

Анализ применения цифровых технологий при организации, управлении и планировании строительства инновационных научно-технологических центров

Коядинович Давид

Магистрант кафедры «Информационные системы, технология и автоматизация строительства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (г. Москва);
e-mail: david.kojadinovic95@gmail.com

Аннотация: В настоящее время все больше внимания уделяется вопросам достижения целей устойчивого развития как на микро-, так и на мировом уровне, где одним из наиболее перспективных инструментов видится цифровизация. В этой связи теоретическое и практическое обоснование влияния цифровизации на устойчивое развитие строительных компаний, а также разработка инструментария для цифровой трансформации становятся все более актуальными.

Усиление в мировом масштабе конкурентной борьбы за высококвалифицированные кадры и инвестиции, а также невозможность потерь конкурентоспособных кадров, технологий, идей и капитала, диктуют необходимость создания и развития в регионах России целой «сети» из быстрокупаемых инновационных центров, способных выполнять научные исследования и технологические разработки мирового уровня.

В статье представлен анализ теории и практики применения современных цифровых технологий при организации, управлении и планировании строительства инновационных научно-технологических центров.

Ключевые слова: цифровизация, цифровая трансформация, быстрокупаемые инновационные центры

ANALYSIS OF THE DIGITAL TECHNOLOGIES USE IN THE ORGANIZATION, MANAGEMENT AND PLANING OF THE CONSTRUCTION OF INNOVATIVE SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL CENTERS

Kojadinovich David

Master's student of the Department of Information Systems, Technology and Automation of Construction; National Research University Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Moscow, Russia;

e-mail: david.kojadinovic95@gmail.com

Abstract: At present, universal accessibility is achieving widespread both micro and wider attention to the world level. In this regard, the theoretical and practical justification for the study of digitalization

Введение

Усиление в мировом масштабе конкурентной борьбы за высококвалифицированные кадры и инвестиции, а также невозможность потерь конкурентоспособных кадров, технологий, идей и капитала, диктуют необходимость создания и развития в регионах России целой «сети» из быстрокупаемых инновационных центров, способных выполнять научные исследования и технологические разработки мирового уровня.

В Российской Федерации инновационные научно-технологические центры (ИНТЦ) функционируют довольно давно. Еще до подписания Федерального закона № 216-ФЗ от 29.07.2017 г. «Об инновационных научно-технологических центрах и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» были образованы центры «Сколково» и «Сириус», затем были подписаны постановления Правительства Российской Федерации об ИНТЦ «Русский», «Композитная долина», «Парк атомных и медицинских технологий» «Интеллектуальная электроника – Валдай», «Балтийская долина Хьюмантек», «Квантовая долина», «Долина Менделеева», и конечно же «Воробьевы горы».

of the sustainable development of construction companies, as well as the development of tools for digital transformation, are becoming increasingly relevant.

The intensification of global competition for highly qualified personnel and investments, as well as the impossibility of reducing the resources of resources, ideas, ideas and resources, dictates the creation and development in the regions of the whole of Russia of a “network” of quickly bought development centers capable of carrying out scientific research and technological development. level. The article presents an analysis of the practice of applying modern digital technologies in the organization, management and planning of the development of scientific and technological centers.

Keywords: digitalization, digital transformation, scientific and technological centers

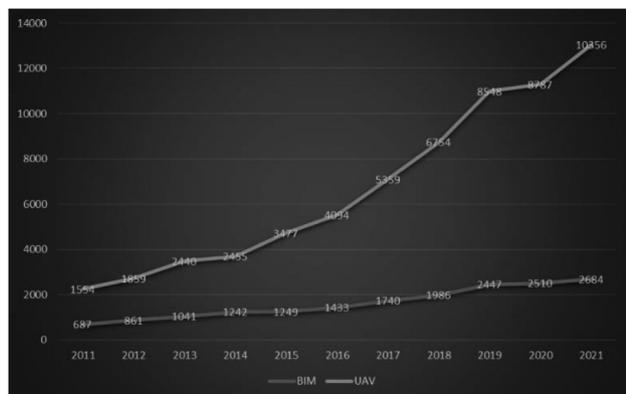


Рис. 2. Динамика роста публикаций по ключевым словам

Экономить ресурсы также позволяет применение на строительной площадке БПЛА.

