором в рамках інструменту 4D, сумісного з IFC. Автори [10] представили розширення технології BIM, яке дало змогу інженерам керувати даними та інформацією протягом усього життєвого циклу проекту АЕС (Архітектура, інженерія та будівництво). Для того щоб поліпшити характеристики будівлі і запобігти впливу виникнення колізій, були проведені деякі дослідження щодо "мінімальних критеріїв проектування вартості життєвого циклу". Автори [11] розробили систему чорного ящика для будівлі з використанням інформаційних технологій, яка може визначати функціональні характеристики будівлі в процесі експлуатації. Завдяки поєднанню з BIM, в роботі [12] удосконалено наявні методи управління для підвищення безпеки будівельної компанії і оцінено їх ефективність на будівельному майданчику в Гонконзі. Науковці в роботі [13] розробили автоматизовану структуру перевірки правил і запропонували п'ятиступеневу структуру для аналізу управління безпекою під час будівництва. З розвитком і вдосконаленням методів проектування будівель і будівельних технологій в останні роки в Китаї за допомогою BIM-технологій було

побудовано велику кількість багатоповерхових і складних будівель. Як результат, будівля часто складається з десятків тисяч (а то й більше) компонентів або з'єднаних вузлів. Крім того, розрахункова модель конструкції більше не створюється в режимі одновимірного стрижня, а в режимі об'єкта (плити, стрижні або оболонки). Проектування будівлі рухається в напрямі проектування життєвого циклу, тож проєктувальники починають розглядати різні чинники впливу на стадії проектування, стадії будівництва і стадії експлуатації. Особливістю зведення будівлі є територіальна прив'язка до земельного простору, тому від розв'язання задач, пов'язаних з освоєнням території під забудову, залежить якість виконання будівельного проєкту в цілому.

Мета статті

Метою статті є розробка інтелектуальної системи інтеграції геометричної і атрибутивної інформації основних компонентів генерального планування на основі інтеграційної моделі життєвого циклу території будівлі на основі BIM технології.

Виклад основного матеріалу

Вплив факторів зовнішнього середовища на процес вибору території під забудову доцільно розглядати з точки зору структурного аналізу. Деякі фактори, такі як наявні будівлі і споруди прилеглих територій, форма та конфігурація меж земельної ділянки, можливість використання попереднього функціонального призначення території та інші, можна класифікувати як горизонтальні

навантаження. Інші фактори (геодезичні, геологічні дані, обмеження гідрології тощо) впливають на вертикальне планування компонентів генплану. На рис. 1 представлені фактори впливу на процес генерального планування території під забудову.

Структурні компоненти визначені і представлені в стандарті IFC4 Add1 моделі BIM. У IFC4 Add1 всі компоненти описуються сутністю "IfcBuildingElement", яка визначається двома сутностями суперкласу, а саме – "IfcElement" та "IfcProduct". На рис. 2 показана ієрархія компонентів у моделі BIM, в якій квадратні прямокутники з глибоким кольором представляють основні компоненти, а позначення «ABS» використовується для уявлення абстрактного класу.

У моделі BIM, крім вищевказаної геометричної інформації про компоненти, також є важлива негеометрична (атрибутивна) інформація. У BIM-моделі сутність «IfcOwnerHistory» реєструє потрібний період часу будівництва компонентів. Сутність «IfcMaterial» реєструє виробників матеріалів, механічні властивості матеріалів і витрати на матеріали. «IfcPerson» і «IfcOrganization» записують певну особисту інформацію, включаючи проєктні компанії, будівельні компанії і компанії з нагляду. Сутність «IfcAlteration» записує інформацію про обслуговування та перетворення в процесі експлуатації території будівлі. Як правило, модель BIM записує інформацію про кожний компонент протягом його життєвого циклу – від початкового будівництва до остаточного виведення з експлуатації. На рис. 3 надана структура атрибутивної інформації про компоненти моделі BIM.

