



УДК 330.131.5

Трач Р. В., к.е.н. (Варшавський університет природничих наук,
Польща, Варшава)

МЕТОДИ ОЦІНКИ ЕФЕКТУ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ (BIM) В БУДІВНИЦТВІ

В статті досліджено сучасні методи оцінки економічного ефекту від впровадження інформаційного моделювання (BIM) в будівництві, зокрема метод розрахунку показника окупності інвестицій ROI, який є найбільш часто уживаним. Зауважено, що для створення реально працюючої моделі оцінки необхідно врахувати всі фактори, що мають значення і вплив на об'єкт аналізу.

Ключові слова: інформаційне моделювання, BIM, оцінка ефекту, ROI, будівельний проект.

Постановка проблеми. Цінність застосування інформаційного моделювання в будівництві (англ. BIM – Building Information Model) – це не лише поодинокі вигоди, отримані під час реалізації конкретного проекту. Знання і досвід, накопичені в рамках одного проекту, реалізованого за допомогою BIM, будуть корисні і можуть використовуватися повторно у всіх майбутніх проектах. Вторинна цінність акумулюється на всіх етапах реалізації будівельного проекту, включаючи проектування, будівництво, експлуатацію та технічне обслуговування об'єкта.

Вирішення завдання оцінки комерційної цінності та економічного ефекту від впровадження інформаційного моделювання привертає увагу щоразу більшої кількості теоретиків і практиків у галузі будівництва. Проте, потрібно констатувати той факт, що збільшення уваги не сприяло швидкому вирішенню завдання оцінки економічного ефекту і якісного аналізу витрат і доходів, пов'язаних з впровадженням інновацій в будівництві. При впровадженні нових технологій першочергове значення має впевненість в тому, що буде досягнутий очікуваний результат від інноваційної діяльності. У зв'язку з цим на перший план виходить проблема доступності інформації про витрати і доходи від впровадження інновації. Прогнозований позитивний фінансовий результат інноваційної діяльності є сильним стимулом для прийняття рішення щодо впровадження нової технології.

Метою статті є аналіз сучасних методів оцінки економічного ефекту від впровадження інформаційного моделювання (BIM) в буді-

вництві.

Виклад основного матеріалу. Для оцінки ефекту від впровадження інформаційного моделювання було проведено ряд тематичних досліджень. Переважна більшість досліджень пов'язана з розрахунком показника окупності інвестицій (англ. ROI – Return On Investment). Розрахунок показника ROI, пов'язаний з впровадженням технології BIM, дає можливість зрозуміти, куди витрачаються гроші, а також спрогнозувати очікувані результати. Даний показник є одним з найбільш важливих при прийнятті інвестиційних рішень. Він показує ефективність інвестицій і розраховується як відношення прибутку до вартості інвестиції.

Аналіз ROI є одним з багатьох методів, які використовуються для оцінки ефективності інвестицій. У цілому ряді досліджень ефекту від впровадження BIM повідомляється про надзвичайно високий рівень ROI (іноді на рівні 39 900%) [1; 2; 3]. Однак достовірність більшості результатів можна поставити під питання, оскільки часто вказуються лише значення ROI, без надання докладної інформації про методи збору та обробки даних.

У деяких дослідженнях було зроблено спробу розрахунку BIM ROI шляхом проведення статистичного аналізу кількох проектів [4] або порівняння декількох наборів аналогічних проектів [5]. Більшість наукових досліджень було реалізовано в формі одного тематичного дослідження [6; 7], в якому основна увага приділялася пошуку та аналізу кращого прикладу використання BIM. Головним чином це пов'язано з необхідністю збору і аналізу додаткової інформації, необхідної для аналізу ROI, що природно створює додаткове навантаження на учасників проекту. Інша причина полягає в тому, що BIM найбільш ефективний в усуненні помилок за рахунок ранньої участі та координації [8], тому стає досить складно врахувати помилки, яких не було, в фактичні значення.

У ряді досліджень було запропоновано формалізований метод формування переваг різних інформаційних технологій [9]. R. Sacks і R. Вагак [10] виміряли підвищення продуктивності, порівнявши продуктивність в проектах, які використовували модель BIM, і тих, які використовували 2D-дизайн. P. Love зі співавторами [11] запропонував модель оцінки, в якій враховуються прямі і непрямі витрати, а також нематеріальні вигоди. Автори отримали два цікаві висновки зі свого дослідження, заснованого на аналізі 260 будівельних проектів:

1) витрати на переробку становлять 11,07% від початкової ціни контракту;

2) помилки та нестиківки в контрактній документації були двома з найчастіше повторюваних причин внесення змін.



