

вать влияние субъективных факторов на стадии проектирования алгоритмов нечеткого вывода путем использования результатов кластерного анализа выборки значений входящей переменной для формирования нечеткой базы знаний, а именно функций принадлежности входящей переменной и констант-термов выходящей переменной.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** сезонность, средняя дневная интенсивность выполнения строительных работ, объемы жилищного строительства, коэффициент автокорреляции  $k$ -го порядка, трендовые уравнения, авторегрессионная модель, аддитивная сезонная компонента, фаззи-алгоритм Сугено, кластерный анализ, гауссовая функция принадлежности.

#### ANNOTATIO

In article influence of a factor of seasonality on the cost of construction works is investigated. A number of methodical approaches and applied models for forecasting of cost indexes of construction activity, such as a chain monthly price index of construction works and volumes of the performed construction works on objects of housing construction is offered. By comparison of quality indicators of predictive trend models with use seasonal additive components both without her among themselves and with similar characteristics of fuzzy-algorithm like Sugeno in whom constants terms of the output variable are used it is proved priority of use of kady type of models for practical purposes of planning on macro - and micro level and budgetings. It is offered to minimize influence of subjective factors on design fuzzy-algorithms by use of results of the cluster analysis of a selection of values of the input variable for formation of the fuzzy-knowledge base, namely gauss membership functions of the input variable and constants terms of aoutput variable.

**KEYWORDS:** seasonality, the average daily intensity of construction works, volumes of housing construction, coefficient of autocorrelation ordered  $k$ , trend equations, autoregression model, additive seasonal component, Sugeno's fuzzy-algorithm, cluster analysis, Gaussian membership function.

**УДК 69.003:658.5**

**В.П. Николаєв, д.е.н., проф.,  
Т.В. Ніколаєва, к.е.н., м. Київ**

### **ІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ БУДІВЕЛЬ: ІМПЕРАТИВИ ОПТИМІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ**

У контексті розвитку інформаційного моделювання будівель (Building Information Modeling - BIM) та концепції вартості життєвого циклу розглядаються імперативні зміни економічних взаємовідносин учасників інвестиційно-будівельного процесу: поява нового джерела ефекту та механізму його перерозподілу, нагромадження та відкриття внутрішньої інформації учасниками будівництва, командна робота на основі багатосторонніх контрактів на спільне виконання проекту, варіантне проектування на ранній стадії, уникнення проектних помилок, автоматичне формування кошторисів, орієнтація на ефективну експлуатацію наявних будівель. Пропонується по можливості випереджуваче впровадження окремих елементів нових відносин порівняно з інформаційною складовою BIM.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** BIM, інформація, об'єкт, будівля, проектування, управління.

**Постановка проблеми.** Інформаційне моделювання будівель (Building Information Modeling – BIM) знайоме, на жаль, не всім вітчизняним фахівцям і керівникам галузі, а якщо й знайоме, то здебільшого як засіб тривимірного проектування будівельних об'єктів за допомогою програмних продуктів ArchiCAD, Revit, Vectorworks тощо. У той же час, темпи поширення BIM у розвинених країнах вже наводять тамтешніх менеджерів на думку про справжню революцію в управлінні будівництвом.

Наша спроба професійного погляду на явище BIM, ніби «здалека», та порівняння

з українськими сумними реаліями дозволяє, уникнувши деталей, особливо виразно помітити економічний сенс BIM як прийдешньої зміни усієї чинної системи відносин в інвестиційно-будівельному комплексі та інтеграції у нього експлуатаційної компоненти. Тому аналіз досвіду впровадження BIM розвиненими країнами, умовно абстрагуючись від стрижневої інформаційної складової, може показати деякі інституційні новації, урахування яких можливе і доцільне вже на сучасному етапі і на фоні яких деякі усталені методи управління можуть виявитися недосконалими.

Звернемо увагу й на те, що ключову, імперативну роль у прискоренні цього процесу може і повинна відігравати держава як провідний інвестор-замовник та власник нерухомості, а також як регулятор відносин у недержавному секторі інвестиційно-будівельного комплексу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Як свідчить історія BIM [1], інформаційне моделювання у будівництві, на протигагу традиційним кресленням, концептуально було започатковане у 1975 р. американським професором Чарльзом (Чаком) Істменом (*Charles Eastman*) у публікації [2]. У 1986 р. англієць Роберт Ейш (*Robert Aish*) вперше використав термін «*Building Modeling*» як інформаційне моделювання будівель. Він сформулював основні принципи інформаційного підходу до проектування: тривимірне представлення об'єкта; автоматичне отримання креслень на основі сукупності параметрів об'єкта та його елементів; параметризація об'єктів і створення відповідних баз даних; розподіл процесу будівництва по етапах [2]. Р. Ейш проілюстрував новий підхід у проектуванні прикладом успішного застосування моделювання при реконструкції Терміналу 3 лондонського аеропорту «Хітроу». У підсумку з'явився термін «*Building Information Modeling*» у його нинішньому сенсі (уперше у публікації Г.А. ван Недервеена (*G.A. van Nederveen*) і Ф.П. Толмана (*F.P. Tolman*) 1992 року [3]).

