

Трач Р. В., к.е.н. (Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне, e-mail: r.v.trach@nuwm.edu.ua)

ВІМ ТА ВЕЛИКІ ДАНІ: ПЕРСПЕКТИВА ГЕНЕРУВАННЯ НОВИХ ЗНАНЬ В БУДІВНИЦТВІ

Досить часто будівництво характеризується як галузь з повільними темпами впровадження інноваційних та проривних технологій. Крім того, будівельна галузь характеризується обмеженими для використання ресурсами та високим рівнем конкуренції. Саме обмеженість ресурсів і конкурентне середовище визначають знання та інформацію як особливо важливий ресурс для розвитку галузі.

В статті досліджено перспективи спільного використання інформаційного моделювання (ВІМ) та великих даних у будівництві.

Розглянуто сукупність теоретичних і практичних напрямків, пов'язаних із ВІМ та великими даними, які будуть розвиватися на кожному з етапів життєвого циклу будівельного проєкту.

Ключові слова: інформаційне моделювання в будівництві; ВІМ; знання; великі дані; будівельний проєкт.

Постановка задачі. Незважаючи на широкий спектр застосувань, однією з галузей, в якій переваги великих даних ще не розкриті в повному потенціалі, є будівельна галузь. Будівництво, у порівнянні з більшістю інших галузей, відоме своїми повільними темпами впровадження інновацій. Як зазначено в [1], однією з основних причин відставання в інноваційному розвитку будівництва є відсутність значних інвестицій, які були б направлені на зміну технологій. Іншою причиною є недостатня доступність даних, необхідних для якісної роботи інструментів обробки великих даних. Проте, у зв'язку із активним розвитком сучасних інноваційних апаратних та програмних інструментів, стає можливим застосування великих даних і в будівництві.

Огляд літератури. Компанія Sage [2] провела опитування учасників будівельної галузі щодо їхніх очікувань від перспектив використання великих даних:

– хочуть отримувати послідовну, актуальну фінансову та проєктну інформацію – 57%;

- хочуть отримувати попередження про виникнення значущих і важливих ситуацій – 48%;
- розраховують, що великі дані допоможуть прогнозувати розвиток подій та уникати ризиків – 41%;
- вважають за краще дізнаватися, які чинники впливають на зростання і зниження прибутку – 14%.

З огляду на те, що великі дані дозволяють приймати більш зважені рішення, наука про прийняття рішень представляє розумну теоретичну перспективу для пояснення значного інтересу до великих даних. Різноманітність вхідних даних дозволяє підвищити рівень достовірності звітів про фактичний стан об'єкта, прогнозів щодо його експлуатації, видавати попередження при перевищенні допустимих показників, більш якісно розраховувати ризики.

Flanagan і Lu [3] стверджували, що управління будівельним проєктом, використовує доступну інформацію і знання для прийняття рішень, а також створює додаткові можливості для вдосконалення різних аспектів діяльності на етапах планування, проєктування та будівництва. З точки зору науки, прийняття рішень, менеджмент, по суті, створює мережу рішень, заснованих на наявній інформації та знаннях, а основна мета управління даними та інформацією полягає в підтримці прийняття рішень [4]. Широке використання моделей, побудованих на основі значних масивів фактичних даних, нівелює різного роду обмеження розвитку.

Великі дані, що надходять з високою швидкістю, кидають виклик когнітивної здатності людського розуму обробляти дані, в зв'язку з чим доводиться використовувати передові інформаційні та комунікаційні технології. Як зазначає Padhy [5], навіть використання традиційних інструментів управління даними показало їх неспроможність якісно та швидко обробляти значні об'єми даних. Великі дані, які надходять із значною швидкістю ще більше стискають і до того обмежений час, який відводиться на прийняття рішень. Аналітики великих даних повинні своєчасно обробляти і аналізувати дані для отримання корисної інформації. Для отримання більшої вигоди від використання великих даних і прийняття швидких рішень, інформація повинна аналізуватися в режимі реального часу. Організації, що використовують швидкі процеси прийняття рішень, можуть краще використати переваги від аналізу даних в реальному часі та отримати за рахунок цього більшу конкурентну перевагу.

