

Технологии информационного моделирования зданий (ТИМ) привлекают большое внимание исследователей, особенно в последние пятнадцать лет. Перспективы и выгоды, которые ТИМ обещают для всех участников проектирования, строительства и эксплуатации зданий, вызывают надежды и энтузиазм. Тем не менее внедрение ТИМ в глобальном масштабе развивается медленно и неравномерно. Библиометрический анализ показывает, что исследования в области ТИМ сосредоточены в нескольких центрах и выполняются узкой группой специалистов. В результате образуются исследовательские направления, в которых публикации малочисленны или совсем отсутствуют («слепые зоны»). Одной из таких зон является экономика внедрения ТИМ. Рассматривая переход к использованию ТИМ как инвестиционный проект, авторы статьи формулируют необходимые условия для того, чтобы внедрение ТИМ стало инвестиционно привлекательным. Показано, что для широкого перехода к цифровым технологиям в архитектурно-строительной сфере необходимо участие государственных структур.

Ключевые слова: архитектура; строительство; ТИМ; инвестиции; Иордания. /

Building Information Modeling (BIM) technologies have attracted much research attention, especially in the last fifteen years. The prospects and benefits that BIM promises for all participants in the design, construction and operation of buildings are hopeful and enthusiastic. Nevertheless, the global adoption of BIM has been slow and uneven. A bibliometric analysis shows that BIM research is concentrated in a few centers and performed by a narrow group of specialists. As a result, there are research areas with few or no publications (“blind spots”). One such area is the economics of BIM implementation. Considering the transition to the use of BIM as an investment project, the authors of the article formulate the necessary conditions for BIM implementation to become investment attractive. It is shown that the participation of governmental structures is necessary for a wide transition to digital technologies in the architectural and construction sphere.

Keywords: architecture; construction; BIM; investment; Jordan.

Влияние средств ТИМ на профессию архитектора в Иордании / The impact of BIM authoring tools on the architectural profession in Jordan

текст

Маис Радхи Аль-Руавишеди

Прикладной университет Аль-Балка (Ас-Сальт, Иордания)

Раед Какиш

Канадский университет Дубая (Дубай, ОАЭ)

Эсам Аззам

Офис Omniplan (Амман, Иордания)

Дема Храйсат

Прикладной университет Аль-Балка (Ас-Сальт, Иордания)

Омар Мустафа Ахмад

Аль-Омари

Прикладной университет Аль-Балка (Солт, Иордания) /

text

Maïs Radhi Al-Ruawishedi

Al-Balqa Applied University (AL-Salt, Jordan)

Raed Qaqish

Canadian University Dubai (Dubai, UAE)

Esam Azzam

Omniplan office (Amman, Jordan)

Dema Khraisat

Al-Balqa Applied University (AL-Salt, Jordan)

Omar Moustafa Ahmad

AlOmari

Al-Balqa Applied University (Salt, Jordan)

Введение

Цифровые инструменты проектирования, известные под общим названием BIM (Building Information Model) или в русскоязычном варианте ТИМ (технологии информационного моделирования), остаются одним из самых популярных трендов архитектурно-строительной области на протяжении более чем пятнадцати лет. Специальные журналы публикуют сотни статей, посвященных разработке и использованию ТИМ, причем большинство статей носит однозначно оптимистичный характер. Энтузиазм по отношению к новым возможностям, которые ТИМ несут архитекторам, строителям и всем участникам проектно-строительного процесса, непрерывно нарастает. Некоторые публикации настолько ярко окрашены эмоциями, что больше напоминают рекламные тексты, чем академические исследовательские работы. Тем не менее внедрение ТИМ в глобальном масштабе протекает довольно медленно и крайне неравномерно.

1. Публикации на тему ТИМ – библиометрический анализ

Некоторые необычные и дажестораживающие признаки можно обнаружить в современных библиометрических исследованиях. Так, анализ, проведенный в 2023 году группой из Федерального политехнического института Нигерии, показал резкое падение количества публикаций по теме ТИМ. Если в максимуме (2021 год) число статей превышало 1000 в год, то уже в 2022 году оно упало в два раза [1].

Надо заметить, что поток исследований в области ТИМ отличается некоторыми странностями. Значительное число публикаций по теме принадлежат крайне узкому кругу авторов. Такие авторы, как Cheng Jack C. P., Wang Xiangyu, Li Heng, Lu Weisheng, Luo Hanbin, Hosseini M. Reza, Yan Wei, Love Peter E. D. публикуют от 15 до 45 статей в год, причем их работы получают сотни и тысячи цитирований. С большим отрывом первенство по числу публикаций держат исследователи из Китая (около 750 статей за период 2017–2022 годы), США (680 статей). На третьем месте находится Великобритания (360 публикаций), Италия, Австралия и Германия (около 300 публикаций). Еще в 12 странах Европы, Австралии, Ближнего Востока

и Юго-Восточной Азии за тот же срок вышло от 20 до 100 исследований. В большинстве стран Латинской Америки, Африки, Восточной Европы, по-видимому, исследования по теме ТИМ не ведутся [2].

Индексы цитирования также показывают сильную тенденцию к концентрации между ограниченным кругом авторов. Можно сказать, что плотная группа исследователей (около 25 человек) не только публикует основную долю статей, но и обеспечивает друг друга взаимным цитированием [3].