З 2002 року концепцію BIM стали

освоювати провідні розробники програмного забезпечення у сфері архітектурно-будівельного проектування. У результаті діяльності таких компаній, як Autodesk<sup>1</sup> (США), Bentley<sup>2</sup> (Велика Британія), Nemetchek<sup>3</sup> (Німеччина), Tekla<sup>4</sup> (Фінляндія) абревіатура BIM увійшла до лексики фахівців з комп'ютерних технологій і отримала широке розповсюдження у менеджменті. На сьогоднішній день опублікована велика кількість робіт з BIM-тематики, серед яких слід особливо відзначити останню фундаментальну працю Ч. Істмена у співавторстві [5].

На пострадянському просторі проблематиці BIM присвячені фундаментальні публікації лише двох основних російських авторів: вченого - фахівця з інформаційних технологій будівельного проектування В.В. Талапова [6], та будівельника-практика О.І. Пакідова [7]. Професійні дискусії за їхньою участю щодо перспектив BIM у специфічних умовах інформаційного забезпечення будівництва ведуться на спеціальних сайтах<sup>5</sup> із залученням все ширшої спільноти проектувальників та будівельників. В Україні інтерес до BIM можна відмітити хіба що з боку Українського центру сталевих будівництва [8].

Державну підтримку інформаційне моделювання будівель отримало більш ніж у 10 країнах. Так, у США використання BIM є ініціативою *General Services Administration* (GSA) – федеральної адміністрації загальних служб, у зоні відповідальності якої - все будівництво та експлуатація федеральних будівель і споруд у країні. У 2003 році там була розроблена національна BIM- програма для управління і контролю 30 млн кв.м нерухомості, що перебуває під юрисдикцією GSA.

На відміну від інших країн, уряд Великої Британії суворо вимагає використання BIM. У травні 2011 року була опублікована «Урядова стратегія

<sup>1</sup> www.autodesk.ru

<sup>2</sup> www.bentley.com

<sup>3</sup> www.nemetschek.com

<sup>4</sup> www.tekla.com/ru

<sup>5</sup> http://isicad.ru/ru/articles.

будівництва» (*Government Construction Strategy*), в якій є істотний за обсягом і значущістю розділ «Інформаційне моделювання будівель», де чітко записано, що уряд вимагатиме повсюдного використання BIM з 2016 року. Уряд законодавчо регулює використання BIM через комітет зі стандартів BIM, який на сьогоднішній день випустив *AEC<sup>6</sup> BIM Standard* (2009), *AEC BIM Standard Revit* (2010) і *AEC BIM Standard Bentley* (2011). Комітет працює над подібними стандартами для інших програм, таких як *BIM ArchiCAD* і *Vectorworks*, а також оновленими версіями стандартів, які були випущені раніше.

Північні країни, такі як Норвегія, Данія, Швеція, Фінляндія є батьківщиною для деяких ключових технологій АЕС виробників. Тривалі снігові зими в цих країнах зробили заводське виготовлення конструкцій будівель дуже привабливою практикою, яка, в свою чергу, значно сприяла розвитку технології BIM і стимулювала ранній початок розгортання BIM в цих країнах. З 2016 робота в BIM буде обов'язковою при отриманні держбюджетних замовлень у Нідерландах, Данії, Фінляндії та Норвегії. Європарламент своїм недавнім рішенням стимулює такі правила і для інших членів ЄС.

Не знижуються темпи впровадження BIM у Північній Америці та Південно-Східній Азії. Впритул до прийняття рішення про державну підтримку використання BIM підійшов Китай.

На пострадянському просторі лише у Білорусі була прийнята Галузева програма з розробки та впровадження інформаційних технологій комплексної автоматизації проектування та підтримки життєвого циклу будівлі, споруди на 2012-2015 роки [9]. Метою програми проголошено впровадження сучасних інформаційних систем і технологій, що підвищують ефективність виробництва, якість і конкурентоспроможність продукції та послуг підприємств будівельної галузі. Однак завдання програми сформульовані переважно у інформаційно-проектній

площині: впровадження інформаційних систем і нових технологій проектування; впровадження інформаційних технологій для підтримки життєвого циклу будівлі, споруди; інтеграція інженерних інформаційних ресурсів; підготовка, перепідготовка та підвищення кваліфікації фахівців з комплексної автоматизації проектування та управління життєвим циклом будівлі, споруди; стандартизація інформаційних систем і технологій в будівництві. Іншими словами, завдання програми зосереджуються навколо засобів, а не економічних та управлінських механізмів.