Організації, як правило, використовують формальний процес для обробки інформації та розстановки пріоритетів при прийнятті рішень. Збираючи і аналізуючи дані, вони перетворюють результати в практичну інформацію. Poletto з співавторами [6] припускали, що процеси обробки даних та інформації, а також акумулювання знань відбуватимуться у вигляді якогось масивного «універсального сховища», процесорного ядра з відповідним інтелектом і зручним інтерфейсом. Сховище повинне бути заповнене даними, які надходять з різних видів зовнішніх і внутрішніх джерел даних. Останні дослідження та практичний досвід застосування інформаційного моделювання в будівництві вказують на те, що таким «універсальним сховищем» має стати BIM.

Метою статті є дослідження перспектив спільного використання інформаційного моделювання (BIM) та великих даних у будівництві.

Виклад основного матеріалу. Великі дані, що з'являються в будівельній індустрії, не обов'язково повинні бути пов'язані з BIM, але впровадження BIM як однієї з найбільш проривних і перспективних інновацій в галузі надає унікальну можливість для використання великих даних. З розвитком інформаційних технологій і управління, нові інструменти, які входять у BIM, стали популярними серед проєктантів та інженерів. BIM може бути інтегрований з великою різноманітністю проєктної інформації, включаючи геометричну, семантичну і топологічну інформацію та швидко стає найбільш поширеним інструментом для збору, зберігання і управління великими обсягами даних. Особлива цінність BIM утворюється завдяки наявності в ньому знань. Ці знання не є статичними, BIM постійно збагачується інформацією, що надходить в режимі реального часу з різних систем. Дані надходять в BIM-центровану систему з певним обсягом, різноманітністю і швидкістю. Сильні сторони великих даних полягають в їх об'ємі, швидкості і різноманітності, які можна використовувати для отримання важливої інформації і знань, що необхідні для підтримки процесу прийняття рішень. Швидко зростаючі інформаційні та обчислювальні можливості призвели до появи значної кількості технологій, які можуть бути використані для збору великих даних. Великі дані доступні як із середини будівельного проєкту, так і з середовища за межами проєкту.

Моделі BIM являють собою великі структуровані дані, які можуть використовуватися усіма користувачами. Водночас дані у 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). Використання цих сучасних технологій та інструментів стимулює експоненціальне збільшення кількості та складності даних, що призводить до значного зростання обсягів даних в будівельній галузі. Зовнішні дані можуть включати в себе законодавчі документи, різноманітні політики, процедури і процеси, норми і нормативи. Внутрішні великі дані можуть бути геометричними і просторовими даними для вирішення різного роду завдань: проєктування в межах всіх інженерних дисциплін проєкту, контролю часу реалізації проєкту, управління ресурсами проєкту, відстеження процесів, розрахунку та контролю витрат, моніторингу стану будівельного майданчика, управління безпекою на об'єкті, управління інфраструктурою готового будівельного об'єкта.

Джерела даних в будівельному проєкті є масивними і складними, разом з тим правильне їх використання здатне згенерувати величезну кількість інформації та знань. 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 проєкту. Великі дані та BIM об'єднують в одному місці фрагментовану інформацію щодо будівельного об'єкта протягом усього життєвого циклу і таким чином здатні створити цілісну реальну картину того, що відбувається (рисунок).

Під час життєвого циклу будівельного об'єкта існує досить багато різноманітних напрямків для збору даних і прийняття рішень. Різні сценарії використовують відмінні заходи і методи для збору даних. Дані, які були раніше зібрані й оброблені, після їх використання та досягнення запланованих цілей, можуть стати джерелом інформації та знань на інших напрямках реалізації проєкту. Так, наприклад знання про матеріали, з яких заплановано будівництво об'єкта, які були отримані на етапі проєктування (архітектурна та конструкторська частини інформаційної моделі), можуть бути використанні при розрахунку кошторису будівельно-монтажних робіт.

BIM і великі дані служать платформами для збору та обміну даними на всіх етапах життєвого циклу об'єкта. За наявності в усіх учасників реалізації проєкту 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 проєкту буде спільним і своєчасним.