Столь же неравномерное распределение публикаций имеет место по специальным журналам. Больше трети всех статей по теме, вышедших с 2020 по 2022 год, были опубликованы в журнале Automation in Construction. Журнал принадлежит крупному издательскому дому Elsevier (штаб-квартира находится в Нидерландах). Следующие за ним журналы, такие как Journal of Construction Engineering and Management, Sustainability, Advanced Engineering Informatics, Journal of Computing in Civil Engineering, Applied Sciences-Basel, Journal of Management in Engineering, отстают от лидера в 7–15 раз [4].

Анализ тематики публикаций показывает, что они образуют восемь устойчивых смысловых кластеров:

1. Процессы цифрового проектирования (Digital Design Process);
2. Оптимизация проектирования, перформативные исследования и устойчивое развитие (Design Optimization & Performative Studies & Sustainability);
3. Охрана и консервация архитектурных памятников (Architectural Heritage & Conservation);
4. Автоматизация строительства (Automation);
5. Информационные технологии – большие данные, интернет вещей, блокчейн, цифровые двойники и т. д. (Information Technology);
6. Взаимодействие и сотрудничество всех участников архитектурно-строительного процесса (Interoperability & Collaboration);
7. Управление проектными и строительными процессами (Management);
8. Интеграция ТИМ в архитектурное образование – специальные курсы, использование виртуальной и смещенной реальности и так далее (Education & Integration).

Обнаруженные восемь направлений, очевидно, оставляют значительные пробелы в сплошном поле необходи-

Introduction

Digital design tools, commonly known as BIM (Building Information Model), have been one of the most popular trends in the architectural and construction field for more than fifteen years. Specialty magazines publish hundreds of articles devoted to the development and use of BIM, with most articles being unambiguously optimistic. Enthusiasm for the new opportunities that BIMs bring to architects, builders, and everyone involved in the design and construction process has been growing steadily. Some publications are so vividly colored with emotion that they resemble advertising texts rather than academic research papers. Nevertheless, the global adoption of BIM has been rather slow and extremely uneven.

1. Publications on BIM – bibliometric analysis

Some unusual and even alarming signs can be found in current bibliometric studies. For instance, an analysis conducted in 2023 by a team from the Federal Polytechnic of Nigeria showed a sharp drop in the number of publications on the topic of BIM. Whereas at the peak (2021), the number of articles exceeded 1,000 per year, it has already dropped by half in 2022 (Bolade-Oladero, 2023).

It should be noted that the flow of research in the field of BIM is characterized by some oddities. A significant number of publications

on the topic belong to an extremely narrow range of authors. Authors such as Cheng Jack C. P., Wang Xiangyu, Li Heng, Lu Weisheng, Luo Hanbin, Hosseini M. Reza, Yan Wei, and Love Peter E. D. publish between 15 and 45 articles per year, with their work receiving hundreds or thousands of citations. Researchers from China (about 750 articles over the period 2017-2022), the United States (680 articles) hold the lead in the number of publications by a large margin. In third place is the UK (360 publications), Italy, Australia and Germany (about 300 publications). Another 12 countries in Europe, Australia, the Middle East and Southeast Asia have published between 20 and 100 studies in the same time frame. Most countries in Latin America, Africa, Eastern Europe seem to have no research on the topic of BIM (Akbiyik & Selçuk, 2023).

Citation indices also show a strong tendency for concentration between a limited number of authors. It can be said that a dense group of researchers (about 25) not only publishes the bulk of articles, but also provides each other with mutual citations (Khudhair et al., 2021).

A similarly uneven distribution of publications occurs across specialty journals. More than one-third of all articles on the topic that came out between 2020 and 2022 were published in the journal *Automation in Construction*. The journal is owned by the large

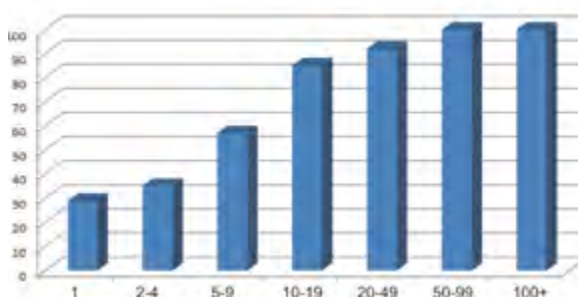
мых исследований. Между кластерами остаются значительные смысловые области, в которых исследования не проводятся. Например, почти полностью отсутствует направление, связанное с экономическими аспектами использования ТИМ, особенно на этапе архитектурного проектирования; практически нет исследований, посвященных эстетической составляющей «цифровой архитектуры» и так далее. Наличие «слепых зон» в тематике исследований ТИМ было убедительно показано еще пять лет назад [5]. Но новейшие исследования на материале лидера направления, Китая, доказывают, что проблема не решена, разрыв между практическим запросом на комплексные исследования и академическим стремление к узкой специализации только нарастает [6].

2. Почему лидируют лидеры?

Неравномерная ситуация в использовании ТИМ имеет место также между архитектурными студиями в зависимости от их размера. Как показывает доклад Американского архитектурного института, все наиболее крупные архитектурные студии используют ТИМ, но процент таковых снижается по мере уменьшения числа сотрудников студий, так что в самых небольших студиях (1–3 работника) ТИМ использует только одна из трех [7].

Признанным лидером в использовании ТИМ является Великобритания. Надо заметить, что архитектурное сообщество Великобритании централизовано в высокой степени. Значительная часть британских архитекторов сосредоточена в нескольких крупнейших студиях и институтах. Так, институт «Норман Фостер и партнеры» объединяет около двух тысяч архитекторов, студия «Заха Хадид архитектор» – около тысячи и так далее. Крупные институты, в основном представляющие лицо современной британской архитектуры, активно используют ТИМ в своей работе.