McGraw-Hill Construction також досліджували питання оцінки ефективності від впровадження BIM шляхом аналізу показника ROI. В ході дослідження було виявлено, що не всі підприємства-респонденти розраховують даний показник: лише 21% опитаних повідомили, що на підприємстві проведена оцінка впливу BIM на ROI, інші вимірюють і оцінюють інші фактори (впливають на ROI) – зниження трудовитрат, скорочення тривалості виконання робіт. Виявлено, що значення ROI залежить від досвіду роботи з застосуванням технологій інформаційного моделювання. Так, в зв'язку з тим, що перехід на нову технологію завжди (це стосується не тільки BIM, а й будь-яких технічних чи управлінських інновацій) викликає тимчасове зниження ефективності (опір змінам, падіння продуктивності, необхідність отримати досвід роботи з новою технологією для відновлення темпів роботи і т.д.), відповідна динаміка буде характерна і для показника ROI. Згодом, продуктивність і ефективність піднімається до вихідного рівня і навіть перевищує його.

Основні результати дослідження, проведеного McGraw Hill, показують:

1. Зміна показника ROI:

- 87% від досвідчених користувачів BIM, які взяли участь в дослідженні, спостерігають позитивну динаміку показника ROI;
- 93% користувачів вважають, що є потенціал, щоб отримати більше користі від нього в майбутньому;
- 12% респондентів повідомили про зниження ROI.

При цьому кореляція між досвідом використання BIM і рівнем економічної ефективності організації, що має більший досвід застосування BIM, вказує на більш високу прибутковість.

2. Зниження тривалості проекту і, відповідно, витрат. Більше половини респондентів (55%) відзначили, що BIM сприяє зниженню витрат до 50%.

3. 58% опитаних повідомили про скорочення тривалості проекту на 50%.

4. 48% респондентів відзначають зменшення тривалості етапу проектування, 31% – вважає, що цей період став займати більше часу.

5. Більшість опитаних відзначають значне підвищення якості проектної документації.

Загалом ефекти від запровадження інформаційного моделювання в будівництві знайшли своє відображення у звіті Stanford University Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), які ґрунтуються на дослідженнях 32 великих проектів з участю BIM [12]:

- зниження позабюджетних змін на 40%;
- точність розрахунку вартості проекту в межах 3% (без BIM – до 10%);
- зниження часу виготовлення кошторисів до 80%;
- економія 10% від вартості контракту через ліквідацію просторових колізій;
- зниження часу реалізації інвестиційно-будівельного проекту до 7%.

На даний час, існує кілька методів, які можна використовувати для аналізу ефективності інвестицій в технології BIM. Проаналізуємо найбільш відомі публікації та методи.

К. Barlish та К. Sullivan [13] розробили методологію аналізу переваг BIM, враховуючи показник RFI (англ. Request For Information), кількість заявок на внесення змін у проект), відповідно до інвестиційних критеріїв оцінки витрат на проектування і будівництво. Тематичне дослідження проводилося з метою представити достовірне порівняння показників 2D- і 3D-проектів. В цілому було проаналізовано по чотири двовірних проекти і чотири тривимірних пілотних проекти в аналогічних функціональних областях (проекти були поділені на два тематичні блоки). Дані порівнювалися як сумарні двовірні і сумарні тривимірні проекти. Кількісні результати були розраховані для показників: кількість заявок на внесення змін в проект (RFI), кількість змін, внесених в проект, зміна графіка реалізації проекту. Було представлено значення для 2D- і 3D-проектів і пораховано абсолютне і/або відносне співвідношення.

Переваги використання концепції інформаційного моделювання ілюструє діаграма на рис. 1, демонструючи порівняння витрат, які виникають при внесенні змін у проекти, від традиційного CAD до повної версії BIM. При проведенні аналізу ключовим фактором був показник кількості заявок на внесення змін до проекту. На практиці потреба у внесенні змін в будівельні проекти виникає досить часто і неодноразово. Компанією J.C. Cannistraro був проведений аналіз 408 будівельних проектів, реалізованих у період з 2003 по 2009 роки, загальною вартістю понад 558,85 млн дол. США [14]. Результати показали, що за рахунок тісної співпраці всіх учасників проекту та застосування інформаційного моделювання відбувається суттєве зниження витрат. При використанні 2D-проектів, витрати на внесення змін складали 18,42% від вартості базових контрактів. У проектах, де був використаний базовий BIM (без тісної співпраці учасників), витрати на внесення змін знизилися до 11,17%. При реалізації інтегрованих проектів (BIM+IPD), економія ще більш відчутна – витрати знизилися до 2,68%.