Натомість, аналізуючи історію BIM, можна помітити наступне співпадіння: саме у цей самий період набуває розвитку економічна концепція та створюється інструментарій аналізу витрат життєвого циклу (*Life Cycle Costing*) [10; 11], які на сьогоднішній день оформились у новітню методологію повної оцінки існування об'єкта (*Whole Life Appraisal*), згідно якої під управління підпадають усі витрати і доходи упродовж життєвого циклу від концепції до завершення експлуатації і зносу об'єкта [12]. Тож логіка концепції BIM не має обмежуватись стадією будівництва, а охоплювати і експлуатацію.

Можна вважати, що у розвинених країнах у 1980-х роках на основі нових інформаційних можливостей почалося переосмислення підходів до проектування будівель як до оптимізації об'єктів і процесів. Ураховуючи, що проектування, як правило, виконується на замовлення замовника-інвестора, традиційний підхід BIM можна трактувати як значний прогрес в управлінні капітальними інвестиціями на стадії будівництва за рахунок підвищення економічної та екологічної ефективності проекту. Подальший розвиток BIM показав, однак, що не менший результат може досягатися при застосуванні інформаційного моделювання в управлінні створеними довгостроковими матеріальними активами на стадії їхнього утримання та експлуатації, зокрема із урахуванням енерговитрат [13]. Таким чином, можна підсумувати, що на даний час у розвинених країнах формується

<sup>6</sup> AEC - Architects, Engineers, Constructors

принципово новий інтегрований вартісно-енерго-еколого-орієнтований механізм проектування та менеджменту об'єктів і процесів, який забезпечує сталу ефективність, або так звану сестейнабільність (*Sustainability*) об'єктів [14].

**Мета статті.** Зважаючи на відсутність серйозних вітчизняних публікацій та практичного досвіду з BIM-тематики, виникає потреба історично і логічно проаналізувати це новітнє явище з висновками щодо імперативів його прискореного (за участю держави) поширення в Україні, зокрема у сфері трансформації економічних відносин учасників інвестиційно-будівельно-експлуатаційного процесу. При аналізі економіко-управлінського значення BIM спиратимемося на інформаційні аспекти, висвітлені [6].

**Виклад основного матеріалу.** З інформаційної точки зору, BIM являє собою електронне представлення одночасно фізичних і функціональних характеристик, спільне для проєктантів, будівельників та власників (користувачів) об'єкта, що формує достовірну основу для прийняття ними рішень упродовж життєвого циклу будівлі - від попередньої концепції до зносу. Причому, важливо, що прийняття рішень відбувається в інтересах власника, відповідно порівнюються базисні та оптимальні вартісні оцінки об'єкта і потенційний ефект<sup>7</sup>. Економічний інтерес інших співучасників може полягати у праві на частину цього ефекту порівняно з базисною ціною їхніх робіт чи послуг. Сформулюємо цю принципову зміну в управлінні як появу *нового джерела ефекту і механізму його перерозподілу*. Треба відразу зауважити, що такий механізм вимагає наявності для порівняння ринкових нормативів вартості, а не ресурсних деформованих нормативів, як в Україні [15; 16].

В інформаційному моделюванні

будівля і все, що має до неї відношення, розглядаються як єдиний об'єкт, тобто будівельний об'єкт проектується як єдине ціле і зміна будь-якого його параметру тягне за собою автоматичну зміну інших, пов'язаних з ним параметрів, аж до креслень, візуалізацій, специфікацій, календарного графіка і кошторису. Це вимагає від виробників обладнання, конструкцій, матеріалів попереднього збору та надання до спільної інформаційної бази відповідних даних про технічні, екологічні та вартісні характеристики їхньої продукції; від розробників програмного забезпечення - узгодження комп'ютерних засобів архітектурного проектування, кошторисного ціноутворення, управління проєктами, управління утриманням та експлуатацією будівель тощо; від держави – впровадження відповідних стандартів, норм та інших регулюючих документів. Тож віртуальний об'єкт інформаційно взаємодіє з великим обсягом доступного довідкового матеріалу, який заноситься в систему, а потім використовується у будь-який час на кожному робочому місці і по кожній спеціальності з автоматичним виготовленням креслень. Прикладом довідникових даних можуть бути різноманітні відомості про матеріали, виробу, планувальні рішення, типові будівлі, фрагменти будівель, дані про прилади автоматики, електрики, сантехніки тощо, а також про їхні ціни.