Вторым важнейшим параметром, влияющим на использование ТИМ в архитектурно-строительной сфере, является нормативное регулирование со стороны государства. В июле 2011 года стартовала правительственная/отраслевая программа ТИМ, направленная на внедрение технологии ТИМ как в государственных, так и в промыш-



< Рис. 1. Доля студий, использующих ТИМ, в зависимости от числа работников (по данным Американского архитектурного института) / Figure 1. Percentage of studios using BIM as a function of number of employees (based on data from the American Institute of Architects)

ленных проектах и разработанная по заказу правительства в Кембриджском университете [8].

Первые документы, рекомендующие использование ТИМ в строительстве на правительственном уровне, были приняты еще в 2012 году. В 2016 году был принят Правительственный мандат, согласно которому строительные проекты в государственном секторе должны осуществляться с использованием ТИМ [9].

В 2018 году был принят стандарт BS EN ISO 19650-1: 2018, регулирующий использование ТИМ второго уровня, то есть 3D-моделирование с включением технологических сетей и с возможностью добавления модели графика строительства (4D-модель) и сметных расчетов (5D-модель) [10]. Итак, уже несколько лет назад использование ТИМ стало обязательным для всех британских архитекторов, работающих в крупномасштабном проектировании с государственным участием.

Аналогичные процессы проходили в Китае. ТИМ как ключевая тема развития строительной сферы была включена в Двенадцатый пятилетний план. Таким образом, использование ТИМ в Китае получило правительственную поддержку, начиная с 2011 года. В 2014 году Министерство жилищного и сельско-городского развития (Ministry of Housing and Urban-Rural Development, MOHURD) опубликовало Руководство по применению ТИМ (Guidance on Building Information Model Application), согласно которому использование ТИМ в проектировании и строительстве зданий высокого уровня (класс А) является обязательным [11].

publishing house Elsevier (headquartered in the Netherlands). The journals following it, such as Journal of Construction Engineering and Management, Sustainability, Advanced Engineering Informatics, Journal of Computing in Civil Engineering, Applied Sciences-Basel, Journal of Management in Engineering, lag behind the leader by 7 to 15 times (Babalola et al., 2023).

Analysis of the topics of the publications shows that they form eight stable semantic clusters: 1. Digital Design Process; 2. Design Optimization & Performative Studies & Sustainability; 3. Architectural Heritage & Conservation; 4. Building Automation; 5. Information Technology: Big Data, Internet of Things, Blockchain, Digital Twins, etc.; 6. Interoperability & Collaboration; 7. Management; 8. Education & Integration: integration of BIM into architectural education – special courses, use of virtual and combined reality and so on.

The eight directions discovered obviously leave significant gaps in the solid field of necessary research. Between the clusters there remain significant semantic areas in which research is not conducted – for example, there is an almost complete absence of the direction related to the economic aspects of using BIM, especially at the stage of architectural design, there is almost no research devoted to the aesthetic component of “digital architecture” and so on. The presence

of “blind spots” in the subject of research on BIM was convincingly demonstrated five years ago (Hosseini, Martek & Chileshe, 2018). But the latest research on the material of the leader of the trend, China, proves that the problem is not solved, the gap between the practical demand for comprehensive research and the academic desire for narrow specialization is only growing (Zhikun Ding, Kairui Zheng & Yi Tan, 2021).

2. Why are the leaders leading the way?

An uneven situation in the use of BIM also occurs between architecture studios depending on their size. As the American Institute of Architects Report shows, all of the largest architecture studios use BIM, but the percentage decreases as the number of studio employees decreases, so that in the smallest studios (1-3 employees) only one out of three uses BIM (Baker et al., 2020). The recognized leader in the use of BIM is the UK. It should be noted that the UK architectural community is centralized to a high degree. A significant part of British architects are concentrated in a few major studios and institutes – for example, the Norman Foster and Partners Institute unites about two thousand architects, the Zaha Hadid Architects studio – about a thousand, and so on. Large institutions, mainly representing the face of modern British architecture, are actively using BIM in their work.

Сравнительный анализ интенсивности использования ТИМ в архитектурно-строительной сфере по странам показывает, что для успешного развития этой сферы требуется два обязательных условия:

1. наличие крупных архитектурных студий или институтов;
2. государственная поддержка в виде обязательного требования использовать ТИМ в проектировании объектов с правительственным финансированием.

Эти два условия сохраняют свою обязательность как в Европе (BIM Adoption in Europe, 2020), так и в тех странах Азии, где технологический уровень достаточно развит [13].

3. ТИМ как инвестиция

Одна из областей, в которых практически отсутствуют исследовательские работы, – это экономические аспекты процесса перехода от традиционных технологий архитектурно-строительного проектирования к ТИМ. Публикаций на эту тему мало, и они в основном носят чрезмерно общий, расплывчатый характер.

Рассмотрим ситуацию, когда архитектурная студия принимает решение о переходе к использованию ТИМ. Очевидно, такой переход является инвестицией, то есть вложением ресурсов (денег, времени и эмоций) в настоящее для того, чтобы вернуть их с прибылью в будущем. Инвестиционное решение принимается под влиянием

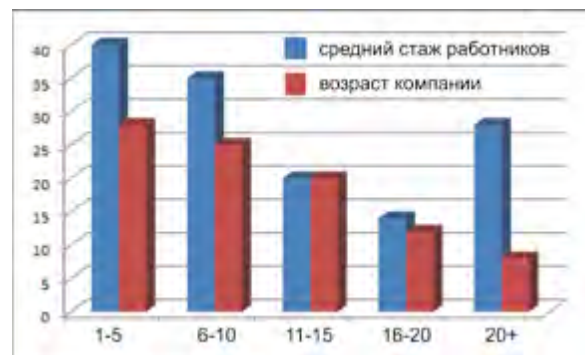
трех основных факторов: прибыли от успешной реализации проекта, вероятности ее получения и цены риска.