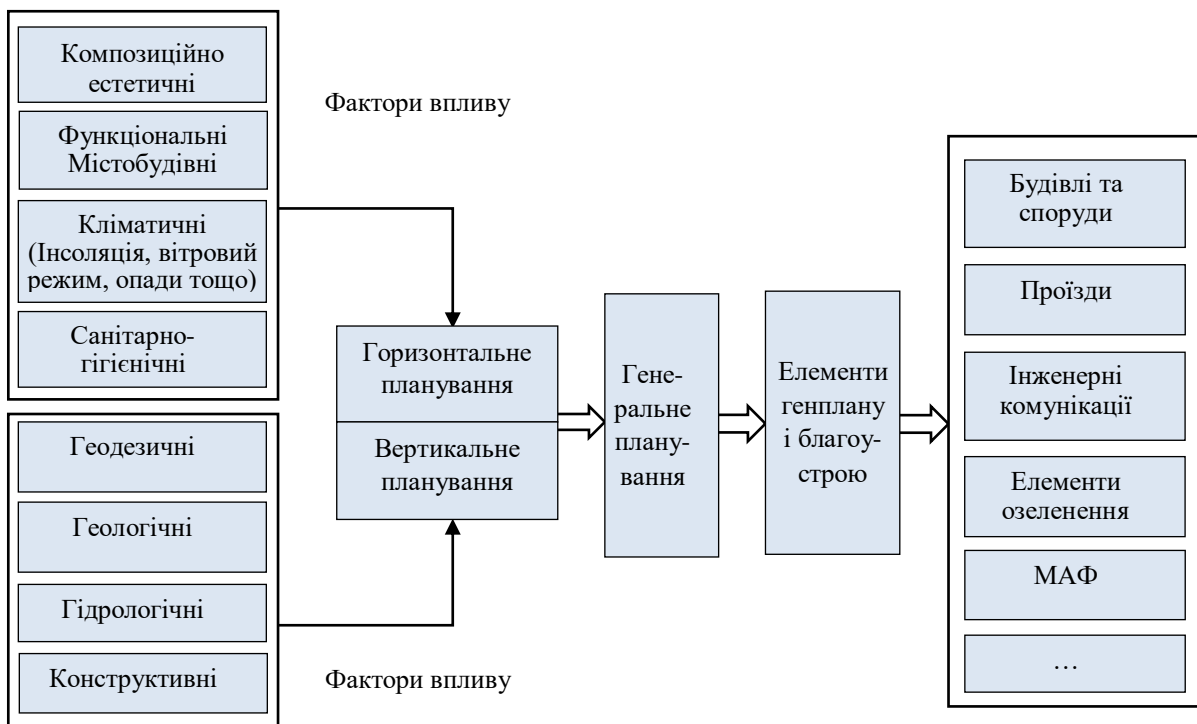


Рисунок 1 – Категорії факторів впливу на генеральне планування території під забудову

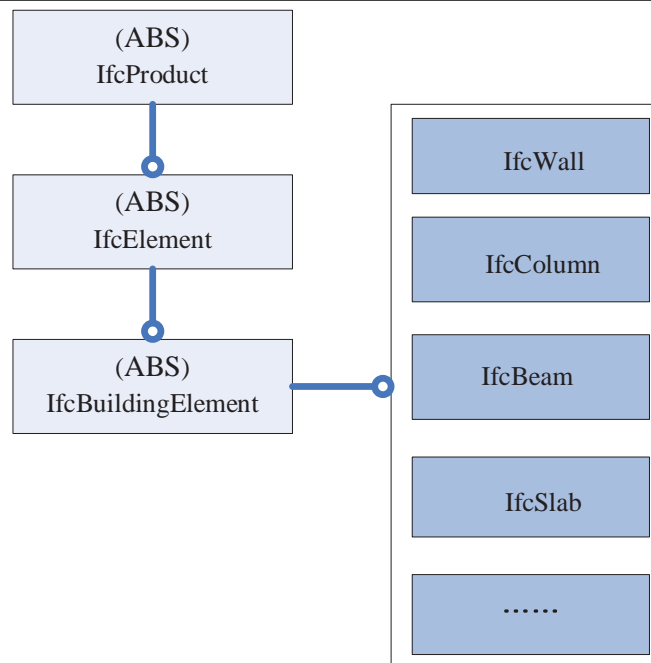


Рисунок 2 – Ієрархія компонентів у BIM-моделі [15]