Як бачимо, на протигагу ринковій закритості та комерційній таємниці учасників будівництва, більшого ефекту можна було б досягти, відкривши (попередньо нагромадивши) внутрішню інформацію про власну продукцію та послуги, їхню вартість. Назвемо цей принципово новий напрямок в управлінні імперативом *нагромадження та відкриття внутрішньої інформації*. На нашу думку, принаймні стосовно державних та комунальних замовників, така інформація має накопичуватися в обов'язковому порядку.

Застосування інформаційної моделі будівлі має ряд переваг перед класичними

<sup>7</sup> При спорудженні нового корпусу музею мистецтв у місті Денвер для організації взаємодії субпідрядників при зведенні каркасу будівлі, а також при монтажі мереж і комунікацій була використана інформаційна модель, яка дозволила скоротити термін будівництва на 14 місяців і отримати економію до 400 тис. доларів на цьому комплексі робіт при кошторисній вартості усього об'єкта в 70 млн доларів.

методами архітектурно-будівельного проектування. Насамперед, BIM дозволяє у віртуальному режимі підібрати, розробити, розрахувати, пов'язати разом і узгодити створювані різними фахівцями та організаціями компоненти й системи майбутньої споруди, заздалегідь перевірити їх життєздатність, функціональність і експлуатаційні якості, а також уникнути - внутрішніх «нестиковок». На відміну від традиційних систем автоматизованого проектування, що створюють тільки геометричні моделі, результатом BIM зазвичай є комплексна комп'ютерна модель, що описує як сам об'єкт, так і процес його будівництва. Вся інформація BIM щодо об'єкта об'єднується в базу даних, що дозволяє в будь-який момент часу не тільки отримувати актуальну проектну документацію та візуалізацію, але й аналізувати їх. Середовище BIM підтримує функції спільної роботи команди, тому люди можуть ефективно використовувати інформацію впродовж всього життєвого циклу будівлі без ризику неузгодженості або втрати даних, а також виключити помилки при їх передачі та перетворенні. Сучасне програмне забезпечення дозволяє створювати інформаційну модель, в якій можуть паралельно працювати архітектори, конструктори, інженери та інші фахівці, залучені до проекту. Це означає однак, що всі учасники проекту від початку повинні працювати як одна команда. У цьому полягатиме новий принцип ефективного управління – імператив *командної роботи* проектувальника, замовника та підрядника. Організаційно, на відміну від інших типів контрактів, особливо стандартної схеми: замовник – проектувальник; замовник – підрядник, взаємодія відбувається за схемою так званого контракту на спільне виконання проекту трьома та більше учасниками – *Integrated Project Delivery (IPD)*.

Розглянемо тепер новий імператив управління - *варіантне проектування на ранній стадії*. Існує чимало переваг прийняття основоположних проектних

рішень саме на ранніх стадіях проектування. Наприклад, якщо тривимірний ескіз виконувати комп'ютерними засобами, то вже при пошуку форми будівлі можна обчислювати такі важливі для проекту геометричні параметри, як площі і об'єми. З геометрії об'єкта можна прогнозувати його експлуатаційні параметри<sup>8</sup>. Тут знову виникатиме потреба в укрупнених вартісних нормативах.

Наступний імператив - *уникнення проектних помилок*, що можливе лише із розвитком BIM. При традиційному проектуванні всі креслярські види будівлі (плани, розрізи, фасади, вузли тощо) створюються окремими членами колективу розробників і існують незалежно один від одного, їх об'єднує лише особа головного архітектора проекту (ГАПа). Якщо до цього додати розбіжність даних креслень зі специфікаціями і відомостями, а також багато інших недоліків, допущених через неухважність виконавців, то можна уявити, скільки проблем виникає на будмайданчику при реалізації такого проекту. Найпростіший і надійний засіб боротьби з такими помилками - побудувати BIM-модель. Звичайно, для перевірки на відповідність планів і фасадів достатньо простого 3D моделювання, але ж є ще специфікації, відомості обробки, інженерне обладнання з усіма розрахунками, кошториси, календарні плани тощо.

<sup>8</sup> Ефективно визначати коефіцієнт компактності на етапі ескізу, коли на нього ще можна безпосередньо впливати, змінюючи геометрію об'єкта. У публікації [6] показано, як за допомогою BIM зміна коефіцієнта компактності з 0,72 до 0,86 дає приблизно 5% економії вартості майбутньої будівлі. Ще більші можливості для економії відкриваються при визначенні на стадії ескізу екологічних характеристик будівлі, наприклад, попередній аналіз форми і розташування будівлі визначає надходження сонячної енергії та вітрові потоки для існуючої забудови. Здійснюваний за ескізом моделі аналіз сонячної активності дозволяє виявити, наскільки будуть прогріватися окремі частини будівлі в той чи інший період.