В этой связи целью статьи является анализ теории и практики внедрения технологий информационного моделирования и БПЛА при реализации технологически сложных строительных объектов.

Динамика роста публикаций, представленных в международной базе Scopus, по ключевым словам BIM (технологии информационного моделирования) и UAV(БПЛА) представлена на рис.2.

Как видно из представленного рисунка интерес к использованию указанных технологий растет, при этом внедрению технологий информационного моделирования внимания уделяется больше, а использование БПЛА находится на стадии своего становления.

Анализ использования технологий информационного моделирования

Анализ особенностей строительства объектов, типа ИНТЦ, свидетельствует о том, что строительная отрасль невозможна без реализации технологически сложных проектов, где ключевой является проблема срыва сроков строительства [1]. Кроме того, рынок становится все более требовательным, а проекты — все более масштабными. В качестве решения значительного количества проблем при реализации подобных объектов в строительную отрасль активно внедряются информационные технологии, что способствует более продуктивному и эффективному управлению проектами [1]. Строительную отрасль охватила цифровая трансформация и привела к внедрению новых цифровых технологий, таких как инструменты статического анализа, расчета, планиро-

вания и мониторинга строительства, обслуживания зданий и т.д. Несмотря на растущее развитие многочисленных информационных инструментов для нужд строительства и растущее их применение, цифровая трансформация строительной отрасли находится на этапе своего становления, что подтверждается низким показателем индекса оцифровки Mckinsey Global Institute (MGI) для Европы, который показывает, что гражданское строительство является очень локализованной и фрагментированной отраслью [2], где цифровая трансформация сильно отстает от других отраслей [3].

При этом значительное количество информационных технологий на рынке относится к концепции информационного моделирования зданий, которая может объединить специалистов различных отраслей для работы в единой среде. BIM-модель или информационная модель, то есть общая база данных, позволяет эффективно управлять проектами на стадии инициирования, проектирования, строительства и эксплуатации зданий [4]. Учитывая преимущества применения технологии информационного моделирования [5, 6], концепция использования BIM в строительстве широко применяется в США, в то время как в некоторых странах ее использование все еще невелико. Согласно отчету Smart Market Reportu [7] за 2013 г. в США 55% исполнителей проектов использовали BIM технологии на очень высоком уровне, во Франции этот показатель составил 39%, Германии — 37%, Австралии — 33%, Канаде — 29%, Великобритании — 28%, Японии — 27%, Бразилии — 24%, Южной Кореи и Новой Зеландии — 23% [7]. Другое исследование, результаты которого приведены в NBS International BIM Reportu [8], показывает, что в 2016 г. в Дании 81% строительных компаний применяло BIM, в Канаде 71%, Великобритании 50%, Японии 49% и в Чехии 30% [8]. Также участники опроса прогнозировали, что процент применения BIM в 2019 г. во всех государствах, принявших участие в опросе, составит от 73% (Чехия) до 93% (Дания) [8]. Однако, на практике данные показатели пока не достигнуты.

В Великобритании в соответствии с отчетом NBS National BIM Reportu 2019 69% респондентов активно применяют BIM технологии в своей проектной деятельности, 29% знают о необходимости применения технологий информационного моделирования, и только 2% респондентов не применяют и не осведомлены о BIM технологиях [9]. Кроме того, авторы [10] провели сравнительный анализ внедрения BIM технологий, который показал, что применение BIM

наиболее распространено в Северной Америке, где процент применения BIM технологий составляет 73%, и активно внедряется уже более 8 лет. Далее идет Северная Америка, Океания (уровень внедрения 65,5 %, более 7 лет внедрения), Ближний Восток и Африка (уровень внедрения 60%, более 7 лет внедрения), Европа (уровень внедрения 55,9 %, более 6 лет внедрения), Южная Америка (уровень внедрения 55,7 %, более 4 лет внедрения) и Азия (уровень внедрения 46,4%, более 5 лет внедрения) [10]. При этом наиболее распространено применение технологий информационного моделирования на этапе проектирования.