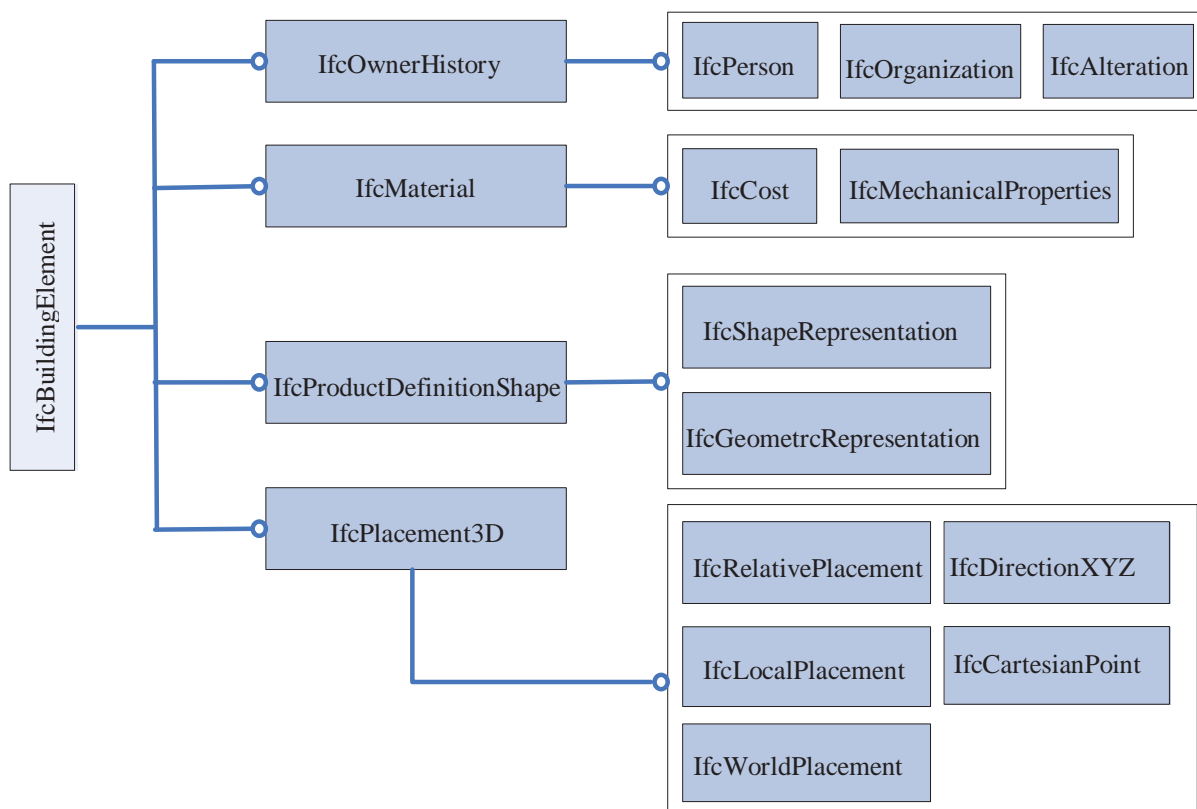


Рисунок 3 – Атрибутивна інформація про компоненти моделі BIM

Від етапу проектування до етапу експлуатації дані та інформація часто змінюються і безперервно накопичуються протягом усього життєвого циклу території будівлі. Тому важливо розуміти сутність процесу інтеграції інформації в моделі BIM, щоб отримати інформацію про основні характеристики елементів генерального планування на етапі експлуатації території.

Мета BIM – реалізувати обмін і спільне використання інформації на різних етапах протягом всього життєвого циклу. Модель даних, що охоплює повну інформацію про територію будівлі, сприяє досягненню вищезгаданої мети. Через тривалість життєвого циклу з моменту проектування території під забудову і надалі дані та інформація, отримані на різних етапах, часто мають бути тісно пов'язані.

У моделі BIM відповідна інформація, вироблена на кожному етапі, постійно накопичується протягом всього життєвого циклу і, нарешті, формує детальну модель даних. Наприклад, на етапі, планування формується модель планування; на етапі проектування формується розрахункова модель; на етапі будівництва формується будівельна модель. Так само на етапі експлуатації також формується операційна модель.

Велика кількість моделей даних, безумовно, суперечить досягненню уніфікованого обміну інформацією і спільного використання на різних етапах його життєвого циклу. Отже, створення єдиної моделі даних є оптимальним методом для реалізації інтеграції інформації. Однак єдина модель даних часто включає в себе загальну інформацію, що призводить до низької ефективності обміну і спільного використання інформації. Крім того, дуже складним є процес реалізації інтеграції інформаційних даних, отриманих з різних джерел. Наприклад, джерела даних та інформації дуже різноманітні через участь багатьох професійних учасників; формати даних програмних продуктів, прийнятих у різних організаціях, різні і вимоги до інформації різних учасників також різні. З точки зору наведених факторів пропонується розробити серію підмоделей, що належать до різних етапів життєвого циклу, на основі моделі BIM. На рис. 4 представлено процес інтеграції інформації на різних етапах життєвого циклу території будівлі.

Цифрова модель BIM протягом усього життєвого циклу території будівлі має включати всі дані та інформацію про основні компоненти для запобігання структурних колізій у процесі експлуатації.

На рис. 5 представлена розроблена автором інтеграційна модель життєвого циклу території будівлі на основі BIM.

Склад BIM-моделей на кожному етапі життєвого циклу відрізняється кількістю та якістю інформації. Модель PRE-BIM створюється на етапі перед проектом і містить дані про основні проектні рішення та техніко-економічні показники. Модель D-BIM формується на стадії проектування і містить дані у вигляді моделей відповідно до проектної документації. Модель C-BIM формується на етапі будівництва на основі проектної документації з урахуванням даних про акти виконаних робіт, виконавчих документів, архіву нагляду, журналу технічного нагляду підрядника та замовника. Модель E-BIM формується на етапі управління об'єктом та експлуатації на основі моделі C-BIM і доповнюється інформацією про експлуатаційні витрати енергоносіїв, даними систем автоматизації моніторингу та обліку показників ефективності роботи системи.

Перехід з одного етапу на інший може супроводжуватися втратою деяких даних або неправильним використанням доступної інформації. Крім того, при роботі в моделях кожного наступного етапу можуть з'являтися відхилення від параметрів попередньої моделі. Застосування систем моніторингу та управління в BIM-моделях на кожному етапі життєвого циклу території будівлі підвищить ефективність облаштування земельної ділянки і допоможе виявити відхилення від встановлених параметрів, тим самим дозволяючи вчасно вживати коригуючих заходів [2].