Звичайні задачі для BIM - проектування інженерних систем.

Використання BIM робить процес складання плану-графіка будівельних робіт більш точним, швидким і, найголовніше, ефективно реагує на зміни, що неминуче виникають по ходу зведення будівлі.

На практиці ж часто зустрічаються колізії і тривимірному рівня. Передусім вони пов'язані з неприпустимими перетинами різних елементів і систем будівлі. При візуальному визначенні таких колізій часу на перевірку може піти більше, ніж на саме проектування. Тому передбачені в багатьох BIM-програмах засоби автоматичного визначення подібних «нестиковок» значно підвищують продуктивність праці проектувальників і стовідсотково виключають такі колізії. Одержали поширення в нашій країні програмні комплекси підприємств Autodesk і Bentley, які реалізують BIM. Їх головні переваги - автоматична перевірка колізій. Перевірка помилок у проекті за допомогою BIM-моделі - це нова реальна послуга, яку деякі фірми надають проектувальникам, що не дійшли ще до технології BIM.

Наведене вище означає, що бажана поява у договорах на проектування жорсткіших вимог до якості документації, що стимулюватиме впровадження BIM.

Розглянувши управлінські новації, пов'язані з інформаційним моделюванням об'єктів, а також адміністративні стимули щодо їхнього впровадження, необхідно визнати невідворотну ефективність BIM.

Спеціалісти оцінюють конкретну економічну вигоду від впровадження BIM порівняно з досконалим менеджментом без інформаційного моделювання у розмірі як мінімум 3-5% від вартості об'єкта: саме стільки за статистикою йде в Китаї при традиційному проектуванні на усунення проектних помилок, що виявляються на будмайданчику.

За оцінками російських експертів, у наших недосконалих умовах ця цифра, що залежить від конкретних видів споруд, в цілому може коливатися біля позначки у 40%.

Ми не погоджуємося з тим, що прямих вигод проектувальникам впровадження BIM не приносить, якщо згадати механізм спільного виконання проектів. Світова ж практика така, що замовник може вимагати в умовах договору інформаційну модель, але за ті ж гроші, що й звичайний проект. Розраховують на те, що BIM-технологія економить кошти проектувальників.

Перш за все, при використанні BIM на проект йде менше часу. Правда, на ранній стадії впровадження це не всі помічають, оскільки робочий час перерозподіляється, та й на перших (пілотних) проектах через невідповідність співробітників і недосконалу організацію роботи в нових умовах цього часу може витратитися навіть більше. За даними зарубіжних джерел, економія часу при виконанні проекту в середньому становить 20-50%, при внесенні змін до проекту вона набагато більша. Відомі спеціалізовані фірми, у яких подібна економія часу, за їх власними даними, становить близько 90% [6].

Ще один розділ проектування, в якому BIM приносить відчутну вигоду - створення специфікацій і випуск будівельних кошторисів, що можна вважати новим принципом *автоматизованого ціноутворення* в управлінні будівництвом. У нинішніх кошторисників на збір даних щодо обсягів робіт і матеріалів із проекту йде більше двох третин робочого часу. Але головна проблема для них - це зміни, наприклад, у випадку варіантного проектування.

У світі сьогодні кошторис з похибкою навіть 50% вважається прийнятним. При використанні BIM, коли всі дані автоматично надходять з моделі, а завдання кошторисника – лише встановити зв'язки даних з кошторисною програмою, похибка, за даними зарубіжних джерел, зменшується до 3%, а перерахунок можливий будь-коли. Одна з причин державного впровадження BIM у Великобританії та багатьох інших країнах - точність кошторисів і прозорість витрат на будівництво, що дозволяє раціонально використовувати державні ресурси.

Проблеми вітчизняного ціноутворення, рівень якого найнижчий у пострадянських країнах, досліджувалися у наших публікаціях, наприклад [15; 16].

Часто вважають, що BIM - це технологія проектування нових будівель і споруд. Але інформаційна модель будівлі має набагато більш широке застосування, у тому числі для вже існуючих об'єктів, оскільки містить всю необхідну інформацію про них.

У розвинених країнах на сьогоднішній день побудовано так багато, що на перше місце там виходить не створення нових, а ефективне *обслуговування наявних будівель* – і це є ще одним імперативом управління будівництвом.