Таблиця 1

Порівняльний аналіз ефективності 2D- і 3D-проектів

Показники	Блок 1			Блок 2		
	2D	3D	Співвідношення (2D/ 3D)	2D	3D	Співвідношення (2D/ 3D)
Кількість заявок на внесення змін в проєкт (RFI), шт.	6	3	3	2	3	-1
Кількість змін, внесених в проєкт, %	12	7	42	23	7	70
Зміна графіка реалізації проєкту, %	15	5	67	15	7	53

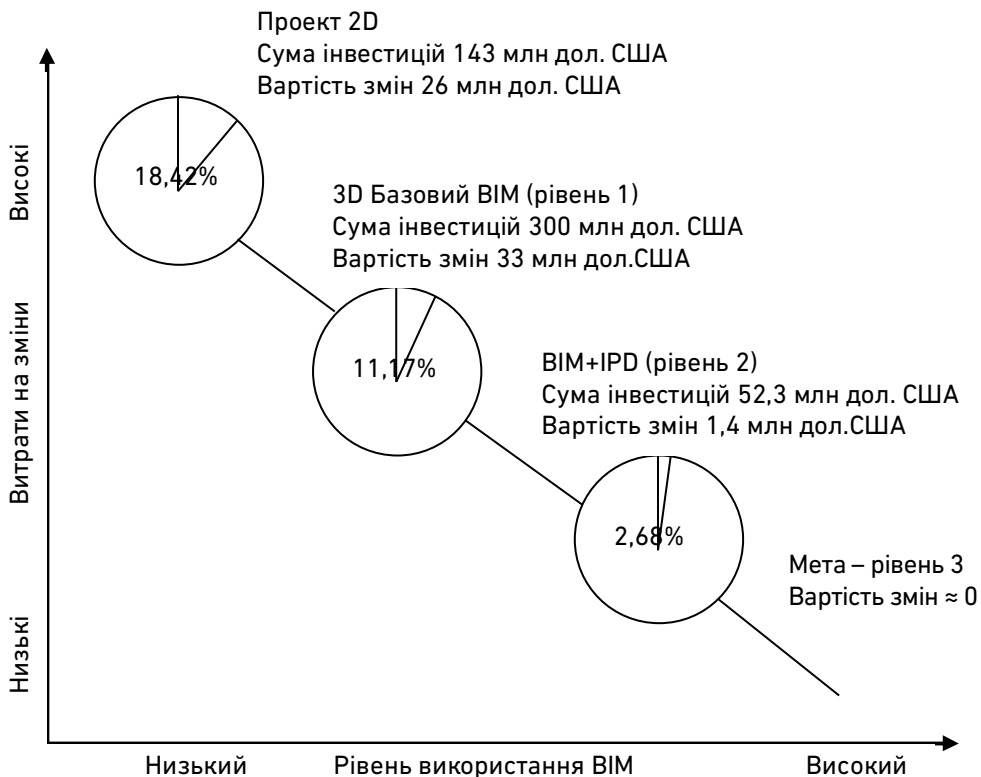


Рис. 1. Залежність між вартістю змін та рівнем застосування BIM

Компанія Autodesk розробила свою модель розрахунку, рентабельності інвестицій в BIM. При аналізі враховуються такі чинники, як вартість робочої сили, зростання продуктивності після навчання, тривалість навчання, вартість обладнання та програмного забезпе-

чення, зниження продуктивності під час навчання [15].

Даний метод розрахунку ROI, оцінює не тільки вартість системи, але і зміни продуктивності [16]. Різке зниження продуктивності помітно на початковому етапі використання нової системи (етап навчання та адаптації). Після навчання і часу, необхідного для освоєння програм, крива продуктивності зростає (рис. 2).