Ценой риска называется произведение величины ущерба, который компания может понести в случае неудачи проекта, на вероятность такого провала. Эта величина показывает, во что может обойтись инвестору неудачно вложенные средства, какой ущерб может принести проект в случае его неудачи. Для того чтобы стимулировать инвестиции в новаторские разработки, существуют специальные экономические механизмы, которые распределяют стоимость риска на множество участников. Такие механизмы (венчурные системы) включают «многослойное» страхование, льготное налогообложение и кредитование со стороны государственных структур и множество других приемов, которые снижают риск для каждого участника инвестиционного процесса за счет увеличения числа этих участников.

Если ожидаемая прибыль (произведение прибыли на вероятность успешной реализации проекта) больше, чем требуемые вложения, инвестиция состоится. Если это произведение равно или меньше, чем вложения, инвестицию ждет отказ.

Очевидно, полностью просчитать все необходимые параметры реализации проекта возможно только в ситуации полной информированности. Для того, чтобы принять объективно обоснованное инвестиционное решение, необходимо точно знать эффективность новой технологии, реакции рынка на нее, перспективы спроса, стратегию и тактику конкурентов и так далее. Подобное состояние «совершенной информированности» встречается крайне редко. Если же речь идет о революционных инновациях, неопределенность любых прогнозов становится очень значительной, и все расчеты принимают субъективный, приблизительный и неопределенный характер [14].

Рассмотрим конкретный случай инвестирования в переход к использованию ТИМ. Стартовые вложения в деньги складываются из покупки программного обеспечения и стоимости обучения для работы с программой. В некоторых случаях требуется также покупка специального оборудования (например, шлема виртуальной реальности). В целом создание одного рабочего места



> Рис. 2. Возраст архитектурно-строительных офисов и профессиональный опыт сотрудников / Figure 2: Age of architectural and construction offices and professional experience of employees

The second most important parameter affecting the use of BIM in the architectural and construction industry is the regulatory environment. In July 2011, a government/industry BIM program was launched to introduce BIM technology in both government and industrial projects. It was developed on behalf of the government at the University of Cambridge (A report for the Government Construction Client Group Building Information Modelling (BIM) Working Party Strategy Paper, 2012).

The first documents recommending the use of BIM in construction at a governmental level were adopted back in 2012. In 2016, a Government Mandate was passed, according to which construction projects in the public sector should be carried out using BIM. (Building information modeling, 2016).

In 2018, the BS EN ISO 19650-1: 2018 standard was adopted to regulate the use of second level BIM, i.e. 3D modeling with the inclusion of process networks and with the possibility of adding construction schedule (4D model) and cost estimates (5D model) to the model (Organization and digitization of information, 2018). Thus, already a few years ago, the use of BIM became mandatory for all British architects working in large-scale design with public participation.

проектировщика, использующего ТИМ, обходится в сумму от 3 до 10 тысяч USD, а полный курс квалифицированного пользователя современных ТИМ – еще в 2–5 тысяч USD. К этой сумме необходимо добавить затраты рабочего времени (около 100 часов, что эквивалентно 2,5–5 тысяч USD). Итого стартовые вложения составляют сумму от 7,5 до 20 тысяч USD [15].

Необходимо учесть, что система ТИМ быстро совершенствуется. Каждая версия базового пакета программ, выходящая на рынок, уже через три-пять лет теряет прелесть новизны и перестает восприниматься как конкурентное преимущество. Таким образом, для того, чтобы инвестированные средства успели вернуться, прибыль от внедрения ТИМ должна превышать 3–6 тысяч USD в год. Заметим, что прибыль – это разница между общей суммой дополнительных доходов от внедрения ТИМ и суммой всех расходов – увеличение заработной платы работников, овладевших цифровыми технологиями, налоговая нагрузка, текущая стоимость электроэнергии, аренды помещений и так далее. Средняя норма прибыли в сфере архитектурного проектирования находится на уровне 10%, то есть прибыль составляет одну десятую от суммы доходов [16]. Итак, чтобы оправдать вложения в одно рабочее место ТИМ, необходимо получить дополнительный доход в размере 30–60 тысяч USD в год. Дополнительный доход может получиться как за счет увеличения количества заказов (если использование ТИМ создает конкурентное преимущество на рынке проектировочных услуг), так и за счет снижения стоимости проектирования (за счет повышения производительности труда проектировщиков и уменьшения числа ошибок).

Важно заметить, что во многих случаях выгоды от внедрения ТИМ получают не те люди и организации, которые инвестируют свои ресурсы в проект. Например, снижение эксплуатационных расходов в результате оптимизации инфраструктурных сетей строения способно принести значительные выгоды, но их получают будущие собственники здания, а не проектировщики и даже не строители. Вряд ли сегодняшние заказчики архитектурного проекта будут согласны на увеличение стоимости проектировочных работ на том основании, что применение ТИМ

Similar processes took place in China. BIM as a key theme for the development of the construction sector was included in the Twelfth Five-Year Plan. Thus, the use of BIM in China has received government support since 2011. In 2014, the Ministry of Housing and Urban-Rural Development (MOHURD) published the Guidance on Building Information Model Application, which makes the use of BIM in the design and construction of high-level (Class A) buildings mandatory (Bingsheng Liu et al., 2017).