Исследование применения BIM технологий на Ближнем Востоке [6] показывает, что только 20% организаций в строительном секторе применяет технологии информационного моделирования, а лидером являются Объединенные Арабские Эмираты, наименьший процент внедрения BIM технологий наблюдается в Ливане и Иордании [6].

Таким образом, несмотря на то, что BIM признан новым способом оцифровки работ в строительстве, его применение по-прежнему очень сильно зависит от компани и проектов [11, 12]. Одной из причин сложившейся ситуации является то, что отсутствует единый универсальный стандарт для внедрения и применения технологий информационного моделирования (таких, как стандарт PAS, стандарты ISO и т. д.) [2, 11].

Вместе с тем, тесное экономическое сотрудничество между государствами со слабым уровнем внедрения BIM технологий и государствами, в которых применение BIM является обязательным, повышает осведомленность специалистов строительной отрасли о важности применения BIM технологий (например, широкое применение BIM в Великобритании оказало влияние на расширение применения этой технологии в странах Ближнего Востока) [6, 11].

Рассмотрим факторы, оказывающие влияние на уровень внедрения технологий информационного моделирования в организациях.

Первой причиной, которая оказывает влияние является необходимость в адаптации или модернизации предприятия для применения BIM технологий, иногда это приводит к изменению всего бизнес-процесса компании [2, 12].

Поскольку не всем клиентам важна среда выполнения проекта, высокая цена BIM-инструментов и соответствующего аппаратного обеспечения затрудняет применение технологий информационного мо-

делирования в малом бизнесе, который часто работает исключительно над небольшими проектами [2, 11]. Таким образом, еще одним фактором, оказывающим влияние на развитие внедрения технологий информационного моделирования, является высокая стоимость инструментария, а также нехватка экспертов в этой области [6].

Стоит также отметить, что проекты могут быть уникальными (тип проекта, бюджет и т. д.) [11], и тем самым процедуру работы сложно стандартизировать.

При этом применение различных САПР инструментов и применение BIM разных уровней зрелости затрудняет сотрудничество между участниками проекта, что является одной из ключевых идей концепции BIM [11, 13-17, 18].

Вышесказанное происходит из-за фрагментированности отрасли и участников проекта, а также несовместимости BIM-инструментов, которые препятствуют интероперабельности, а этим и сотрудничеству специалистов [2, 11].

Вместе с тем внедрение BIM технологий вызывает необходимость изменения задач и ответственности отдельных участников проекта [2, 11] и приводит к появлению новых профессий в отрасли (например: BIM-менеджер, BIM-координатор, BIM-проектировщик и т. д.) [19, 20].

Позицию Европейского парламента и Совета относительно будущего BIM технологий в строительной отрасли отражает Европейская директива 2014/24/EU [21]. В 2016 г. Европейским союзом была основана EU BIM Task по BIM с целью создания общеевропейского подхода к развитию цифрового строительного сектора, узнаваемого на мировом уровне [22]. Однако частичное изучение опыта некоторых стран говорит об очень низкой осведомленности о BIM технологиях и уровне их внедрения в рамках Европейского союза и за его пределами [2, 6- 8, 10, 11, 22-24]. Применение BIM технологий во многих странах прописано законодательно, что сильно влияет на рост уровня внедрения технологии в строительных компаниях [2, 11, 22, 23]. Однако, чтобы прийти к принятию и внедрению нормативных актов, BIM технологии сначала необходимо внедрить на рынке и создать благоприятную среду, в которой предприятия осознают свою собственную потребность в его применении [25, 30]. Вторым шагом является разработка стандартов, положений и правил и стандартизация применения BIM [25, 30].