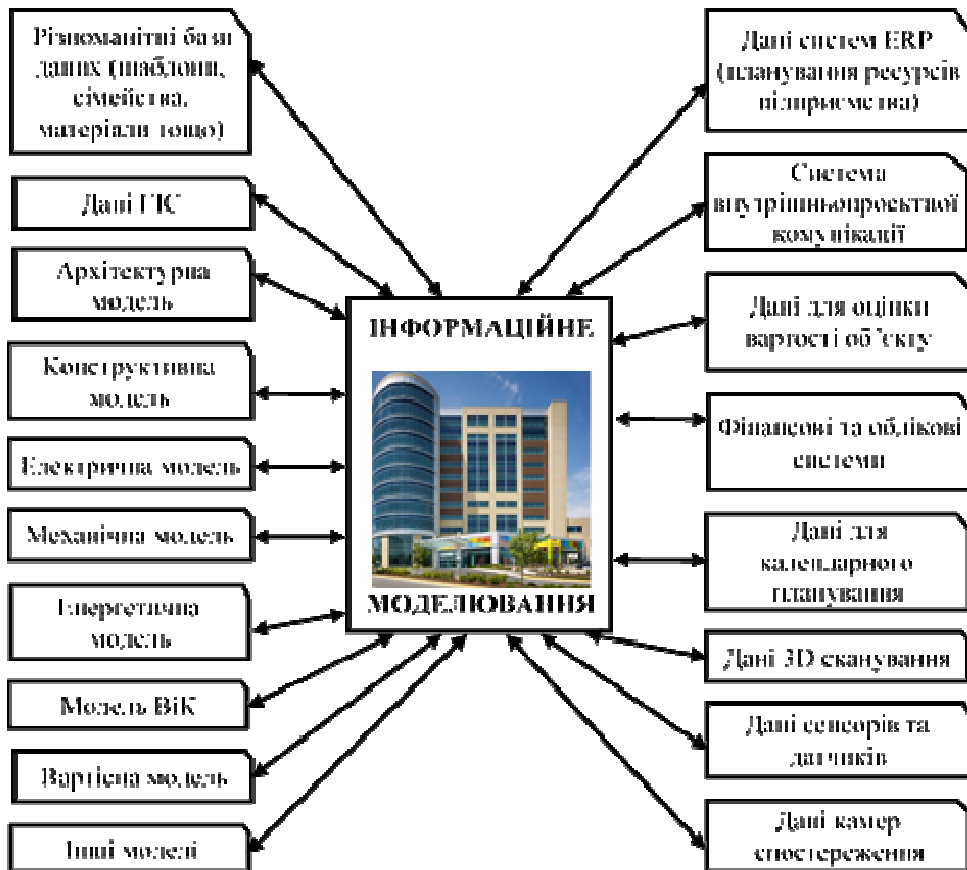


Рисунок. Інформаційна модель зберігання та обробки геометричної та негеометричної інформації про проєкт

Спільне і більш раннє використання BIM і великих даних, дозволяє генерувати більше інформації, що дозволяє провести більш точний аналіз проєкту і при необхідності раніше вносити зміни та знизити витрати на будівництво і експлуатацію. Аналіз проєкту може проводитися на кожному етапі життєвого циклу з використанням інформації з BIM або з інших баз даних. Після чого результати аналізу

передаються назад у BIM для прийняття рішень, для подальшого використання в інших дисциплінах або на етапі експлуатації об'єкта.

Розглянемо сукупність теоретичних і практичних напрямків, пов'язаних із BIM та великими даними, які будуть розвиватися в будівельній галузі.

На етапі планування, аналіз великих даних дає змогу:

- 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 проєкту;
- врахувати екологічну ситуацію;
- спрогнозувати імідж проєкту.

