

**ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ
ПРОТЯГОМ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ МОСТОВОГО ОБ'ЄКТУ**

**USE OF INFORMATION MODELLING DURING THE LIFE CYCLE OF
THE BRIDGE**

Трач Р.В., д.т.н.(Варшавський університет природничих наук, Варшава, Польща), **Стрілецький П.І.**, аспірант(Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне, Україна)

Roman Trach, Doctor of Engineering Sciences(Warsaw University of Life Sciences, Warsaw, Poland) orcid.org/0000-0001-6654-9870

Pavlo Striletskyi, Postgraduate(National University of Water Management and Nature Resources, Rivne, Ukraine)

В статті досліджено основи концепції інформаційного моделювання в будівництві (BIM) та проаналізовано практичне застосування даної концепції при будівництві мосту Гонконг-Чжухай-Макао. Систематизовано переваги, що виникають від застосування BIM на різних етапах життєвого циклу мостового об'єкту.

Human activity is inconceivable without knowledge. The volume and types of knowledge are as diverse as all types of human activity. After the concept of knowledge management was first applied in construction projects, scholars began to discuss how to manage knowledge in specific projects, taking into account the problems associated with the specifics of the construction industry. An important component of a modern knowledge management system are systems that pay special attention to information technology (IT). The IT system is designed to search, collect, store, classify, transfer and reuse information and knowledge and enables collaboration, knowledge sharing and best practices.

An example of the use of an IT system in construction is the introduction into practice of computer methods of information modelling BIM at all stages of the construction cycle. The use of building information modelling has several advantages compared with classical methods of architectural and building modelling. Building information modelling in the construction industry is a process involving the generation, processing and management of digital representations of physical and functional characteristics of buildings and places. Building information models are files containing proprietary construction, technological, economic and other data, which can be extracted,

exchanged or networked to support decision-making regarding a building or other built asset.

This article was studied the basics of the concept of information modelling in construction and analyses the practical application of this concept in the construction of the Hong Kong-Zhuhai-Macau bridge. The advantages arising from the use of BIM at different stages of the life cycle of the bridge object are systematized.

Ключові слова:

Інформаційне моделювання, BIM, будівельний проект, мостовий об'єкт, цикл життя

Information Modeling, BIM, construction project, bridge, life cycle

Вступ. Людська діяльність немислима без знань. Обсяг і типи знань так само різноманітні, як і всі види людської діяльності. Цілком очевидно, що без створення, накопичення, обміну та застосування знань людська цивілізація не змогла б існувати. Сфера знання і досліджень в ХХІ столітті кардинально відрізняється від науки ХІХ і ХХ століття. У ХІХ столітті максимальні зусилля були спрямовані на предмет виробництва, в ХХ столітті - на засоби виробництва. У ХХІ столітті в основі повстає суб'єкт виробництва, зі своїми знаннями, вміннями та навичками. Всупереч кордонам дисциплінарної приналежності та прихильності до різних наукових шкіл сьогодні вчених об'єднує парадигма, теорія і методологія когнітивної науки.

Аналіз останніх досліджень. Згідно з Martensson [1] існує ієрархічна структура даних, інформації та знань. Знання зазвичай знаходяться на найвищому рівні ієрархії, а дані - на найнижчому рівні. Зазвичай, дані описуються, як набір дискретних, об'єктивних фактів про події. В той час як інформація - це набір даних і пов'язаних з ними пояснень, інтерпретацій та іншого текстового матеріалу, який стосується певного об'єкта, події або процесу. Знання ж є більш складною концепцією для визначення.

Будівельні послуги можуть бути дуже наукомісткими, а спеціалізовані експертні знання та ноу-хау є реальними продуктами наукомістких послуг. Значну частину витрат на розробку сучасного будівельного об'єкту складають елементи, пов'язані зі знаннями (дизайн, оцінка альтернативних варіантів вартості різних компонентів будівлі, консультації по договірним аспектам, ризикам, методам реалізації проекту, якості та питаннях безпеки).

Після того, як концепція управління знаннями була вперше застосована в будівельних проектах, вчені почали обговорення того, як управляти знаннями в рамках конкретних проектів, з урахуванням проблем, пов'язаних зі специфікою будівельної галузі. Однією із специфічних та характерних саме проектному управлінню проблемою, є втрата частини раніше набутих знань після завершення реалізації проекту. Одночасно виникає і ряд проблем управління знаннями: знання не використовуються там, де вони згенеровані;

знання втрачаються із закінченням проектів; знання втрачаються у разі уходу контакторів, периферійних працівників або зміни команди проектів [2, 3].