A comparative analysis of the intensity of BIM use in the architectural and construction industry across countries shows that two prerequisites are required for the successful development of this field:

1. The presence of large architectural studios or institutes;
2. Government support in the form of a mandatory requirement to use BIM in the design of objects with government funding.

These two conditions remain mandatory both in Europe (BIM Adoption in Europe, 2020) and in those Asian countries where the technological level is sufficiently advanced (Safour, Ahmed & Zaarour, 2021).

3. BIM adoption as an investment

One of the areas where there is little research work is the economic aspects of the process of transition from traditional architectural and

обещает оптимизировать эксплуатационные расходы или увеличить срок службы сетей.

Насколько реально получение дополнительной выгоды от инновационной технологии? Вопрос не имеет однозначного ответа. Инвестиционная привлекательность внедрения ТИМ зависит от множества факторов. Среди них есть объективные параметры (принятая в регионе величина заработной платы проектировщика, уровень налогов и инфраструктурных расходов, наличие системы государственной поддержки венчурных инновационных проектов и даже «взяткостность» в архитектурно-строительной сфере). Сильное влияние имеют и субъективные факторы, такие, как престижность использования ТИМ в глазах заказчика, склонность архитекторов к риску, доверие или, напротив, настороженное отношение к новым технологиям и так далее.

4. Препятствия на пути внедрения ТИМ на примере Иордании

Проведенный анализ позволил нам сформулировать гипотезу о характере факторов, замедляющих внедрение ТИМ в практику архитектурного проектирования на примере отдельной страны (Иордании).

Мы предположили, что барьеры внедрения ТИМ могут быть сведены к двум пунктам:

1. переход на использование ТИМ представляет собой инвестиционный проект, в котором крайне трудно объективно оценить ожидаемые выгоды и вероятность их получения. Многие параметры, определяющие успех или провал инвестиции, не поддаются количественному измерению, так как носят субъективный характер. Не существует проверенной методики или руководства для оценки перспектив внедрения ТИМ с учетом региональных и индивидуальных особенностей конкретной архитектурной студии;

2. риск внедрения ТИМ распределен крайне неравномерно. Фактически весь риск сосредоточен на той архитектурной студии или индивидуальном архитекторе, который берет на себя внедрение ТИМ. В большинстве стран и регионов не существует эффективной системы поддержки и системы распределения рисков по венчурным механизмам, которые были бы предназначены

structural design technologies to BIM. There are few publications on this topic and they are mostly of an overly general, vague nature.

Let us consider a situation when an architectural studio decides to switch to the use of BIM. Obviously, such a transition is an investment, that is, an investment of resources (money, time and emotions) in the present in order to return them with a profit in the future. The investment decision is made under the influence of three main factors: the profit from the successful realization of the project, the probability of its receipt and the price of risk.

The price of risk is the product of the amount of damage that the company may incur in the event of project failure by the probability of such failure. This value shows what unsuccessfully invested funds may cost the investor, what damage the project may bring in case of its failure. In order to stimulate investment in innovative developments, there are special economic mechanisms that distribute the cost of risk to many participants. Such mechanisms (venture capital systems) include "multi-layered" insurance, preferential taxation and lending by government agencies, and many other techniques that reduce the risk for each participant in the investment process by increasing the number of these participants.

для стимулирования внедрения ТИМ. Если крупные проектные институты еще способны взять на себя полный риск внедрения, то для небольшой студии возможность провала слишком катастрофична.

Рабочая гипотеза исследования была проверена в ходе опроса сотрудников архитектурно-проектных студий Иордании.

Согласно отчету Ассоциации инженеров Иордании (2018), в стране зарегистрировано 1246 архитектурно-строительных бюро, из них архитектурные студии составляют 42,1%. Размер случайной выборки для нашего анализа составил 115 офисов. Согласно принятым нормам статистического анализа, такой объем выборки может считаться достаточным для требуемого уровня достоверности [17]. Для проведения анализа исследователи использовали программное обеспечение Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) версии 25.0. Кроме того, было проведено пятнадцать углубленных интервью с авторитетными акторами архитектурной отрасли Иордании, включая экспертов ТИМ, разработчиков программного обеспечения и других отраслевых экспертов.

Как показано на рисунке 2, большинство офисов работает в архитектурно-строительной сфере более 10 лет. Однако вторая диаграмма показывает, что большинство сотрудников имеет небольшой стаж работы. Это озна-

If the expected profit (the product of profit by the probability of successful realization of the project) is greater than the required investments, the investment will take place. If this product is equal to or less than the investment, the investment will be rejected.

Obviously, it is possible to fully calculate all the necessary parameters of project implementation only in a situation of full awareness. In order to make an objectively justified investment decision, it is necessary to know exactly the effectiveness of the new technology, market reactions to it, demand prospects, strategy and tactics of competitors, and so on. Such a state of "perfect awareness" is extremely rare. When revolutionary innovations are involved, the uncertainty of any forecasts becomes very significant, and all calculations take on a subjective, approximate and uncertain character (Akerlof, 1984).

Let us consider the specific case of investing in the transition to the use of BIM. The starting investment in money consists of the purchase of software and the cost of training to use the programs. In some cases, the purchase of special equipment (e.g., a virtual reality helmet) is also required. In general, the creation of a workplace for a designer using BIM costs from 3 to 10 thousand USD, and a full course for a qualified user of modern BIM – another 2-5 thousand USD. It is necessary to add to this sum the labor time costs (about 100 hours,

чает, что молодые проектировщики не задерживаются в иорданских архитектурно-строительных бюро. После получения первичного профессионального опыта они предпочитают искать работу в других странах, где выше заработная плата и возможности для профессионального роста.