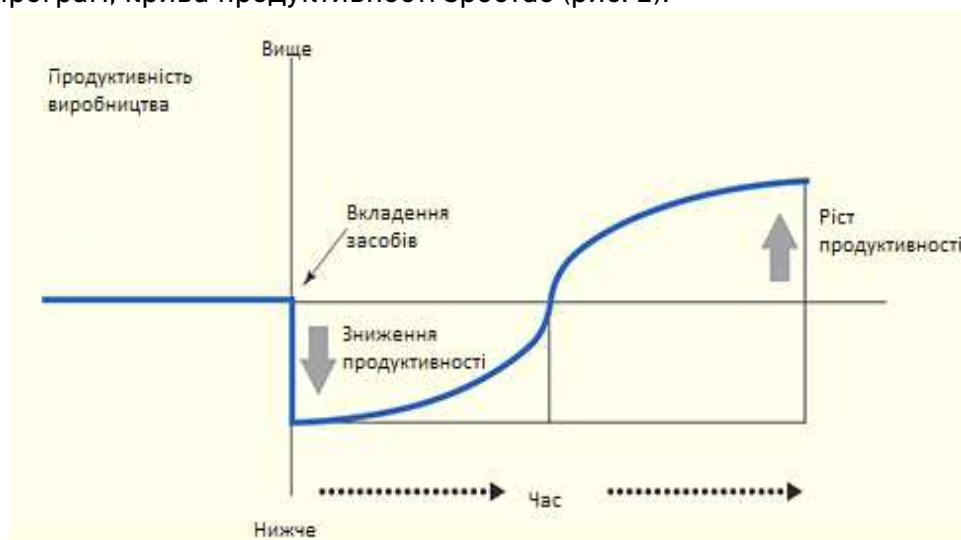


Рис. 2. Зміна продуктивності праці при впровадженні нового програмного забезпечення

Відповідно до методи Autodesk, ROI першого року розрахований за формулою (1)

$$ROI = \frac{\left(B - \frac{B}{I + E} \right) (I2 - C)}{A + BCD}, \quad (1)$$

де B – вартість робочої сили, місяців;

E – ріст продуктивності після навчання, %;

C – тривалість навчання, місяців;

A – вартість обладнання та програмного забезпечення;

D – зниження продуктивності під час навчання, %.

Знаменник являє собою вартість інвестиції, яка складається з вартості обладнання і програмного забезпечення, а також вартості зниження продуктивності робочої сили. У чисельнику пораховані доходи від збільшення продуктивності, після того як співробітники пройдуть період адаптації у використанні нового програмного забезпечення. Autodesk також проводить аналіз чутливості для вимірювання впливу кожної змінної на ROI (табл. 2).



Таблиця 2

Аналіз чутливості моделі до змін показників

Змінна	Діапазон			Вплив на ROI
	Середнє значення			
Вартість обладнання та програмного забезпечення, дол. США	4 000	6 000	8 000	72-50%
Місячна вартість робочої сили, дол. США	8 400	4 200	2 100	81-50%
Тривалість навчання, місяців	1	3	6	83-40%
Зниження продуктивності	25%	50%	100%	115-25%
Ріст продуктивності	50%	25%	0%	102-0%

Результати аналізу чутливості показують, що зниження та подальше підвищення продуктивності мають найбільший вплив на рентабельність інвестицій. Вартість програмного забезпечення має найменший вплив на рівень рентабельності інвестиції.

На основі вищевикладеного можна зробити **висновок**, що жоден із проаналізованих методів не є настільки комплексним, щоб забезпечити повну і достовірну оцінку ефекту від запровадження інформаційного моделювання в будівництві. Проте кожен з методів вартий уваги та використання.

Таким чином, при розрахунку ROI, пов'язаного з BIM, на перший план виходять три чинники: витрати, доходи і прибутковість (рентабельність), отримані в ході реалізації проекту. Витрати включають програмне забезпечення, апаратне забезпечення, його обслуговування, укомплектування персоналом та навчання; вигоди включають економію, отриману в результаті скорочення витрат на реалізацію проекту, скорочення загальної тривалості проекту і поліпшення планування, пов'язаного з BIM-процесом.

Одна з проблем, пов'язаних з розрахунком ефективності інвестицій в BIM, – відсутність накопиченої бази даних про будівельні проекти, реалізовані з використанням сучасних інформаційних технологій. Причинами цього є відносно недавній початок використання BIM-технологій та незацікавленість учасників будівельного процесу в побудові системи обліку й контролю витрат і доходів. Так само складність представляє відсутність єдиної методи оцінки ефективності від впровадження BIM: що можна вважати вигодами і як оцінити ці вигоди економічно. Для створення реально працюючої моделі оцінки ефективності впровадження BIM потрібно враховувати всі фактори, що мають значення і вплив на об'єкт аналізу. Крім того, необхідно розглядати весь процес реалізації будівельної інвестиції: від пе-

редпроектного етапу до етапу експлуатації та ліквідації об'єкта.