Важливою та невід'ємною складовою сучасної системи управління знаннями є інформаційні системи, у якій особлива увага приділяється інформаційним технологіям (ІТ). Дана система призначена для пошуку, збирання, зберігання, класифікації, передачі й повторного використання інформації і знань та забезпечує спільну роботу, обмін знаннями і кращими практиками [4,5].

Результати досліджень. Прикладом використання інформаційної системи у будівництві є впровадження в практику комп'ютерних методів інформаційного моделювання (*англ. Building Information Modeling, BIM*) на всіх стадіях будівельного циклу.

В основі технології BIM лежить концепція об'єктно-орієнтованого параметричного моделюваннябудівель. І це параметричне моделювання є однією з тих принципових особливостей, які відрізняють BIM-програми від всіх інших САД систем проектування. Спочатку такий підхід набув широкого поширення в машинобудуванні, а в останнє десятиліття особливо активно впроваджується в архітектурно-будівельному проектуванні [6].

BIM включає в себе різнопланову інформацію та знання про будівельний об'єкт: геометрія, просторові зв'язки, географічна інформація, кількість і властивості будівельних матеріалів і комплектуючих, специфікації, вогнестійкість, вартість, аналіз зовнішнього освітлення. У разі змін дизайну інструменти BIM можуть інтегрувати і систематизувати зміни в цілому проект [7]. Більш того, BIM може використовуватися для інтеграції управління об'єктами. Головним принципом BIM є співпраця різних зацікавлених сторін під час окремих фаз життєвого циклу об'єкту, що дозволяє впровадження, отримання та актуалізацію інформації з метою підтримки і відображення ролі кожного користувача [8,9]. Моделі BIM в основному являють собою великі структуровані дані, які можуть використовуватися усіма користувачами. У той же час, дані в BIM поступово стають напівструктурованими при їх комбінації з іншими інформаційними системами або сенсорними технологіями, таких як: геоінформаційні системи (ГІС), системи глобального позиціонування (GPS), доповнена реальність (AR), лазерне сканування і автоматична ідентифікація об'єктів (RFID). Джерела даних в будівельному проекті є масивними і складними, разом з тим правильне їх використання здатне згенерувати величезну кількість інформації та знань [10]. Великі дані разом з BIM можуть бути використані для представлення інформації про об'єкт будівництва, а саме: структура об'єкта, графік будівництва, використання матеріалів і обладнання, вартість будівництва, трудові відносини, використання енергії протягом всього життєвого циклу будівельного проекту. Великі дані та BIM об'єднують в одному місці фрагментовану інформацію щодо будівельного об'єкта протягом усього життєвого циклу.

ВІМ служить платформою для збору та обміну даними на всіх етапах життєвого циклу об'єкту [11]. За наявності у всіх учасників реалізації проекту доступу до однієї і тієї ж інформації, а також можливості використовувати цю інформацію для різного роду розрахунків та аналізу, генерації чергової інформації та знань, прийняття рішень в різних будівельних дисциплінах і на різних етапах реалізації проекту буде спільним і своєчасним.

Інформаційне моделювання в будівництві знайшло своє практичне застосування і в напрямку будівництва мостів і тунелів. Прикладом може бути проєкт будівництва мосту Гонконг-Чжухай-Макао, що передбачав створення штучних островів, мостів і тунелів (рис.1.)[12].



Рис.1. 3D модель частини мостового об'єкту Гонконг-Чжухай-Макао

Ділянка тунелів має протяжність близько 6,7 км, ділянка мостів - 22,9 км. Крім того, було створено два штучних острови. Цей масштабний проєкт був завершений в грудні 2017р.

Основною метою використання ВІМ було:

- оптимізація процесу створення креслень високої якості та скороченням кількості нестижовок і змін в проєкті;
- створення візуалізованої 3D-моделі проєкту шляхом подання профілю проєкту та додаткових планів;
- 4D-управління ходом робіт, що дозволило оптимізувати процеси будівництва і забезпечити фактичне виконання будівельних робіт шляхом інспектування майданчику у вигляді 4D-моделі ВІМ;
- 3D-управління пристроями моделювання дорожнього руху і 3D-моніторинг з використанням даних ВІМ забезпечили прискорення розгляду

запитів на отримання інформації, щодо розміщення пристроїв, кабелів і запити на прокладку трас управління пристроями.

