

DOI: 10.34031/2618-7183-2021-4-1-18-26

*Соловьев Д.Б., кандидат технических наук, профессор,  
Коптилова В.Г.,  
Катюк Д.П. \*,  
Пирус А.В.,  
Григорюк В.А.,  
Крылова А.И.,  
Дальневосточный федеральный университет, Россия*  
\*Ответственный автор E-mail: katiuk.dp@students.dvfu.ru

## СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ BIM И CAD С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

**Аннотация:** в статье раскрываются определения и сущность систем автоматизированного проектирования и информационного моделирования в строительстве. Описано содержание и эффект применения информационного моделирования на различных этапах жизненного цикла объекта недвижимости. Проанализирован уровень применения BIM в России и получены данные, что большинство проектных и строительных организаций не используют информационное моделирование. Проведена сравнительная оценка использования различных САПР с помощью математического моделирования в среде MATLAB с использованием пакета расширения Fuzzy Logic Toolbox. На основании полученных результатов можно сделать вывод об эффективности использования информационного моделирования зданий. Информация из статьи актуальна для проектировщиков, инвесторов в недвижимость и руководителей проектных и строительных организаций. Полученная оценка технологий проектирования способна побудить заинтересованных лиц проанализировать альтернативную технологию проектирования и оценить целесообразность перехода отечественных предприятий на применение технологии BIM.

**Ключевые слова:** BIM-технологии, CAD-технологии, САПР, информационное моделирование, капитальное строительство, строительство, экономическая эффективность внедрения

### Введение

В настоящее время работа большинства отечественных проектных и строительных организаций выполняется с использованием CAD-технологии (англ. CAD – computer aided design), которая пришла на замену чертежам, выполняемым вручную. Следующим этапом эволюции системы автоматизированного проектирования (САПР) является технология информационного моделирования или BIM-технология (англ. BIM – building information modeling). Информационное моделирование представляет собой инновационный подход к процессам проектирования зданий на всём жизненном цикле строительного проекта посредством создания цифровой модели или цифровой копии здания [1].

При использовании CAD, происходит непосредственная подготовка чертежей и документации, а процесс их создания и является основной деятельностью проектировщика. Основная деятельность проектировщика при использовании BIM является построение информационной модели здания, а чертежи являются срезом с модели [2].

Информационный подход в моделировании строительных проектов позволяет организациям сократить затраты финансовых и временных ресурсов и уменьшить количество потенциальных ошибок при проектировании [3]. Однако, большинство отечественных организаций продолжают использовать CAD. Проблема внедрения программных комплексов информационного моделирования зданий в деятельность проектных и строительных компаний Российской Федерации является крайне важной и актуальной.

Большое значение несёт определение эффективности и целесообразности использования информационного моделирования зданий (BIM) проектными и строительными организациями. Основной целью статьи является разработка математической модели оценки влияния технологии проектирования зданий и сооружений на эффективность производственных и технологических процессов строительной или проектной организации для того, чтобы побудить руководителей проектных и строительных организаций проанализировать альтернативную технологию проектирования и оценить целесообразность перехода отечественных предприятий на применение технологии BIM. Математическая модель создавалась в среде MATLAB с использованием пакета расширения Fuzzy Logic Toolbox.

## Методы и материалы

Появление и активное распространение персональных компьютеров в период 1965-1980 гг. спровоцировало бурное развитие новой САД-технологии. Следствием этого процесса стал рост числа программного обеспечения для персональных компьютеров, облегчающего труд различных специалистов (в том числе проектировщиков). В частности, в 1982 году тогда ещё никому неизвестная компания «Autodesk» создала свой знаменитый пакет «AutoCAD».

С появлением «AutoCAD» многократно сократились временные затраты на выполнение работ по созданию всех видов чертежей и другой проектной документации, облегчилась возможность её корректировки, тиражирования и повторного использования, повысилась производительность труда и увеличилась его интеллектуальная составляющая, появление САД-технологии является процессной инновацией. Экономической целью процессной инновации является повышение эффективности производственных и технологических процессов организации. С позиции эффекта нововведения данная группа инноваций имеет выраженный результат, экономическая цель сводится к росту производительности либо к снижению себестоимости.

Самое важное изменение, которое произвело САД-проектирование – это выход проектирования из плоскости чертежа. Специалисты получили возможности трёхмерного моделирования (3D). Однако, 3D первоначально было не нужно большинству проектировщиков, потому что устоявшаяся система проектирования этого не требовала, она приучила всех реализовывать проектную идею через планы, фасады и разрезы. Новые возможности компьютерных технологий явно обгоняли методологию проектирования [4]. Важно отметить, что и сейчас можно отследить аналогичные предпосылки относительно технологии BIM, особенно в России.

С помощью САД-технологий успешно решалась ещё одна проблема традиционного проектирования – коллективная или многопользовательская работа над сложным проектом. Теперь специалистам не нужно находиться в одном офисе, а проект эффективно управлялся из единого центра. Электронные средства коммуникации позволили эффективно работать над проектом в режиме реального времени специалистам, находящимся в разных организациях, городах или даже странах.