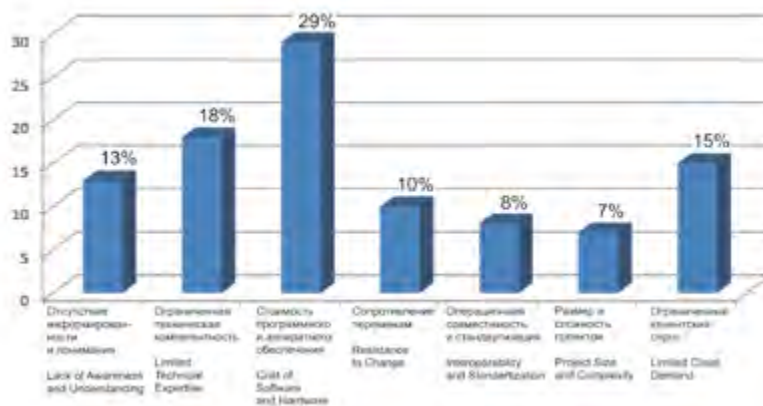
Большинство опрошенных офисов (73%) сообщили, что не используют ТИМ в своей повседневной работе, но при этом 90% офисов подтвердили, что их сотрудники проходили хотя бы начальные курсы пользователей ТИМ. Это означает, что у молодых иорданских архитекторов имеет место сильный интерес к изучению возможностей ТИМ, но нет объективных возможностей для использования этих технологий в работе.

Среди тех бюро, которые все-таки используют ТИМ, характер применения этих технологий также выглядит фрагментарно. Как показали результаты опроса, в основном используются программы, не раскрывающие всех возможностей технологии информационного моделирования. На первом месте по частоте использования находится программные пакеты AutoCAD, SketchUp и Adobe CS5, а пакет Revit Architecture, специально предназначенный для использования ТИМ, занимает меньше 10%. Во многих случаях возможности ТИМ ограничиваются 3Д-визуализацией, что помогает при обсуждении проекта с заказчиком. Другие преимущества ТИМ – контроль ошибочных решений, сокращение сроков проектирования и так далее – используются менее чем в 10% случаев.

На рисунке 3 показаны основные причины медленного и фрагментарного внедрения ТИМ по мнению иорданских архитекторов.

Как можно видеть из рисунка, мнение опрошенных экспертов подтверждает рабочую гипотезу, выдвинутую в разделе 3. Респонденты отмечают высокую степень неопределенности при попытке оценить перспективы использования ТИМ (недостаточная осведомленность о возможностях ТИМ, ограниченный опыт их применения, ограниченный объем рынка проектных услуг в Иордании и сопротивление новшествам со стороны клиентов), недостаточную стандартизацию и согласование протоколов применения ТИМ в различных аспектах проектного процесса. В сочетании с высокой стоимостью софтвера

В Рис. 3. Основные причины, препятствующие внедрению ТИМ в Иордании / Figure 3. Main reasons hindering the implementation of BIM in Jordan



which is equivalent to 2.5-5 thousand USD). The total start-up investment is between 7.5 and 20 thousand USD (Zakeri et al., 2023).

It should be taken into account that the BIM software is rapidly improving. Each version of the basic software package that enters the market, after three to five years loses the charm of novelty and ceases to be perceived as a competitive advantage. Thus, in order for the invested funds to return, the profit from the introduction of BIM should exceed 3 - 6 thousand US dollars per year. Note that the profit is the difference between the total amount of additional income from the implementation of BIM and the sum of all costs: the increase in wages of employees who have mastered digital technologies, tax burden, the current cost of electricity, rent of premises and so on. The average rate of return in the field of architectural design is at the level of 10%, i.e., the profit is one tenth of the sum of revenues (Granet, 2021). So, in order to justify the investment in one BIM workplace, it is necessary to get additional income in the amount of 30 - 60 thousand USD per year. Additional income can be obtained both by increasing the number of orders (if the use of BIM creates a competitive advantage in the market of design services), and by reducing the cost of design (by increasing the productivity of designers and reducing the number of errors).

и хардвера, необходимого для внедрения ТИМ (по отношению к общему уровню стоимости жизни), все это делает внедрение ТИМ слишком рискованным. Отсутствие государственных мер по стимулированию использования ТИМ и поддержке венчурных бизнес-проектов создает дополнительные барьеры для внедрения передовых цифровых технологий в архитектурно-строительной сфере.

Заключение

Приведенный нами анализ в основном относится к случаю Иордании, но, вероятно, может быть распространен на многие регионы мира с похожим сочетанием обстоятельств. Ускоренное внедрение ТИМ в таких регионах может быть достигнуто при условии реализации комплекса мер со стороны правительства и/или международных организаций. К таким мерам относятся:

- программа целевого венчурного кредитования архитектурно-строительных бюро, внедряющих ТИМ;
- программы обучения проектировщиков навыкам использования ТИМ на разных уровнях. Надо заметить, что такие программы уже существуют, например, несколько курсов использования ТИМ от компании AutoDESK бесплатно размещены на открытых площадках в интернете, но все эти курсы требуют свободного знания английского языка и навыков продвинутого пользователя ПК;
- развитие системы страхования внедрения ТИМ, которая позволила бы более равномерно распределить риски и выгоды от использования цифровых технологий в архитектурно-строительной сфере.