Последним шагом является организация обучения специалистов основам применения технологий

информационного моделирования, а также субсидирование и предоставление стимулов для приобретения BIM-инструментов и соответствующего аппаратного оборудования компаниям [25]. При этом большую роль при внедрении технологий информационного моделирования играет сотрудничество экспертов в области науки, образования и практики (строительных компаний и реальных проектов) [19, 26]. Суть заключается в том, чтобы выявить проблемы, возникающие в реальных проектах и стимулировать ученых к развитию инженерного образования [19, 26]. При этом проведенный анализ подтвердил, что исследования в области применения BIM технологий на различных рынках и сравнение его применения в различных государствах стало очень распространенным предметом научных исследований [2, 6, 7, 8, 10, 11, 22-24].

Использование БПЛА для контроля планирования и мониторинга хода строительства

Все более востребованным становится применение дронов или беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в проектировании, строительстве и других смежных к строительству областях. Технический прогресс в проектировании и навигации легковесных и автономных беспилотных летательных аппаратов и дронов привел к их более практичной и экономически эффективной работе в областях архитектурного проектирования, управления строительством и мониторинга за строительством объектов [17, 25, 30]. Этот тренд отмечается во всех развитых странах мира.

В настоящее время более 35% рабочего времени практически любой команды строительного проекта тратится на неоптимальные действия – сбор данных, разрешение и устранение ошибок, что создает задержки по времени выполнения проекта [25, 30]. Таким образом, актуальной становится задача по формированию реальной картины процесса возведения строительного объекта.

При этом при использовании дрон-технологий, инжиниринговые и строительные компании получают больше контроля над выполнением проектных решений за счет:

- снижения нагрузки на геодезическое сопровождение и контроль качества строительных работ;
- увеличения производительности труда строительных подразделений;

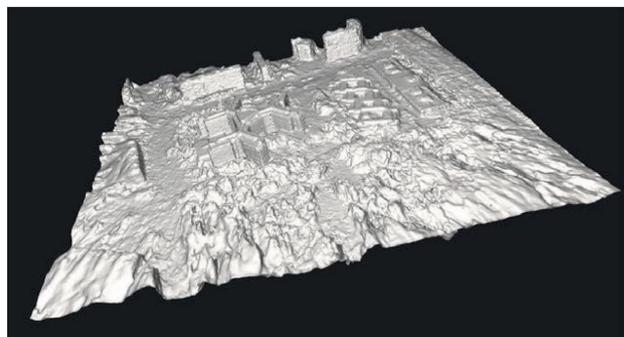


Рис. 3. Трёхмерная модель здания, полученная методом фотограмметрии по фотографиям с использованием БПЛА [28]

- снижения рисков, связанных с планированием и качеством работ.

Сегодня заложены важные основы для разработки полностью автоматизированной системы интеллектуального строительства и отчетности, основанной на данных в реальном времени, полученных строителями непосредственно с БПЛА и дронов [26, 30].

Данные в виде фотографий, полученных дронами из разных мест и облаков точек [27, 30] (трехмерного сканирования строительной площадки), могут быть использованы для построения трехмерной модели методами фотограмметрии [28, 30] (рис. 3).

В настоящее время наиболее распространено применение БПЛА или дронов при топографической съемке, мониторинге строительных площадок и инспекции производственных объектов, а также для наблюдения за состоянием рабочих. Рассмотрим каждый из указанных случаев более подробно.

До недавнего времени топографическая съемка была сложной в реализации и дорогостоящей операцией, за счет того, что необходимо было брать в аренду дорогостоящее оборудование.

С помощью дронов можно получить все необходимые данные о ландшафте окружающей местности. Благодаря этому сокращаются трудовые затраты и расходы на оборудование, а строительные компании получают необходимую информацию для оценки будущих площадок и могут принимать взвешенное решение о составе работ на проекте. Таким образом, благодаря беспилотникам топографическая съемка стала дешевле и эффективнее [29].

Руководители строительных объектов редко могут оставаться на одной площадке на протяжении всего проекта. Обычно они руководствуются информаци-

ей от прорабов и инспекторов. В определенной степени этот подход работает, но дроны предоставляют новый способ мониторинга нескольких объектов без необходимости тратить время на поездки.