Переваги BIM

Технологія BIM застосовувалася протягом усього життєвого циклу проекту, включаючи проектування, будівництво, а також експлуатацію і технічне обслуговування систем (рис. 2).



Рис.2. Цикл життя мостового об'єкту [13]

Розглянемо сукупність переваг, які виникають від використання BIM на різних етапах реалізації проекту будівництва мостового об'єкту.

Використання BIM на етапі концепції дозволяє:

- оцінити конструктивні особливості майбутньої будівлі;
- вибрати будівельні матеріали;
- вибрати місце розташування об'єкта, з врахуванням кліматичних і геологічних особливостей, дорожнього руху, ділової активності;

- спрогнозувати витрати та очікуваний прибуток від реалізації проекту;
- врахувати екологічну ситуацію;
- спрогнозувати імідж проекту.

Використання BIM на етапі проектування дозволяє:

- формування експертних систем аналізу проектних рішень;
- розвиток концепції варіантного проектування на основі BIM моделей з використанням інтелектуального аналізу проектної документації;
- застосування системи глибинного аналізу для знаходження «прихованих знань» для синтезу і оцінки ефективності проектних рішень в процесі проектування;
- більш якісне виявлення колізій в моделях BIM;
- підготувати тендерну документацію вищої якості;
- використовувати більш точні вихідні данні;
- візуалізацію і моделювання проектних рішень;
- покращення міжгалузєвою співпраці;
- аналіз проектних ризиків.

Внаслідок моделювання різних конструкційних варіантів на детальному рівні вдалося поліпшити співпрацю команди проекту. Наприклад, загальна схема трубопроводу насосної станції для водовідведення займала значну частину простору та залишала мало місця для евакуації. Завдяки використанню BIM просторове співвідношення між проектами архітектури, конструкцій та інженерних систем можна було візуалізувати та обговорити.

Використання BIM на етапі будівництва дозволяє:

- зниження витрат на будівництво;
- підвищення якості роботи та безпеки;
- краще управління та контроль будівництва;
- більш ефективне планування роботи;
- контроль за ходом роботи;
- зниження рівня ризику.

Використання BIM на етапі експлуатації дозволяє:

- доступ до інформації, отриманої на попередніх етапах;
- зручне планування ремонту і обслуговування;
- гарантійний менеджмент;
- підтримка управління активами;
- краще планування обслуговування;
- економія витрат протягом життєвого циклу;
- поліпшення обстеження і оцінки технічного стану;
- використання експертних інструментів.

Різноманітні датчики і сенсори, можуть фіксувати появу технічних дефектів, попереджати про виникнення аварійних ситуацій в системах комунікацій, вимірювати тиск, температуру, екологічні параметри, інтенсивність навантажень, активність людських потоків і багато іншого.

Технології збору та аналізу даних охоплюють різні робочі процеси, роблячи дані доступними для аналізу і дозволяючи генерувати актуальні рішення. Протягом останніх десятиліть ведуться дослідження з розробки методів виявлення та діагностики несправностей і застосування наявних знань про будівлю для поліпшення її обслуговування на етапі експлуатації об'єкту. Різноманітні сенсори та інтернет речей дозволяють забезпечити постійну взаємодію між фізичною конструкцією і її цифровою моделлю. За допомогою датчиків здійснюється моніторинг об'єкту в режимі реального часу, контроль за його технічним станом.

Підсумовуючи необхідно зазначити, що використання інформаційного моделювання в будівництві мостів та тунелів створює цілий ряд переваг для ключових учасників проекту на всіх етапах його реалізації та має добрі перспективи у майбутньому.

Висновки.

Інформаційне моделювання в будівництві (BIM) є системою, яка дозволяє цифровий опис багатьох параметрів будівельного об'єкту на етапах проектування, реалізації та використання. Істотним є те, що опис параметрів BIM відбувається параметрично, що є принциповою перевагою і новаторським підходом. Але однією з основних ідей пов'язаних з BIM є можливість визначення і опису не тільки геометричних і матеріальних параметрів об'єкту, а також грошових і часових факторів. Завдяки цьому BIM дозволяє опис об'єкту, що охоплює всі фази, пов'язані з його виникненням і функціонуванням, від початкових концептуальних робіт, через етапи проектування, реалізації, експлуатації, і аж по ліквідацію. Використання інформаційного моделювання в будівництві мостів та тунелів створює цілий ряд переваг для ключових учасників проекту на всіх етапах його реалізації та має добрі перспективи у майбутньому.