Литература

1. Bolade-Oladero et. al. (2023). Building Information Modelling From a Bibliometric Perspective. *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, 13(4), 42-50.
2. Akbiyik, S. Ö., & Selçuk, S. A. (2023). Analysis of Global Research Trends on BIM Studies in the Field of Architecture. *ICONARP International Journal of Architecture and Planning*, 11(1), 346-370.
3. Khudhair, A., Li, H., Ren, G., & Liu, S. (2021). Towards Future BIM Technology Innovations: A Bibliometric Analysis of the Literature. *Applied Science*, 11, 1232.
4. Babalola, A., Musa, S., Akinlolu, M. T., & Haupt, T. C. (2023). A bibliometric review of advances in building information modeling (BIM) research. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 21(3), 690-710.

It is important to note that in many cases the benefits of BIM implementation are not received by the people and organizations that invest their resources in the project. For example, a reduction in operating costs as a result of optimizing a building's infrastructure networks can bring significant benefits, but these benefits will accrue to the future owners of the building, not to the designers or even the builders. Today's architectural clients are unlikely to accept an increase in the cost of design work on the grounds that BIM promises to optimize operating costs or extend the life of networks.

How realistic is the added value of innovative technology? The question does not have an unambiguous answer. The investment attractiveness of implementing BIM depends on many factors. Among them there are objective parameters (the amount of designer's salary accepted in the region, the level of taxes and infrastructure costs, the availability of the system of state support for venture innovation projects and even the "bribe intensity" in the architectural and construction sphere). Subjective factors, such as the prestige of using BIM in the eyes of the client, the risk appetite of architects, trust or, on the contrary, a wary attitude towards new technologies, etc., also have a strong influence.

5. Hosseini, Mr., Martek, I., & Chileshe, N. (2018). Critical Evaluation Off Offsite Construction Research: A Scientometric Analysis. *Automation In Construction*. 87, 235-247.

6. Zhikun Ding, Kairui Zheng, & Yi Tan. (2021). BIM research vs BIM practice: a bibliometric-qualitative analysis from China. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 29, 3520-3546.

7. Baker, K. et al. (2020). *The Business of Architecture 2020. Firm Survey Report*. Washington, DC: The American Institute of Architects.

8. A report for the Government Construction Client Group Building Information Modelling (BIM) Working Party Strategy Paper (2012). Cambridge: Cambridge University Press. – URL: <https://www.cdbb.cam.ac.uk/system/files/documents/BISIMstrategyReport.pdf>

9. Building information modelling (2016). Official site of UK Government. – URL: <https://www.gov.uk/government/publications/building-information-modelling>

10. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling (2018). – URL: <https://www.iso.org/standard/68078.html>

11. Liu, B. et al. (2017). Review and Prospect of BIM Policy in China. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 245 022021.

12. BIM Adoption in Europe. Current state, Challenges and Vision of Tomorrow. A whitepaper of MagiCAD (2020). – URL: <https://www.magicad.com/wp-content/uploads/2020/04/BIM-Adoption-in-Europe-White-Paper-02042020.pdf>

13. Safour, R., Ahmed, S., & Zaarour, B. (2021). BIM Adoption around the World. *International Journal of BIM and Engineering Science (IJBES)*, 4(2), 49-63.

14. Akerlof, G. A. (1984). *An economic theorist's book of tales: essays that entertain the consequences of new assumptions in economic theory*. Cambridge: Cambridge University Press.

15. Zakeri, S. M. H., Tabatabaee, S., Ismail, S., Mahdiyar, A., & Wahab, M. H. (2023). Developing an MCDM Model for the Benefits, Opportunities, Costs and Risks of BIM Adoption. *Sustainability*, 15, 4035.

16. Granet, K. (2021). *The Business of Design: Balancing Creativity and Profitability (Revised & Updated 2nd Edition)*. Princeton: Princeton Architectural Press.

17. Hamed, T. (2017). Determining Sample Size; How to Calculate Survey Sample Size. *Int. J. Econ. Manag. Syst.*, 2, 237-239.

4. Obstacles to the introduction of BIM, the case of Jordan

Our analysis allowed us to formulate a hypothesis about the nature of factors that slow down the introduction of BIM in architectural design practice, using a single country (Jordan) as an example.

We hypothesized that the barriers to the adoption of BIM can be summarized into two points:

1. Adopting BIM is an investment project in which it is extremely difficult to objectively assess the expected benefits and the likelihood of their realization. Many of the parameters that determine the success or failure of an investment are not quantifiable because they are subjective in nature. There is no proven methodology or guide to assess the prospects of BIM implementation taking into account regional and individual characteristics of a particular architectural studio;

2. The risk of BIM implementation is extremely unevenly distributed. In fact, the entire risk is concentrated on the architectural studio or individual architect who undertakes the implementation of BIM. In most countries and regions, there is no effective support system and risk-sharing system for venture mechanisms that would be designed to stimulate the implementation of BIM. While large design institutes are still able to assume the full risk of implementation, the possibility of failure is too catastrophic for a small studio.

The working hypothesis of the study was tested in a survey of employees of architectural and design studios in Jordan.

According to the Jordanian Engineers Association report (2018), there are 1246 registered architectural and construction offices in the country, of which architectural studios account for 42.1%. The random sample size for our analysis was 115 offices. According to the accepted norms of statistical analysis, this sample size can be considered sufficient for the required level of validity (Hamed, 2017). The researchers used Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) software version 25.0 to conduct the analysis. In addition, fifteen in-depth interviews were conducted with authoritative actors in the Jordanian architectural industry, including BIM experts, software developers, and other industry experts.