На підставі вищезазначених критеріїв можна сформуванати декілька можливих проєктних пропозицій та порівняти їх між собою. Аналіз історії реалізації аналогічних проєктів дозволяє виявити закономірності та ймовірність будівельних ризиків та їх вплив на витрати і термін реалізації проєкту. Використовуючи великі дані, можна створювати віртуальні сценарії розвитку подій, щоб мати можливість вжити заходів заздалегідь. Наприклад, проаналізувавши множину подібних проєктів, можна дізнатися використання яких матеріалів призводить до перевищення бюджету. Також використання великих даних допомагає зрозуміти, чи виникатимуть колізії між будівельним об'єктом та сусідньою інфраструктурою (наприклад, чи можливі колізії між запланованими до будівництва дорогами або залізничними сполученнями та вже існуючими об'єктами інфраструктури).

На етапі проєктування, напрямками розвитку можуть бути:

- формування експертних систем аналізу проєктних рішень;
- розвиток концепції варіантного проєктування на основі BIM моделей з використанням інтелектуального аналізу проєктної документації;
- застосування системи глибинного аналізу для знаходження «прихованих знань» для синтезу і оцінки ефективності проєктних рішень в процесі проєктування.
- більш якісне виявлення колізій в моделях BIM;
- аналіз проєктних ризиків.

Для забезпечення ефективного будівельного виробництва на етапі виконання будівельно-монтажних робіт, аналіз даних завжди був життєво важливим. Нині вже існують інструменти, що дозволяють учасникам проєкту оцінювати і передбачати можливі ризикові ситуації. Але і надалі цей напрямок залишається вкрай важливим. Сучасні методи роботи з даними і прогрес у розвитку обчислювальної техніки дозволяють аналізувати велику кількість факторів для більш точної класифікації ризику за групами.

При виконанні будівельно-монтажних робіт в якості інструментів для збору великих даних можуть служити камери відеоспостереження, встановлені на будівельному майданчику, датчики (сенсори) різного призначення, які фіксують технічні параметри будівельного об'єкта. Зібрані дані потрапляють в сховища даних та обробляються моделями машинного навчання з використанням алгоритмів класифікації, які дозволяють вирішувати задачі розпізнавання зображень. Підвищення доступності сенсорних мереж і обчислювальних потужностей створюють додаткові можливості для збирання великого обсягу даних в режимі реального часу. Дослідники також вивчають передові технології, такі як лазерне сканування або фотограмметрія, для збору даних щодо будівельного майданчика в реальному часі та їх синхронізації з кіберсистемою для отримання BIM «в реальному часі» [7]. Таким чином технологія великих даних дозволяє здійснювати моніторинг реалізації проєкту в режимі реального часу, що здатне поліпшити планування, скоротити термін будівництва і оптимізувати бюджет.

Крім того, комбінуючи BIM і передові інформаційні та комунікаційні технології, можна приймати більш обґрунтовані рішення щодо управління матеріальними ресурсами проєкту – матеріалами, інструментами, машинами та обладнанням. Наприклад, компанія Nick Savko & Sons [8], що займається землерийними роботами, оснастила свою техніку глобальними локаційними пристроями для контролю на відстані. Установки збирали інформацію щодо часу робочого циклу машин, часу простою, продуктивності тощо. Після обробки даних, менеджери змогли оцінити, чи достатньою є кількість машин для виконання робіт та зрозуміти, які з машин було б вигідніше використовувати в іншому місці. Також вони змогли порівняти витрати палива з контрольними показниками і проаналізувати, чи ефективно оператори експлуатували техніку. В результаті продуктивність компанії зросла і проєкт вдалося завершити на місяць раніше терміну.

В процесі виконання будівельних робіт на об'єкті доводиться закуповувати, зберігати і транспортувати значну кількість матеріалів і обладнання. Для оптимізації цього процесу також можна використовувати великі дані, інтегровані в BIM модель. Різні активи можна об'єднати в єдину базу, створивши систему попереджень і нагадувань. Так всі співробітники, що працюють над проєктом, зможуть відстежувати місцезнаходження матеріалу або обладнання і знати, коли почнеться наступний етап роботи і які активи будуть задіяні.