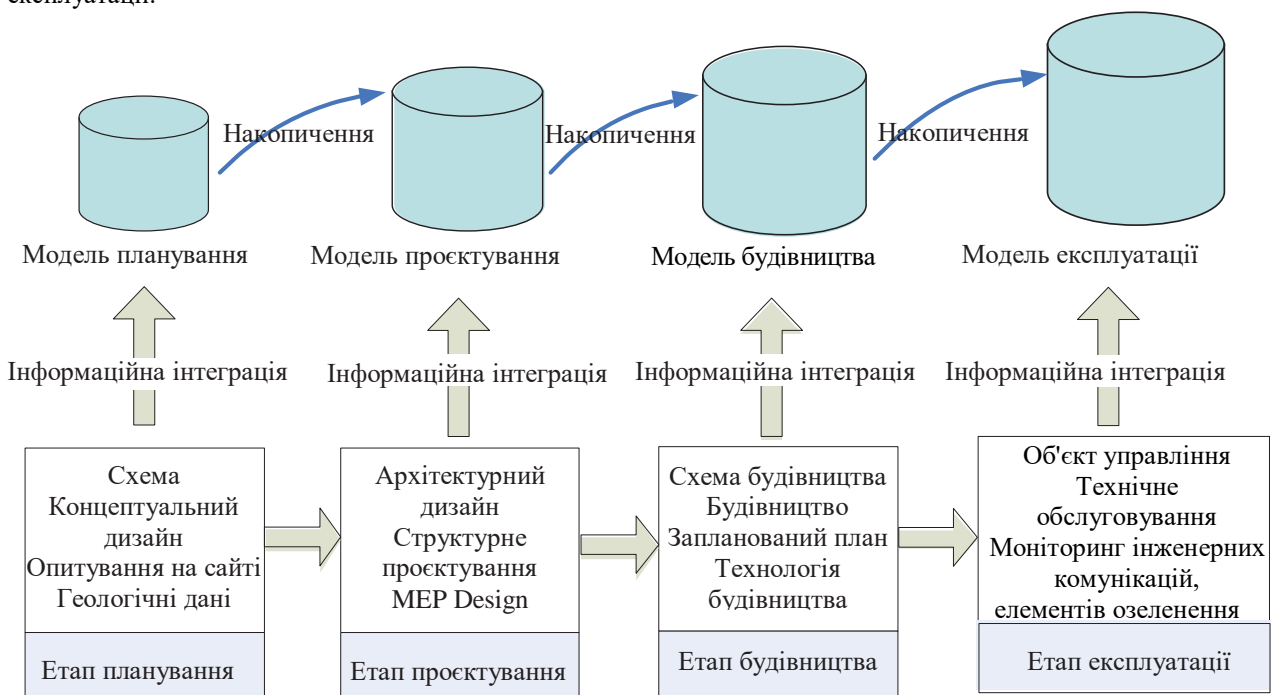


Рисунок 4 – Процес інтеграції інформації

Життєвий цикл етапу експлуатації – це найтриваліший етап, який часто охоплює декілька десятиліть. Експлуатаційна модель території будівлі – це динамічна модель, яка включає в себе більш широку інформацію про стан меж будівлі, зовнішні інженерні комунікації, під'їзди шляхи та площадки, елементи благоустрою, з якої можна отримати інформацію про основні компоненти, включаючи записи про технічне обслуговування, ремонт інженерних комунікацій, моніторинг проїздів, місць для паркувань та елементів озеленення.

Інструменти інтеграції різних BIM-моделей може бути реалізованим у вигляді різних типів платформ, таких як:

- програмний додаток-плагін, вбудований в інструмент проектування;
- автономний програмний продукт, що працює паралельно з інструментом проектування;
- вебдодаток, що дає змогу завантажувати проекти з різних джерел.

Кожна з цих платформ застосовується для певних цілей. Всі програмні продукти працюють з моделлю IFC. IFC – це універсальний формат технології BIM. На основі оригінальної моделі IFC, за необхідності, можуть бути сформовані додаткові подання, з яких може бути вилучена інформація, необхідна для інтеграції, однак ще не представлена в основній моделі.