As shown in Figure 2, most of the offices have been working in the architecture and construction industry for more than 10 years. However, the second chart shows that most of the employees have a short work experience. This means that young designers do not linger in Jordanian architectural and construction offices. After gaining initial professional experience, they prefer to look for jobs in other countries where salaries and opportunities for professional growth are higher.

The majority of the offices surveyed (73%) reported that they do not use BIM in their daily work, but at the same time 90% of the offices confirmed that their employees have taken at least basic BIM user courses. This means that there is a strong interest among young Jordanian architects to explore the possibilities of BIM, but there are no objective opportunities to use these technologies in their work.

Among those offices that do use BIM, the nature of the use of these technologies also appears fragmented. As the results of the survey have shown, programs that do not reveal all the possibilities of information modeling technology are mostly used. AutoCAD, SketchUp and Adobe CS5 software packages are in the first place in terms of frequency of use, and Revit Architecture package specially designed for the use of BIM takes less than 10%. In many cases, the capabilities of BIM are limited to 3D visualization, which helps when discussing the project with the client. Other benefits of BIM – controlling erroneous decisions, reducing design time and so on – are utilized in less than 10% of cases.

Figure 3 shows the main reasons for the slow and fragmented adoption of BIM according to Jordanian architects.

As can be seen from the figure, the opinion of the interviewed experts confirms the working hypothesis put forward in Section 3. Respondents note a high degree of uncertainty when trying to assess the prospects of using BIM (insufficient awareness of BIM capabilities, limited experience in their application, limited size of the market for design services in Jordan and resistance to innovation on the part of clients), insufficient standardization and harmonization of protocols for applying BIM in various aspects of the design process. Combined with the high cost of the softwares and hardwares required to implement BIM (relative to the overall cost of living) all these make the implementation of BIM too risky. The lack of government measures to stimulate the use of BIM and support venture business projects creates additional barriers to the introduction of advanced digital technologies in the architectural and construction sector.

Conclusion

The analysis we have presented here is mainly applicable to the case of Jordan, but can probably be extended to many regions of the world with a similar combination of circumstances. Accelerated implemen-

tation of BIM in such regions can be achieved if a set of measures are implemented by the government and/or international organizations. Such measures include:

- A targeted venture capital loan program for architectural and construction firms implementing BIM;
- Training programs for designers to use BIM at different levels. It should be noted that such programs already exist, for example, several courses on using BIM from AutoDESK company are free of charge on open sites on the Internet, but all these courses require free knowledge of English and skills of an advanced PC user;
- Development of an insurance system for BIM implementation, which would allow for a more even distribution of risks and benefits from the use of digital technologies in the architectural and construction industry.

References

- A report for the Government Construction Client Group Building Information Modelling (BIM) Working Party Strategy Paper (2012). Cambridge: Cambridge University Press. <https://www.cdbb.cam.ac.uk/system/files/documents/BISBIMstrategyReport.pdf>
- Akbiyık, S. Ö., & Selçuk, S. A. (2023). Analysis of Global Research Trends on BIM Studies in the Field of Architecture. *ICONARP International Journal of Architecture and Planning*, 11(1), 346-370.
- Akerlof, G. A. (1984). *An economic theorist's book of tales: essays that entertain the consequences of new assumptions in economic theory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Babalola, A., Musa, S., Akinlolu, M. T., & Haupt, T. C. (2023). A bibliometric review of advances in building information modeling (BIM) research. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 21(3), 690-710.
- Baker, K. et al. (2020). *The Business of Architecture 2020. Firm Survey Report*. Washington, DC: The American Institute of Architects.
- BIM Adoption in Europe. Current state, Challenges and Vision of Tomorrow. A whitepaper of MagiCAD (2020). <https://www.magicad.com/wp-content/uploads/2020/04/BIM-Adoption-in-Europe-White-Paper-02042020.pdf>
- Bolade-Oladero et. al. (2023). Building Information Modelling From a Bibliometric Perspective. *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, 13(4), 42-50.
- Building information modelling (2018). Official site of UK Government. <https://www.gov.uk/government/publications/building-information-modelling>).
- Granet, K. (2021). *The Business of Design: Balancing Creativity and Profitability (Revised & Updated 2nd Edition)*. Princeton: Princeton Architectural Press.
- Hamed, T. (2017). Determining Sample Size; How to Calculate Survey Sample Size. *Int. J. Econ. Manag. Syst.*, 2, 237-239.
- Hosseini, Mr., Martek, I., & Chileshe, N. (2018). Critical Evaluation Off Offsite Construction Research: A Scientometric Analysis. *Automation In Construction*, 87, 235-247.
- Khudhair, A., Li, H., Ren, G., & Liu, S. (2021). Towards Future BIM Technology Innovations: A Bibliometric Analysis of the Literature. *Applied Science*, 11, 1232.
- Liu, B. et al. (2017). Review and Prospect of BIM Policy in China. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 245 022021.
- Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling. (2018). <https://www.iso.org/standard/68078.html>
- Safour, R., Ahmed, S., & Zaarour, B. (2021). BIM Adoption around the World. *International Journal of BIM and Engineering Science (IJBES)*, 4(2), 49-63.
- Zakeri, S. M. H., Tabatabaee, S., Ismail, S., Mahdiyar, A., & Wahab, M. H. (2023). Developing an MCDM Model for the Benefits, Opportunities, Costs and Risks of BIM Adoption. *Sustainability*, 15, 4035.
- Zhikun Ding, Kairui Zheng, & Yi Tan. (2021). BIM research vs BIM practice: a bibliometric-qualitative analysis from China. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 29, 3520-3546.