На етапі управління нерухомістю застосування великих даних також має дуже хороші перспективи. Так, 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'єкта. Різноманітні сенсори та інтернет речей дозволяють забезпечити постійну взаємодію між фізичною конструкцією і її цифровою моделлю. За допомогою датчиків здійснюється моніторинг об'єкта в режимі реального часу, контроль за його технічним станом.

Власники, керівники і користувачі приймають рішення про придбання, управління і використання різних активів, які включають в себе безпосередньо будівельний об'єкт, елементи обладнання та засоби для їх розміщення. Первісна вартість капітальних витрат зазвичай чітко визначена та часто є ключовим фактором, що впливає на прийняття рішення. З іншого боку, прогнозування витрат протягом усього терміну служби об'єкта забезпечує більш надійну основу для прийняття рішення. Витрати протягом всього життєвого циклу об'єкта можуть включати: витрати на придбання (або витрати на проєктування і розробку), експлуатаційні витрати, витрати на ремонт, вартість запчастин, витрати на простой і втрати, витрати на профілактичне обслуговування, витрати на прогнозне обслуговування, витрати на утилізацію, а також інші облікові або фінансові елементи. Великі дані, зібрані протягом життєвого циклу будівельного об'єкта, в тому числі і ті, які знаходяться в BIM, можуть надати знач-

ний обсяг інформації про витрати, за умови, що збір і обробка даних була реалізована правильно.

Висновки. Саме завдяки знанням, зібраним та зосередженим у BIM з різних дисциплін проєкту, BIM модель може стати центром великих даних. Фактично, інформаційна модель будівлі, незалежно від її тривимірного представлення і багатства інформації, може сприйматися як реляційна база даних. Деяка інформація вже спочатку міститься в моделі, в той час як інші дані постійно генеруються й імпортуються в модель протягом всього життєвого циклу проєкту. BIM надає можливість для зберігання та обробки різних типів інформації та містить в собі як геометричну, так і негеометричну інформацію про проєкт. Геометрична інформація включає в себе розміри, об'єми, форму та просторові відносини, водночас негеометрична інформація включає в себе дані окремих будівельних елементів, специфікації матеріалів, графік будівництва, вартість робіт, дані систем ERP (планування ресурсів підприємства), дані ГІС, 3D сканування, сенсорів та датчиків, камер спостереження, а також систему внутрішньопроектної комунікації. За допомогою певних цифрових інструментів інформація із зовнішніх джерел, може бути пов'язана з усім проєктом або конкретним його компонентом.

З накопиченням бази даних BIM може стати ресурсом для аналізу великих даних і генерації інформації і знань. Нині великі набори даних залишаються після завершення кожного з етапів реалізації будівельного проєкту. Накопичені дані можуть бути корпоративним активом, видобування і використання якого дозволяє компаніям складати кращі прогнози і приймати правильні рішення. Крім того, знання, які виникли в ході проєкту та пройшли випробування практикою, можна вважати більш надійними у порівнянні даними експериментів або моделювання, оскільки вони містять більше основоположних знань щодо реальності. Саме тому фахівці в будівельній галузі все частіше відмовляються від використання ретельно відібраних невеликих даних і для генерації знань прагнуть знайти джерела великих даних.

1. Fulford R., Standing C. Construction industry productivity and the potential for collaborative practice. *International Journal of Project Management*. 2014. 32(2). 315–326. 2. URL: <https://www.sage.com/en-us/blog/> (дата звернення: 01.07.2020). 3. Flanagan R., Lu W. Making informed decisions in product-service systems. 2008. 4. Grant R. M. Toward a knowledge-based theory of the

firm. *Strategic Management Journal*. 1996. 17(S2). 109–122. **5.** Padhy R. P. Big data processing with Hadoop-MapReduce in cloud systems. *International Journal of Cloud Computing and Services Science*. 2013. 2(1). 16. **6.** Poletto T., de Carvalho V. D. H. and Costa A. P. C. S. The roles of big data in the decision-support process: An empirical investigation. *In International Conference on Decision Support System Technology*. 2015. 10–21. **7.** Cheng J. C., and Lu Q. A review of the efforts and roles of the public sector for BIM adoption worldwide. *Journal of Information Technology in Construction*. 2015. 20(27). 442–478. **8.** URL: <http://www.nicksavko.com> (дата звернення: 01.07.2020).