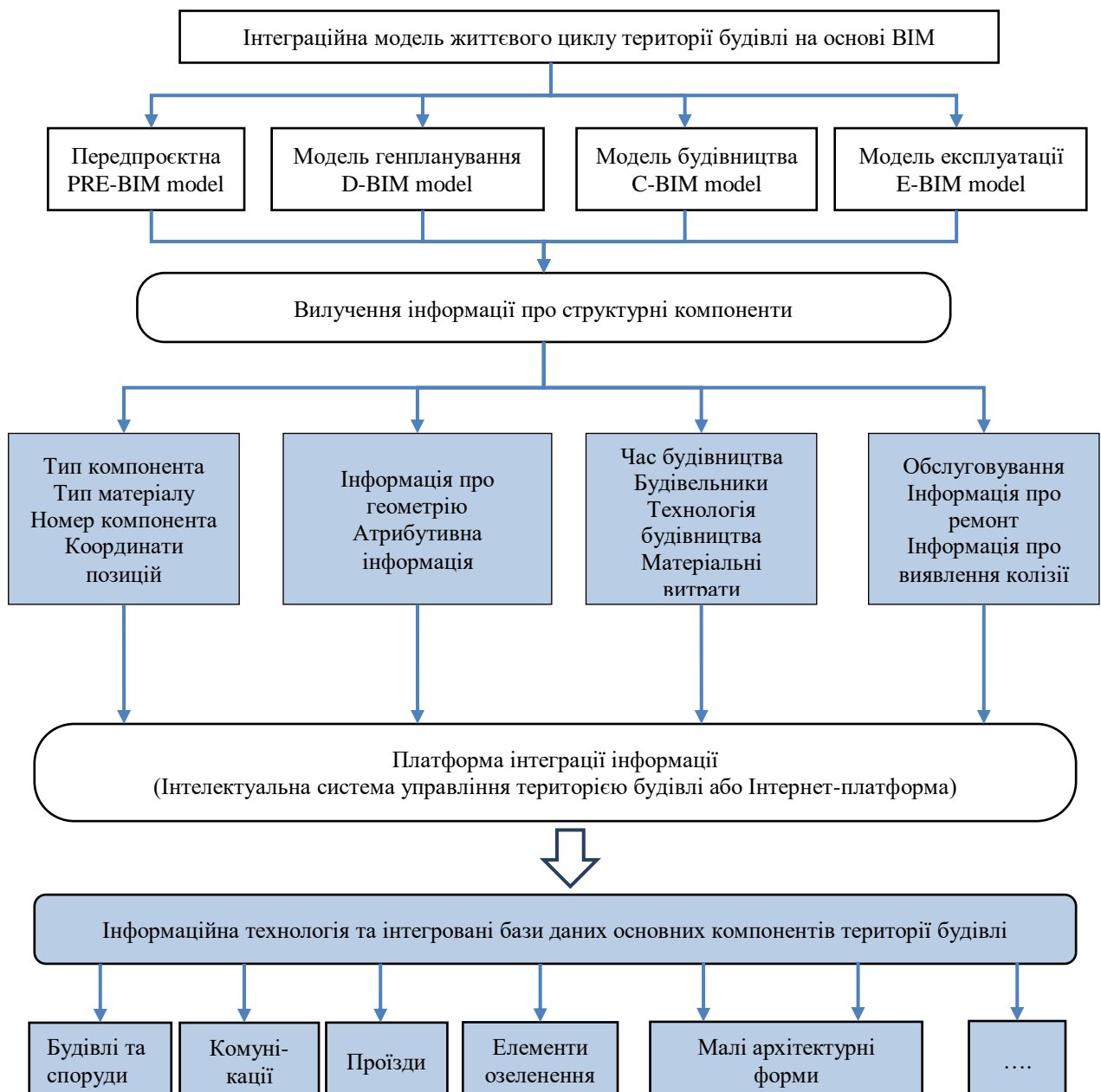


Рисунок 5 – Інтеграційна модель життєвого циклу території будівлі на основі BIM

Заснована на моделі BIM, структура бази даних основних компонентів для запобігання структурних колізій представлена на рис. 6. В ній на нижньому рівні розташовані цифрові моделі елементів генплану, що є основою компонентів життєвого циклу території будівлі. Дані та інформація про основні компоненти, необхідні для запобігання структурних колізій, витягуються з чотирьох підмоделей через платформу інтеграції інформації.

Потім витягнута інформація інтегрується інтелектуальною системою управління територією будівлі та Інтернет-платформою для формування базової інтегрованої бази даних. Інтеграційна база даних використовується для запобігання структурних колізій протягом життєвого циклу території будівлі з урахуванням факторів зовнішнього середовища.