Основні доходи і вигоди своєму власникові (особливо, державі) будівля приносить саме в період експлуатації, яка розтягується на багато десятиліть. Інформаційна модель в цьому випадку дозволяє проводити ефективне управління, облік витрачених ресурсів і здійснених платежів, якісно і своєчасно проводити поточні, капітальні та аварійні ремонтні роботи, вносити необхідні корективи в конфігурацію приміщень і здійснювати багато іншого, що необхідно для забезпечення оптимального використання будівлі.

Зрозуміло, що для цього потрібні будуть спеціальні комп'ютерні програми, які будуть брати з моделі саме потрібну для задач ремонтного обслуговування інформацію і правильно нею оперувати. Такі програми не потрібні архітекторам, вони не потрібні при проектуванні або будівництві будівлі, тому на початкових етапах розвитку BIM вони і не з'являться. Цей процес вимагає прискорення.

Оскільки інформація про регламент обслуговування або терміни ремонту конструктивних елементів та обладнання на етапі традиційного проектування та будівництва не потрібна, замовнику (особливо, державному) треба надати право вимагати від проектувальника відповідні розрахунки для експлуатації будівлі. Виникне потреба як у нових програмах, так і у накопиченні та постійній актуалізації додаткової інформації. Таким чином, на стадії експлуатації будівлі процес інформаційного моделювання триватиме і створюватиме інформаційну основу обґрунтованості експлуатаційних параметрів на майбутнє.

Нарешті розглянемо регламентаційний вплив держави на розвиток BIM та впровадження нових методів управління.

Так, з метою державного впливу на поширення інформаційного моделювання

будівель у Великій Британії був зареєстрований стандарт *BS 1192: 2007*, який став своєрідним якісним узагальненням усіх національних і зарубіжних стандартів з інформаційно-будівельної тематики. Сьогодні цей стандарт істотно розширився і існує вже в чотирьох частинах:

- *PAS 1192-2: 2013* - управління інформацією при капітальному будівництві з використанням інформаційного моделювання будівель;

- *PAS 1192-3: 2014* - управління інформацією на етапі експлуатації об'єкта з використанням інформаційного моделювання будівель;

- *PAS 1192-4: 2014* - спільне надання інформації, частина 4: виконання вимог щодо обміну інформацією з використанням кодів COBie (див. далі);

- *PAS 1192-5:2015* - безпека інформації.

Як і задумували розробники, стандарт продовжує розвиватися і процес його поділу на складові буде йти і далі.

Необхідно згадати і класифікатори та їхню роль при впровадженні та використанні BIM. Так як BIM - технологія об'єктно-орієнтована, то при створенні моделі ключову роль відіграють базові (бібліотечні) елементи, що представляють певні елементи будівлі. Наприклад, у кожного будівельного елементу є вартість придбання і вартість монтажу, значення яких можуть абсолютно не цікавити проектувальника, який поміщає цей елемент в модель, але які важливі для кошторисника і будівельника. Тож BIM передбачає, що необхідно заздалегідь створити класифікатор використовуваних будівельних елементів для великої компанії (холдингу) або навіть усієї країни, що є необхідною складовою частиною державної стандартизації проектно-будівельної галузі.

Розробка національних (наднаціональних) класифікаторів ведеться в багатьох країнах світу. Але дві розробки заслуговують того, щоб їх відзначити особливо і рухатись у їхньому фарватері.

1. *OmniClass* - розробляється Міжнародною організацією стандартизації

(ISO) з початку 1990-х років як система організації інформації для будівельної промисловості, корисна для багатьох програм, від організації бібліотеки матеріалів та документації про товар до інформації по проекту зі структурною класифікацією для електронних баз даних. Вона включає в себе деякі підсистеми: *MasterFormat* - для результатів роботи, *Uniformat* - для будівельних елементів, *EPIC (Electronic Product Information Cooperation)* - для елементів оснащення.

2. *COBie (Construction-Operation Building information exchange)* - обмін інформацією про будівлю від будівництва до експлуатації. Система вперше з'явилася в США в 2007 році, в 2011 році увійшла в американський національний BIM-стандарт *NBIMS*. У Великій Британії *COBie* є складовою частиною стандарту *PAS 1192-4: 2014*, а її використання визначає третій рівень зрілості BIM. Завдання системи *COBie* - дозволити людям, далеким від моделювання, проектування та інформаційних технологій (тобто службі експлуатації) працювати з даними, отриманими в ході проектування і будівництва об'єкта. Система визначає порядок формування таблиць, в яких на різних фазах проекту накопичується різного роду інформація про об'єкт. В результаті кінцевому користувачеві (інженеру служби експлуатації) для пошуку потрібної інформації не доведеться шукати цю інформацію у робочій документації, він швидко знайде її в загальній таблиці.