REFERENCES:

1. Fulford R., Standing C. Construction industry productivity and the potential for collaborative practice. *International Journal of Project Management*. 2014. 32(2). 315–326. **2.** URL: <https://www.sage.com/en-us/blog/> (data zvernennia: 01.07.2020). **3.** Flanagan R., Lu W. Making informed decisions in product-service systems. 2008. **4.** Grant R. M. Toward a knowledge-based theory of the firm. *Strategic Management Journal*. 1996. 17(S2). 109–122. **5.** Padhy R. P. Big data processing with Hadoop-MapReduce in cloud systems. *International Journal of Cloud Computing and Services Science*. 2013. 2(1). 16. **6.** Poletto T., de Carvalho V. D. H. and Costa A. P. C. S. The roles of big data in the decision-support process: An empirical investigation. *In International Conference on Decision Support System Technology*. 2015. 10–21. **7.** Cheng J. C., and Lu Q. A review of the efforts and roles of the public sector for BIM adoption worldwide. *Journal of Information Technology in Construction*. 2015. 20(27). 442–478. **8.** URL: <http://www.nicksavko.com> (data zvernennia: 01.07.2020).

Trach R. V., Candidate of Economics (Ph.D.) (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

BIM AND BIG DATA: THE PERSPECTIVE OF GENERATING NEW KNOWLEDGE IN CONSTRUCTION

The construction industry, despite a wide range of applications, is one of industries in which the benefits of big data has not yet been fully explored.

Construction, compared to most other industries, is known for its slow pace of innovation. However, due to the active development of modern innovative hardware and software tools, it becomes possible to use big data in construction. BIM model can become a big data core thanks

to the knowledge gathered and concentrated in various project disciplines. In fact, building information model, regardless of its three-dimensional representation and wealth of information, can be perceived as a relational database. Some information is already initially contained in model, while other data is constantly generated and imported into model throughout the project life cycle.

BIM provides ability to store and process various types of information and contains both geometric and non-geometric information about the project.

Geometric information includes dimensions, volumes, shape and spatial relationships. Non-geometrical information includes data on individual building elements, materials specification, construction schedule, cost of work, data from ERP systems (enterprise resource planning), GIS data, 3D scans, data of sensors and surveillance cameras, as well as a system of communication in project. Using certain digital tools, information from external sources can be associated with the entire project or its specific component. With the accumulation of the database, BIM can become a resource for analyzing big data and generating information and knowledge. Currently, big data sets remain after the completion of each stage of the construction project. The accumulated data can be a corporate asset, the extraction and use of which allows companies to make better predictions and make right decisions. In addition, the knowledge that arose during the implementation of the project and has been tested by practice can be considered more reliable than the data of experiments or simulations, since they contain more knowledge about reality. That is why specialists in the construction industry increasingly refuse to use carefully selected small data and seek to find sources of big data to generate knowledge.

***Keywords:* information modeling in construction; BIM, knowledge; big data; construction project.**

Трач Р. В., к.э.н., (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, Ровно, e-mail: r.v.trach@nuwm.edu.ua)

ВІМ И БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ: ПЕРСПЕКТИВЫ ГЕНЕРИРОВАНИЯ НОВЫХ ЗНАНИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Достаточно часто строительство характеризуется как отрасль с медленными темпами внедрения инновационных и прорывных технологий. Кроме того, строительная отрасль характеризуется ограниченными для использования ресурсами и высоким уровнем конкуренции. Именно ограниченность ресурсов и конкурентная среда определяют знания и информацию, как особенно важный ресурс для развития отрасли.

В статье исследованы перспективы совместного использования информационного моделирования (ВІМ) и больших данных в строительстве.

Рассмотрены совокупность теоретических и практических направлений, связанных с ВІМ и большими данными, которые будут развиваться на каждом из этапов жизненного цикла строительного проекта.

Ключевые слова: информационное моделирование в строительстве; ВІМ; знания; обширные данные; строительный проект.