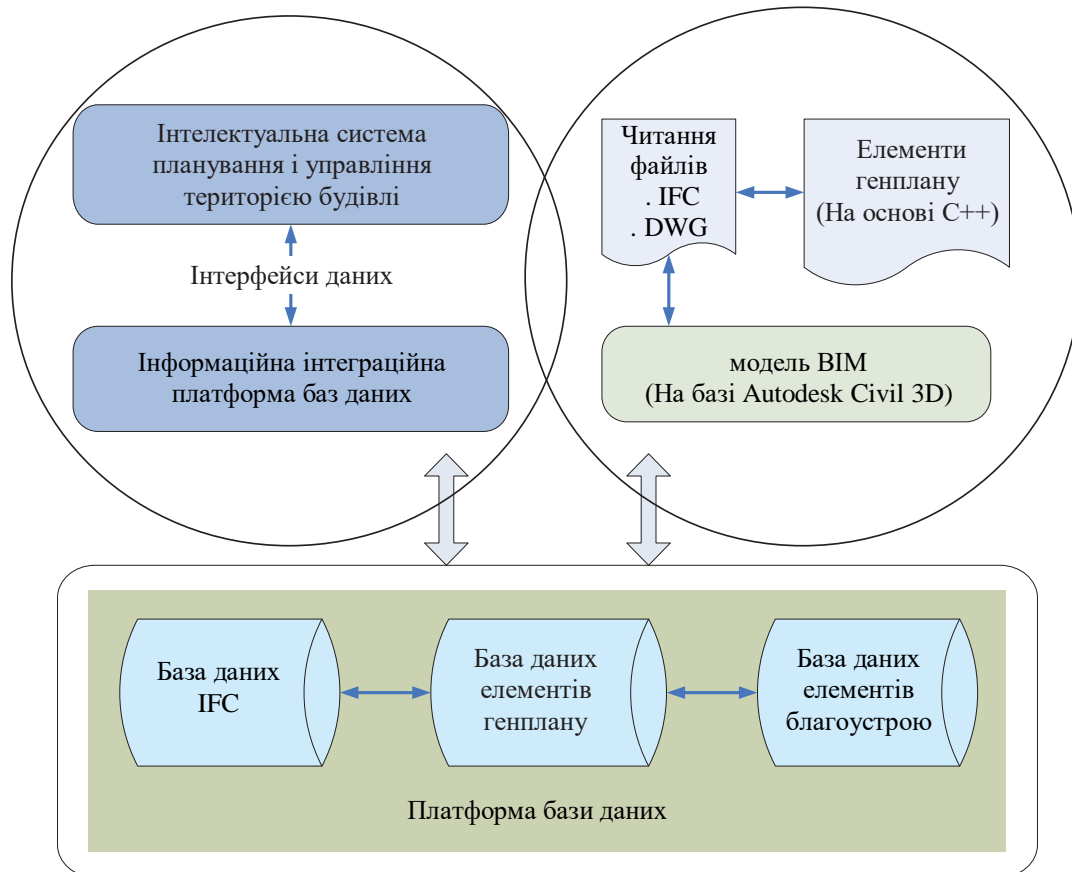


Рисунок 6 – Процес інтеграції даних

Висновок та подальше дослідження

Слід зазначити, що пропонуване дослідження засноване на попередніх роботах автора [1□5]. На першому етапі було створено інструмент інтеграції для підтримки обміну інформацією про структурні компоненти елементів генерального планування. Це дослідження є кроком щодо вирішення проблеми застосування BIM у процесі експлуатації території будівлі. У запропонованій структурі модуль платформи інтеграції інформації відіграє ключову роль у досягненні перетворення пов'язаних даних. У моделі BIM основні компоненти визначаються сутністю «IfcBuildingElement», в якій представлена

важлива інформація про геометричні параметри і розміри. Більш того, деяка негеометрична інформація також визначається детально, включаючи системи координат положення, час будівництва, характеристики матеріалів, виконавців тощо. На основі інтеграції інформації моделі BIM пропонується структура бази даних основних компонентів для запобігання структурних колізій під час експлуатації території будівлі.

На наступному етапі дослідження планується розроблення високоефективної технології для встановлення зв'язку між інформаційною базою основних компонентів і наявною інтелектуальною системою генерального планування території під забудову та Інтернет-платформою.