На сьогоднішній день зрозуміло, що число класифікаторів будівельних елементів у світі зростає - зараз навіть обговорюється питання про створення міжнародного стандарту для національних класифікаторів, щоб вони краще взаємодіяли один з одним. Для України доцільним є долучитися до одного з поширеніших стандартів.

**Висновки.** Розвиток інформаційного моделювання будівель дозволив переосмислити деякі усталені принципи управління будівництвом. Так, на відміну від ринкового механізму як джерела ефективності, BIM продемонстрував нове

потужне джерело ефекту та механізм його перерозподілу між учасниками інвестиційно-будівельного процесу. Для активізації цього джерела необхідно нагромаджувати та відкривати внутрішню інформацію учасників проектів, організувати їхню командну роботу на основі багатосторонніх контрактів на спільне виконання проекту, здійснювати варіантне проектування, починаючи з якомога ранніх стадій, вимагати від проектувальників уникнення проектних помилок, здійснювати ціноутворення на основі ринкових відкритих нормативів, передбачати у проектах ефективну експлуатацію будівель.

Можна очікувати, що у недалекому майбутньому умови вільного конкурентного середовища і зближення з більш розвиненим ринком ЄС поступово приведуть в Україні до неминучого оновлення активів і створять сприятливі умови для масового впровадження BIM. Насамперед, інформаційні моделі будівель увійдуть в сегмент промислового, комерційного та житлового будівництва.

Але впровадження BIM в деякій мірі є проблемою для існуючої системи проектування і ціноутворення в будівництві. Очікуються наступні перешкоди впровадженню BIM: висока вартість програмного та апаратного забезпечення, перенавчання персоналу, трудомістке формування інформаційних баз даних тощо. Та через деякий час в будівельній галузі нашої країни постане питання готовності підрядних будівельних організацій до прийому проектно-кошторисної документації у новому форматі. Тому для активного застосування BIM-технологій в Україні необхідно змінювати психологію замовників і проектантів, привести систему вітчизняного законодавства у відповідність до кращих міжнародних практик.

**Напрями подальших досліджень.** Великі перспективи BIM, пов'язані з інформаційним моделюванням будівель у житлово-комунальній сфері. Тут через електронні паспорти об'єктів необхідно започаткувати збір і накопичення



інформації про експлуатаційні витрати по типу COBie.

Звичайно, впровадження BIM у житлово-комунальному господарстві потребуватиме великих вкладень: створення комп'ютерних робочих місць, підготовку персоналу і, найголовніше, розробку інформаційних моделей, для кожного типу житлового будинку конкретно. Але оскільки в минулі роки широкого поширення набуло типове житлове будівництво, для роботи з існуючим житловим фондом знадобиться обмежена кількість інформаційних моделей, порівняно з нетиповими проектами.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. History of Building Information Modelling. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<http://codebim.com/resources/history-of-building-information-modelling/>.

2. Eastman, C. (1975). The use of computers instead of drawings in building design, AIA Journal, March, Volume 63, Number 3, pp. 46-50.

3. Aish, R. (1986). Building Modelling: The Key to Integrated Construction CAD, CIB 5th International Symposium on the Use of Computers for Environmental Engineering Related to Buildings, 7-9 July.

4. Van Nederveen, G.A. & Tolman, F. (1992). Modelling Multiple Views on Buildings', Automation in Construction, December, Vol 1, Number 3, pp. 215-224.

5. C. Eastman, C.M. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks (2011). BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. John. Wiley & Sons. - 626 p.

6. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий.- М.: ДМК Пресс, 2011.- 392 с.

7. Пакидов О.И. Видение «практика прошлого столетия» на информационное моделирование строительства. - Москва – Набережные Челны: Acceleration, 2010-2014. – 36 с.

8. Building Information Modeling – технологии XXI века. [Електронний

ресурс]. – Режим доступу: <http://www.uscc.com.ua/ru/infocentr/stati-intervyu/building-information-modeling-tehnologii-xxi-veka.html>.

9. Постановление Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 31.01.2012 № 4 "Об утверждении отраслевой программы по разработке и внедрению информационных технологий комплексной автоматизации проектирования и поддержки жизненного цикла здания, сооружения на 2012-2015 годы". [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://pravo.newsby.org/belarus/postanov2/pst685.htm>

10. Haworth D. (1975). The principles of life-cycle costing. Industrial forum, 1975. - Vol. 6. - pp. 13 - 20.

11. Harvey G. (1976). Life-cycle costing: a review of the technique./ Management accounting, October. - pp. 343 - 347.

12. Flanagan R., Jewell C., Norman G. (2005). Whole life appraisal for construction. John Wiley and Sons. – 182 p.

13. BIM Guide For Facility Management (2011). GSA. - 82 p.

14. Николаева Т.В. Управление жизненным циклом зданий на единой информационной основе / Т.В. Николаева // Тезисы докладов IX Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Проблемы и перспективы развития экономических наук в XXI веке», г. Москва, 23 – 24 ноября 2012 г. - М.: Аналит. центр «Экономика и финансы», 2012. – С. 54 – 57.