- 1.** S. Azhar, M. Hein, B. Sketo. Building Information Modeling (BIM): Benefits, Risks and Challenges, in: T. Sulbaran (Ed.), *International Proceedings of the 44th Annual Conference*, Auburn, Alabama, 2008.
- 2.** B. Gilligan, J. Kunz, VDC Use in 2007: Significant Value, Dramatic Growth and Apparent Business Opportunity, CIFE Technical Report, Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), Stanford University, Stanford, CA, 2007.
- 3.** B. Becerik-Gerber, S. Rice. The perceived value of building information modeling in the U.S. building industry, *ITcon 15* (2010) 185–201.
- 4.** Azhar S. 2011. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11, 241–252.
- 5.** B. K. Giel, R.R.A. Issa. Return on investment analysis of using building information modeling in construction, *J. Comput. Civ. Eng.* 27 (5) (2013) 511–521.
- 6.** N. W. Young Jr., S. A. Jones, H. M. Bernstein. Building Information Modeling (BIM) – Transforming Design and Construction to Achieve Greater Industry Productivity, Smart Market Report, McGraw Hill Construction, Bedford, MA, 2008, 48.
- 7.** S. Sen. The Impact of BIM/VDC on ROI – Developing a Financial Model for Saving and ROI Calculation of Construction Projects, Real Estate and Construction Management, Royal Institute of Technology, 2012.
- 8.** N. W. Young Jr., S. A. Jones, H. M. Bernstein, J. E. Gudgel. The Business Value of BIM SmartMarket Report, McGraw Hill Construction, Bedford, MA, 2009, 52.
- 9.** R. Sacks, R. Barak. Quantitative Assessment of the Impact of 3D Modelling of Building Structures on Engineering Productivity, Joint International Conference on Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering, Montreal, Canada 2006, pp. 1186–1195.
- 10.** R. Sacks, R. Barak, Impact of three-dimensional parametric modeling of buildings on productivity in structural engineering practice, *Automation in Construction* 17 (2008), 439–449.
- 11.** P. Love, I. Simpson, A. Hill, C. Standing. From Justification To Evaluation: Building Information Modeling For Asset Owners, *Automation in Construction* 35 (2013), 208–216.
- 12.** Stanford University Center for Integrated Facility Engineering. URL: <https://web.stanford.edu/class/cee320/CEE320A/Fischer280912.pdf>
- 13.** K. Barlish, K. Sullivan. How To Measure The Benefits Of BIM — A Case Study Approach, *Automation in Construction* 24 (0) (2012), 149–159.
- 14.** The Business Value of BIM in North America Multi-Year Trend Analysis and User Ratings (2007–2012). URL: <http://bimforum.org/wp-content/uploads/2012/12/MHC-Business-Value-of-BIM-in-North-America-2007-2012-SMR.pdf>
- 15.** Autodesk, BIM's return on investment, in: Autodesk (Ed.), *Revit Building Information Modelling*, Autodesk, 2007, P. 5.
- 16.** Azhar S., Khalfan M., Maqsood T. Building Information Modelling (BIM): now and beyond. *Constr. Econ. Build.* 2015. 12. P. 15–28.

Рецензент: д.е.н., професор Савіна Н. Б. (НУВГП)



Trach R. V., Candidate of Economics (Ph.D.) (Warsaw University of Life Sciences, Warsaw, Poland)

ESTIMATION METHODS OF THE EFFECT OF BUILDING INFORMATION MODEL (BIM) INTRODUCTION

The research analyzes the modern methods of estimating the economic effect of the introduction of Building Information Model (BIM). The most commonly used method of calculating the return on investment ROI. To create a real-life evaluation model, it is necessary to take into account all the factors that have significance and influence on the analysis object.

Keywords: building information model, BIM, effect estimation, ROI, construction project.

Трач Р. В., к.э.н. (Варшавский университет естественных наук, Польша, Варшава)

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТА ОТ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ (BIM) В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В статье исследованы современные методы оценки экономического эффекта от внедрения информационного моделирования (BIM) в строительстве, в частности метод расчета показателя окупаемости инвестиций ROI, который является наиболее часто употребляемым. Подчеркнуто, что для создания реально работающей модели оценки необходимо учитывать все факторы, имеющие значение и влияние на объект анализа.

Ключевые слова: информационное моделирование, BIM, оценка эффекта, ROI, строительный проект.