Список літератури

1. Fu L.: Efficient evaluation of sparse data cubes. In: Li Q., Wang G., Feng L. *Advances in Web-Age Information Management*, vol. 3129 – WAIM 2004. Heidelberg, Springer, 2004. P. 336–345. DOI: 10.1007/978-3-540-27772-9_34
2. Romero O., Pedersen T. B., Berlanga R., Nebot V., Aramburu M J., Simitsis A.: Using semantic web technologies for exploratory OLAP: A survey. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. 2015. Vol. 27. No.2. P. 571–588. DOI: 10.1109/TKDE.2014.2330822
3. Salmam F.Z., Fakir M., Errattahi R. Explanation in OLAP data cubes. *Journal of Information Technology Research*. 2014. Vol. 7. No. 4. P. 36–78. DOI: 10.4018/jitr.2014100105
4. Orlov Y., Gaidamaka Y., Zaripova E. Approach to estimation of performance measures for SIP server model with batch arrivals. In: Vishnevsky V., Kozurev D. *Distributed Computer and Communication Networks. DCCN 2015*, vol 601. Cham, Springer, pp. 141–150. DOI: 10.1007/978-3-319-30843-2_15
5. Висков А.В., Фомин М.Б. Моделирование аналитических измерений в многомерных базах данных // *Вестник Иркутского государственного технического университета*. 2012. Т. 63. № 4. С. 15–19.
6. Gomez L.I., Gomez S.A., Vaisman A.A. generic data model and query language for spatiotemporal OLAP cube analysis. In: Rundensteiner, E., Markl, V., Manolescu, I., Amer-Yahia S., Naumann F., Ari I. *Proceedings of the 15-th International Conference on Extending Database Technology – EDBT 2012*. New York, ACM, 2012, P. 300–311.
7. Т.А. Гончаренко, В.М. Михайленко. «Метод багатомасштабної класифікації для верифікації багатовимірних інформаційних моделей об'єктів генерального планування», *Управління розвитком складних систем*, № 41, с. 61–67, 2020. [Видання включено до НБД: BASE; Index Copernicus]
8. Гончаренко Т.А. «Кластерний метод формування метаданих багатовимірних інформаційних систем для розв'язання задач генерального планування», *Управління розвитком складних систем*. – 2020. – № 42. – С. 93–101
9. Гончаренко Т.А. «Інтеграційна модель життєвого циклу території будівлі на основі BIM», *Управління розвитком складних систем*. – 2020. – № 43. – С. 93–101
10. Oleksandr Terentyev, Svitlana Tsiutsiura, Tetyana Honcharenko, Tamara Lyashchenko, *Multidimensional Space Structure for Adaptable in 'International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)'*, ISSN: 2277-3878 (Online), Volume-8 Issue-3, September 2019, Page No. 7753-7758. URL: <https://www.ijrte.org/wp-content/uploads/papers/v8i3/C6318098319.pdf> (SCOPUS)
11. V. Mihaylenko, T. Honcharenko, K. Chupryna, Yu. Andrashko, S. Budnik, *Modeling of Spatial Data on the Construction Site Based on Multidimensional Information Objects in 'International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)'*, Volume-8 Issue-6, August 2019, Page No. 3934-3940. URL: <https://www.ijeat.org/wp-content/uploads/papers/v8i6/F9057088619.pdf> (SCOPUS).
12. T. Honcharenko, Yu. Andrashko, O. Fedusenko, I. Domanetska, N. Olkhova. *The Method of Generalizing Spatial Information into a Single Multidimensional Data Model*, *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, Volume-8 Issue-4, November 2019, pp. 8426-8432, <https://www.ijrte.org/wp-content/uploads/papers/v8i4/D9419118419.pdf>
13. G. Ryzhakova, D. Ryzhakov, S. Petrukha, T. Ishchenko, T. Honcharenko. *The Innovative Technology for Modeling Management Business Process of the Enterprise*, *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, Volume-8 Issue-4, November 2019, pp. 4024-4033, <https://www.ijrte.org/wp-content/uploads/papers/v8i4/D8356118419.pdf>
14. Гончаренко Т.А. «Об'єктно-орієнтоване моделювання просторових об'єктів генерального планування», *Управління розвитком складних систем*. К.: КНУБА, 2019. – Вип. 38. – С. 64–70.
15. Гончаренко Т.А. Верифікація інформаційних моделей об'єктів будівництва // *Управління розвитком складних систем* – К.: КНУБА, 2019. – Вип. 39. – С. 65 – 70.
16. Т. А. Гончаренко, В. М. Михайленко. «Застосування методів багатовимірного аналізу даних для моделювання території під забудову», *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. Серія: Інформатика та моделювання, – № 28 (1353), 2019, с. 5-15. DOI: 10.20998/2411-0558.2019.28.02
17. T. Honcharenko, V. Mihaylenko. VERIFICATION OF BIM-MODELS FOR LIFECYCLE OF CONSTRUCTION SITE, SCIENTIFIC ACHIEVEMENTS OF MODERN SOCIETY. Abstracts of the 8th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. Liverpool, United Kingdom, 1-3 April 2020, pp. 36-41
18. T. Honcharenko, V. Mihaylenko, T. Lyashchenko. Integration of BIM and cals technologies for information modeling in construction, xv міжнародної науково-практичної конференції “prospects for the development of modern science and practice”, 11-12 травня 2020 р., грац, Австрія.

Стаття надійшла до редколегії 05.09.2020

Honcharenko Tetyana

PhD (Eng.), Associate Professor, Department of Information Technology, orcid.org/0000-0003-2577-6916
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

INTEGRATION MODEL OF THE LIFE CYCLE OF THE BUILDING AREA BASED ON BIM

Abstract. The study considers and proposes a solution to the problem of using BIM technology at the stages of the life cycle of the building. Building Information Modeling (BIM) is a methodology for managing important data and information in digital format throughout the life cycle of a building. During the operation of the building, engineers can create a detailed information database of structural components to detect and prevent collisions based on the BIM model. This paper studies the rules for presenting geometric and attributive information of structural components of the BIM-model of the building, which play an important role during operation. Based on the integration of BIM information, the structure of the main components database is proposed to prevent structural collisions in the general planning and design of the building area. The platform provides an integrated workflow and method for extracting information about structural components from the BIM model. In combination with the existing intelligent system of general planning of the building area and the Internet platform, the structure of databases contributes to the development of an application platform for obtaining key data and information about the main components during the operation of the building.