15. Николаєв В.П. Нові засади ціноутворення в інвестиційно-будівельному процесі / В.П.Николаєв // Формування ринкових відносин в Україні: Зб.наук.праць / Наук. ред. І.Г. Манцуров. – К.: НДЕІ Мінекономрозвитку і торгівлі, 2010. - №. 4.– С. 71 -77.

16. Куйбіда В.С. Політика ціноутворення у будівництві: ресурсне нормування, чи управління вартістю / В.С.Куйбіда, В.П. Николаєв // Управління сучасним містом: Щомісячний науково-практичний журнал. - № 1 – 4/1 - 12 (33 – 36). – К.: НАДУ, 2009. - С. 58 – 67.

## АННОТАЦИЯ

В контексте развития информационного моделирования зданий (*Building Information Modeling - BIM*) и концепции стоимости жизненного цикла рассматриваются императивные изменения экономических взаимоотношений участников инвестиционно-строительного процесса: появление нового источника эффекта и механизма его перераспределения, накопление и открытие внутренней информации участниками строительства, командная работа на основе многосторонних контрактов на совместное выполнение проекта, вариантное проектирование на ранней стадии, избежание проектных ошибок, автоматическое формирование смет, ориентация на эффективную эксплуатацию существующих зданий. Предлагается по возможности опережающее внедрение элементов новых отношений по сравнению с информационной составляющей BIM.

Ключевые слова: BIM, информация, объект, здание, проектирование, управление.

## ANNOTATION

In the context of *Building Information Modeling (BIM)* and *Life Cycle Costing* concept the imperative changes in economic relations between participants of investment and construction process are considered: the emergence of a new source of effect and mechanism of its redistribution, accumulation and opening inside information of construction process participants, teamwork-based multilateral contracts for the integrated project delivery, variant design at an early stage, avoiding design errors, automatic estimating, orientation on efficient operation of existing buildings. The as possible ahead, introduction of elements of new relations compared with the information component of BIM is proposed.

Keywords: BIM, information, object, building, design, management.

## УДК 69.003.13: 65.011

**П.П. Закорко, к.е.н., проф.,  
О.Ю. Беленкова, к.е.н., доц.,  
Гао Шоацин, КНУБА, м. Київ**

## КЛАСИФІКАЦІЯ ПРОЕКТІВ РЕКОНСТРУКЦІЇ «СЕЛИЩА В\* МІСТІ» ЗА ЇХ ЕФЕКТИВНІСТЮ ДЛЯ НАСЕЛЕННЯ

Запропоновано теоретико-методичний підхід по удосконаленню управління реконструкцією сільського житлового фонду у межах міст КНР. Проведено класифікацію проектів реконструкції поселень в містах КНР методом аналізу ієрархій за рівнем їх ефективності для населення. Розроблено методичний підхід до комплексної оцінки ефективності та вибору варіантів проектів реконструкції за їх ефективністю для головних учасників інвестиційно-будівельного процесу.

Проаналізовано існуючі теоретичні та методичні підходи до оцінки ефективності реконструкції житлового фонду міст.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** метод аналізу ієрархій, реконструкція, ефективність реконструкції, учасники інвестиційно-будівельного процесу, КНР.

**Постановка проблеми.** У містах Китаю, Україні та багатьох країнах Європи, обсяги реконструкції житла постійно зростають і набувають нову соціально-економічну значимість.

Місто Вейхай є відносно молодим. Воно було створене у 1987 році на місці сільського поселення, після чого процес його розвитку безперервно прискорювався. Так, до 2014 року площа в центральній частині міста з 14 км<sup>2</sup> збільшилася до 146 км<sup>2</sup>, рівень урбанізації підвищився з 9,2% до 58,7%, а кількість постійного населення зросла з 70 тис. чол. до 820 тис.

Одночасно зі швидким розвитком міста, також збільшувалася кількість селищ, які опинилися за міською межею внаслідок його швидкого зростання. До кінця 2006 року кількість таких селищ склала 67, що включали в себе 27136 дворів, загальною кількістю проживаючих 82,3 тис. чол. Це становило близько п'ятої частини від