Важная часть производственного процесса – инспекция, так как надо соблюдать не только государственные, региональные и местные законы и нормативы, но и учитывать интересы инвесторов и общественности. Использование дрона с фото- или видеокамерой позволит изучить объект детально. При этом, с практической точки зрения неважно, над каким именно проектом ведется работа.

Вместе с тем работодатель заинтересован в безопасности своих сотрудников и эффективности их труда. В этом случае беспилотники могут быть использованы для мониторинга стройплощадки и состояния рабочих.

Выводы

В современных реалиях строительство уникальных технологически-сложных объектов является очень востребованным, при этом реализация таких проектов невозможна без использования новых цифровых технологий и подходов, поскольку внедрение информационных технологий в строительную отрасль способствует более продуктивному и эффективному управлению проектами.

В то же время оцифровка строительной отрасли находится на начальном уровне и сильно отстает от других отраслей (например ИТ, фармацевтика и пр.). Однако, существующие сегодня проблемы решаемы, а преимущества комплексного использования технологий информационного моделирования и БПЛА позволит организовать эффективное управление и планирование строительства технологически-сложных объектов.

Литература

- Latiffi, A.A., Mohd, S., Kasim, N., Fathi, M.S.: Building information modeling (BIM) application in Malaysian construction industry, *International Journal of Construction Engineering and Management*, 2 (2013) 4A, pp. 1-6, doi: 10.5923/s.ijcem.201309.01
- Davies, R., Crespin-Mazet, F., Linne, ., Pardo, C., Havensvid, M.L., Harty, C., Ivory, C., Salle, R.: BIM in Europe: Innovation networks in the construction sectors of Sweden, France and the UK, 31st Annual Association of Researchers in Construction Management Conference, Lincoln, pp. 1135–1144, 2015.
- Bughin, J., Hazan, E., Labaye, E., Manyika, J., Dahlstr m, P., Ramaswamy, S., Cochin de Billy, C.: *Digital Europe: Pushing the frontier, capturing the benefits*, McKinsey Global Institute, 2016.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K.: *BIM Handbook: a guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*, Second edition, Wiley, Kanada, 2011.
- Kolari, S., Vukomanovi, M., Radujkovi, M., Pavlovi, D.: Perception of Building Information Modeling within the Croatian Construction Market, *People, Buildings and Environment Conference*, Luhacovice, pp. 15–25, 2016.
- Gerges, M., Austin, S., Mayouf, M., Ahiaqwo, O., Jaeger, M., Saad, A., Gohary, T.: An investigation into the implementation of Building Information Modeling in the Middle East, *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 22 (2015) 1, pp. 1-15
- McGraw Hill Construction: *Smart Market Report the Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets*, McGraw Hill Construction, New York, 2014.
- BIM report 2016, <https://www.thenbs.com/knowledge/nbs-international-bim-report-2016>, 10.06.2019.
- BIM report 2019, <https://www.thenbs.com/knowledge/national-bim-report-2019>, 15.06.2019.
- Jung, W., Lee, G.: The status of BIM adoption on six continents, *International journal of civil, environmental, structural, construction and architectural engineering*, 9 (2015) 5, pp. 444-448
- Azzouz, A., Hill, P., Papadonikolaki, E.: *Digital Innovation in Europe: Regional Differences across One International Firm*, 34th Annual Association of Researchers in Construction Management Conference, Belfast, pp. 240-249, 2018.
- Ayyaz, M., Ruikar, K., Emmitt, S.: Towards understanding BPR needs for BIM implementation, *International Journal of 3-D Information Modeling (IJ3DIM)*, 1 (2012) 4, pp. 18-28, doi: 10.4018/ij3dim.2012100103
- Ginzburg A., Shilov L., Shilova L. The methodology of storing the information model of building structures at various stages of the life cycle // *Journal of Physics: Conference Series. International Scientific Conference on Modelling and Methods of Structural Analysis 2019, MMSA 2019. -2020. - С. 012156.*
- Шилов Л.А., Шилова Л.А. Подход к управлению жизненным циклом строительного объекта на основе BIM-технологий// *Научно-технический вестник Поволжья*. 2019. № 2. С. 86.
- Shilov L., Evtushenko S., Shilova L., Arkhipov D. The prospects of information technology using for the analysis of industrial buildings defects// *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 7. Сер. «VII International Scientific Conference «Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education», IPICSE 2020» 2021. С. 012039.
- Гинзбург А.В., Адамцевич Л.А., Адамцевич А.О. Строительная отрасль и концепция «Индустрия 4.0»: обзор// *Вестник МГСУ*. 2021. Т. 16. № 7. С. 885-911.
- Адамцевич Л.А., Воробьев П.Ю., Железнов Е.М. Технология мониторинга объектов капитального строительства на этапах жизненного цикла методами дистанционного зондирования с использованием беспилотных летательных аппаратов (дронов) на основе высокоточной цифровой модели объекта// *Строительство и архитектура*. 2021. Т. 9. № 3. С. 51-5