1. Martensson, M. A critical review of knowledge management as a management tool. *Journal of Knowledge Management*, 2000, 4(3), 204–16.
2. БушуевС.Д. Проектизация бизнеса – эффективная стратегия развития в турбулентном окружении [презентация] / БушуевС.Д., БушуеваН.С. / VІміжнар. конф. “Управління проектами у розвитку суспільства”. Тема: Прискорення розвитку організації на основі проектного управління (РМ Київ, 21 -22 мая 2009). - К. : КНУБА, 2009. - 32 с.
- BushuevS.D. Proektyzatsiya byznesa – efektyvnaia stratehiya razvytyia v turbulentnom okruzhenny [prezentatsiya] / BushuevS.D., BushuevaN.S. / VІmizhnar. konf. “Upravlinnia proektamy u rozvytku suspilstva”. Tema: Pryskorennia rozvytku orhanizatsii na osnovi proektnoho upravlinnia (RM Kyev, 21 -22 maia 2009). - K. : KNUBA, 2009. - 32 s.
3. Chan, P.W., Grantham, A., Kaplinsky, R., Mynors, D., Mohamed, S., Walsh, K. and Coles, R.A taxonomy of knowledge leakage: some early developments, in Boyd, D. (ed.) *Proceedings of the 22nd Annual ARCOM Conference*, Birmingham, UK, 4–6 September, ARCOM, Reading, 2006, Vol. 2, pp. 851–61.

4. Earl, M. Knowledge Management Strategies: Toward a Taxonomy. *Journal of Management Information Systems*, 2001, 19(1), 215-233.
5. O’Leary, D.E. How Knowledge Reuse Informs Effective System Design and Implementation. *IEEE Intelligent Systems*, 2001, January-February, 44-49.
6. Трач Р. В. Інформаційне моделювання у будівництві (BIM): сутність, етапи становлення та перспективи розвитку / Р. В. Трач // Глобальні та національні проблеми економіки. – Вип. 16. – 2017. – С. 490–495.
- Trach R. V. Informatsiine modeliuвання u budivnytstvi (BIM): sutnist, etapy stanovlennia ta perspektyvy rozvytku / R. V. Trach // Hlobalni ta natsionalni problemy ekonomiky. – Vyp. 16. – 2017. – S. 490–495
7. Autodesk. White paper: building information modeling. San Rafael: Autodesk building industry solutions; 2002.
8. Трач Р. В. Інформаційне моделювання, як один з ключових факторів інноваційного розвитку будівельного підприємства/ Р. В. Трач // Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство, 2017. – Вип. 13.– С. 129-132.
- Trach R. V. Informatsiine modeliuвання, yak odyн z kliuchovykh faktoriv innovatsiinoho rozvytku budivelnoho pidpriemstva/ R. V. Trach // Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho natsionalnogo universytetu. Serii: Mizhnarodni ekonomichni vidnosyny ta svitove gospodarstvo, 2017. – Vyp. 13.– S. 129-132.
9. National Building Information Model Standard Project Committee, [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.buildingsmartalliance.org/index.php/nbims/faq/>
10. Трач Р.В. Якимчук А.Ю. Інформаційне забезпечення інтеграції знань при реалізації проекту в будівництві /Р.В.Трач // Вісник НУВГП. Технічні науки, 2020. – Вип. 1. - С.129-141.
- Trach R.V. Yakymchuk A.Iu. Informatsiine zabezpechennia intehtratsii znan pry realizatsii proektu v budivnytstvi /R.V.Trach // Visnyk NUVHP. Tekhnichni nauky, 2020. – Vyp. 1. - S.129-141.
11. Трач Р.В. BIM та великі дані: перспектива генерування нових знань в будівництві. / Р. В. Трач // Вісник НУВГП. Технічні науки, 2021. – Вип. 1(24).
- Trach R.V. BIM ta velyki dani: perspektyva heneruvannia novykh znan v budivnytstvi. / R. V. Trach // Visnyk NUVHP. Tekhnichni nauky, 2021. – Vyp. 1(24).
12. Проект моста Гонконг-Чжухай-Макао. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.autodesk.ru/customer-stories/zhuhai-macao-bridge>
- Proekt mosta Honkonh-Chzhukhai-Makao. [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <https://www.autodesk.ru/customer-stories/zhuhai-macao-bridge>
13. M. Salamak, BIM w cyklu zycia mostów, Warszawa: PWN,2020