Keywords: BIM; life cycle; operation of the building territory; information integration; Database; structural components

References

1. Fu, L. (2004). Efficient evaluation of sparse data cubes. In: Li Q., Wang G., Feng L. *Advances in Web-Age Information Management*, 3129, 336–345. DOI: 10.1007/978-3-540-27772-9_34
2. Romero, O., Pedersen, T.B., Berlanga, R., Nebot, V., Aramburu, M.J., Simitsis, A. (2015). Using semantic web technologies for exploratory OLAP: A survey. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 27, 2, 571–588. DOI: 10.1109/TKDE.2014.2330822
3. Salmam, F.Z., Fakir, M., Errattahi, R. (2014). Explanation in OLAP data cubes. *Journal of Information Technology Research*, 7, 4, 36–78. DOI: 10.4018/jitr.2014100105
4. Orlov, Y., Gaidamaka, Y., Zaripova, E. (2015). Approach to estimation of performance measures for SIP server model with batch arrivals. In: Vishnevsky V., Kozyrev D. *Distributed Computer and Communication Networks. DCCN 2015*, vol 601. Cham, Springer, pp. 141–150. DOI: 10.1007/978-3-319-30843-2_15
5. Viskov, A.V., Fomin, M.B. (2012). Modeling analytical measurements in multidimensional databases. *Bulletin of the Irkutsk State Technical University*, 63, 4, 15–19.
6. Gomez, L.I., Gomez, S.A., Vaisman, A.A. (2012). Generic data model and query language for spatiotemporal OLAP cube analysis. In: Rundensteiner, E., Markl, V., Manolescu, I., Amer-Yahia S., Naumann F., Ari I. *Proceedings of the 15-th International Conference on Extending Database Technology – EDBT 2012*. New York, ACM, 2012, P. 300–311.
7. Honcharenko, Tetyana & Mihaylenko, Victor. (2020). Multi-aspect classification method for verification of multidimensional information models of objects of general planning. *Management of Development of Complex Systems*, 41, 61–67; dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2020.41.61-67.
8. Honcharenko, Tetyana. (2020). Cluster method of forming metadata of multidimensional information systems for solving general planning problems. *Management of Development of Complex Systems*, 42, 93–101. dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2020.42.93-101.
9. Terentyev, Oleksandr, Tsiutsiura, Svitlana, Honcharenko, Tetyana, Lyashchenko, Tamara. (2019). *Multidimensional Space Structure for Adaptable in 'International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)'*, ISSN: 2277-3878 (Online), Volume-8 Issue-3, September 2019, Page No. 7753-7758. URL: <https://www.ijrte.org/wp-content/uploads/papers/v8i3/C6318098319.pdf>
10. Mihaylenko, V., Honcharenko, T., Chupryna, K., Andrashko, Yu., Budnik, S. (2019). Modeling of Spatial Data on the Construction Site Based on Multidimensional Information Objects in 'International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)', Volume-8 Issue-6, August 2019, Page No. 3934-3940. URL: <https://www.ijeat.org/wp-content/uploads/papers/v8i6/F9057088619.pdf>.
11. Honcharenko, T., Andrashko, Yu., Fedusenko, O., Domanetska, I., Olkhova, N. (2019). The Method of Generalizing Spatial Information into a Single Multidimensional Data Model, *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, Volume-8 Issue-4, November 2019, pp. 8426-8432, <https://www.ijrte.org/wp-content/uploads/papers/v8i4/D9419118419.pdf>
12. Ryzhakova, G., Ryzhakov, D., Petrukha, S., Ishchenko, T., Honcharenko, T. (2019). The Innovative Technology for Modeling Management Business Process of the Enterprise, *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, Volume-8 Issue-4, November 2019, pp. 4024-4033, <https://www.ijrte.org/wp-content/uploads/papers/v8i4/D8356118419.pdf>
13. Honcharenko, Tetyana. (2019). Object-oriented modeling of spatial objects of general planning. *Management of Development of Complex Systems*, 38, 64–70, dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.9788462.
14. Honcharenko, Tetyana. (2019). Verification of information models construction objects. *Management of Development of Complex Systems*, 39, 69–74; dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.11340656.
15. Honcharenko, T., Mihaylenko, V. (2019). Application of methods of multidimensional data analysis for modeling of the territory under construction. *Bulletin of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute". Series: Informatics and modeling*, 28 (1353), 5-15. DOI: 10.20998/2411-0558.2019.28.02
16. Honcharenko, T., Mihaylenko, V. (2020). VERIFICATION OF BIM-MODELS FOR LIFECYCLE OF CONSTRUCTION SITE, *SCIENTIFIC ACHIEVEMENTS OF MODERN SOCIETY*. Abstracts of the 8th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. Liverpool, United Kingdom, 1-3 April 2020, pp. 36-41
17. Honcharenko, T., Mihaylenko, V., Lyashchenko T. (2020). Integration of BIM and cals technologies for information modeling in construction, *XV international scientific-practical conference "Prospects for the development of modern science and practice"*, May 11-12, 2020, Graz, Austria.

Посилання на публікацію

- APA Honcharenko, Tetyana. (2020). Integration model of the life cycle of the building area based on BIM. *Management of Development of Complex Systems*, 43, 83 – 90. dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2020.43.83-90.
- ДСТУ Гончаренко, Т.А. Інтеграційна модель життєвого циклу території будівлі на основі BIM [Текст] / Т.А. Гончаренко // *Управління розвитком складних систем*. – 2020. – № 43. – С. 83 – 90, dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2020.43.83-90.