18. Kovačič, I., Filzmoser, M., Koesel, K., Oberwinter, L., Mahdavi, A.: BIM teaching as support to integrated design practice, *GRA EVINAR*, 67 (2015) 6, pp. 537-546, doi: <https://doi.org/10.14256/JCE.1163.2014>
19. Kolari, S., Mandić, T., Vukomanović, M., Mesrobian, P.: The Influence of BIM Education Improvement on Raising BIM Awareness in Croatia and Slovakia, *Periodica Polytechnica Architecture*, 50 (2019) 1, pp. 21-29, doi: <https://doi.org/10.3311/PPAr.13868>
20. Uhm, M., Lee, G., Jeon, B.: An analysis of BIM jobs and competencies based on the use of terms in the industry, *Automation in Construction*, 81 (2017), pp. 67-98, doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.06.002>
21. BIM Direktiva 14/24, <https://en.itec.cat/services/bim/directive-2014-24-eu/>, 30.07.2018.
22. The highest level of BIM adoption, <http://www.bimplus.co.uk/people/which-country-most-bim-mature-europe/>, 10.06.2019.
23. Kolari, S., Mandić, T., Vukomanović, M., Mesrobian, P.: BIM training in construction management educational practices in Croatia and Slovakia, *Creative Construction Conference, Ljubljana*, pp. 1002–1009, 2018.
24. Galić, M., Venkrbec, V., Chmelik, F., Feine, I., Pučko, Z., Klanek, U.: Survey of accomplishments in BIM implementation in Croatia, the Czech Republic, Germany, and Slovenia, *E-GFOS*, 8 (2017) 15, pp. 23-35, doi: [10.13167/2017.15.3](https://doi.org/10.13167/2017.15.3)
25. Bracing for 2020: Past, Present, and Future of Drones in Construction, 2020 [Электронные данные]. – Режим доступа: www.propelleraero.com
26. Construction Site Monitoring using Unmanned Aerial Vehicle, 2022 [Электронные данные]. – Режим доступа: <https://www.equinoxsdrones.com/blog/construction-site-monitoring-using-unmanned-aerial-vehicle>
27. Ефимов С.В. Исследование управляемого синхронного движения летающего робота с машущим крылом при взлете / Ефимов С. В., Поляков Р.Ю., Мозговой Н.В. // *Электротехнические комплексы и системы управления* №3(35). 2014 – С. 28–33.
28. Карякин В.Ф., Пири С.Д., Былин И.П. Инженерно-геодезические и инженерногеологические изыскания в строительстве. Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. 88 с.
29. ГОСТ Р 59328-2021 АЭРОФОТОСЪЕМКА ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ. Технические требования.
30. Носков И.В., Носков К.И., Тиненская С.В., Ананьев С.А. Дрон-технологии в строительстве – современные решения и возможности // *Вестник евразийской науки.* – 2020. – том 12-№5 – С. 1-27