В конце XX века благодаря успехам САД-технологий в нашей стране происходило радикальное переоснащение проектировщиков всех специальностей новыми средствами производства. Теперь одно оснащённое компьютером и САД-программами рабочее место по своей эффективности и производительности труда было сопоставимо с прежней группой специалистов или даже отделом, работавшим вручную. Усовершенствованный и отложенный компьютерный механизм рабочего проектирования зданий и сооружений стал более простым и технологичным, но в идейном плане сама технология проектирования зданий всё ещё оставалась на прежнем уровне, определённом 500 лет назад, ручного создания чертежей. Технология информационного моделирования зданий представляет собой инновационный подход к процессам проектирования зданий на всём жизненном цикле строительного проекта посредством создания цифровой модели или цифровой копии здания [5-6].

Подход в проектировании, обозначаемый сейчас как информационное моделирование зданий, зарождался давно, но недостаточная техническая и технологическая развитость, отсутствие нужного инструментария не давали ему чётко сформироваться. И только появление современных компьютерных средств и информационных технологий позволило наконец BIM раскрыть свой потенциал и быстрыми темпами начать завоевывать лидирующее положение в отрасли архитектурно-строительного проектирования [7].

Информационная модель должна быть не просто выполненным с помощью компьютера аналогом обычного картонного макета, дающего представление о форме здания, а полноценной виртуальной копией здания, включающий все его технические системы и коммуникации. Модель должна соответствовать количественными, геометрическими и технологическими характеристиками конструкций, материалов, оборудования и функциональных особенностей [8]. При чём все данные об объекте должны быть не просто собраны воедино в табличном или ином текстовом формате, а являться взаимосвязанными скоординированными параметрами модели здания или сооружения, корректировка которых с учётом существующих между ними зависимостей влечёт за собой автоматическое изменение всей модели [9-10].

Информационная модель существует на протяжении всего жизненного цикла здания или сооружения. На этапе ввода объекта капитального строительства (ОКС) в эксплуатацию информационная модель передаётся соответствующей административно-хозяйственной службе здания, которая будет иметь актуальные данные о состоянии сооружения, плановом техническом обслуживании и необходимости ремонта инженерных систем. Благодаря информационной модели здания у заинтересованных сторон имеется доступ к актуальной проектной и строительной документации с возможностью просматривать весь процесс постройки, эксплуатации и сноса здания [11].

Для того, чтобы построить информационную модель здания или сооружения, требуется большое количество информации не только о геометрии объектов и об их положении в пространстве, но и о свойствах этих объектов: их стоимости, мощности, прочности, массе и многом другом, что потребуется для проведения согласованного анализа. Именно информация, содержащаяся в модели, является ключевым ресурсом технологии информационного моделирования. Многих специалистов, продолжающих использование САД-проектирования, пугает необходимость использования большого числа данных для полноценного функционирования информационной модели. Это является одной из причин использования большинством отечественных проектировщиков морально устаревшей технологии.

Внедрение BIM-технологий упрощает процессы визуализации будущего объекта и позволяет организации выполнять моделирование значительно эффективнее, по сравнению с моделированием на основе САД. Кроме этого, преимуществом информационного моделирования перед САД-моделированием является возможность выявлять коллизии. То есть, процесс информационного моделирования проектов проходит более эффективно и продуктивно [12].

Информационное моделирование позволяет одновременно работать множеству специалистов из разных областей проектирования в одном файле, не мешая друг другу и мгновенно получая информацию о деятельности другого специалиста в полном объеме, что позволяет своевременно обнаружить возможные коллизии, которые часто возникают на стадии возведения ОКС.

Автоматизированная обработка информации является важным преимуществом BIM над САД. В процессе работы с информацией BIM-технология предполагает её сохранность, то есть, передачу информации между этапами жизненного цикла здания для дальнейшей обработки без потери качественных и количественных показателей. Под защитой информации понимается лучший контроль над проектом за счёт усложнения фальсификации информации. Возможность разделения информационных потоков обеспечивает более качественную одновременную работу специалистов из различных областей строительства в едином информационном пространстве. Каждый из них может скрыть малозначимую для них информацию, которая всегда остаётся в информационной модели и доступна для заинтересованных сторон [13].

Использование BIM-модели позволяет за счёт выделенных преимуществ улучшить качество, в перспективе уменьшить себестоимость и увеличить скорость выпуска проектов. Появление BIM-технологии является процессной инновацией по отношению к САД-проектированию. Основным стимулом проектных организаций к использованию информационной модели здания является сокращение затрат. Такой подход позволяет инвестору проекта изучить всеобъемлющие и исчерпывающие технико-экономические показатели объекта, увеличить скорость принятия решений на всех этапах жизненного цикла объекта. Заказчик может эффективно управлять проектом, видеть затраты, которые можно учесть как на начальной стадии, так и на стадии реконструкции, точно знать стоимость строительства или возможного ремонта.

Если изучить проводимые исследования в этой отрасли, то можно увидеть схожую общемировую практику и аналогичные направления развития строительной отрасли или отрасли АЕС (англ. АЕС – Architecture, engineering and construction – индустрия архитектурно-строительного проектирования). В зарубежной практике внедрения BIM-технологии активно используется интернет вещей [14-15].

В настоящий момент времени датчики и системы сбора данных становятся дешевле с каждым годом. Уже сейчас можно за небольшие деньги оснастить ОКС большим количеством датчиков, анализирующих различные характеристики, с целью сбора данных о параметрах среды здания или сооружения (давлении, температуре, концентрации углекислого газа и т.д.). Анализ данных для получения информации о функционировании объекта капитального строительства можно выполнять с использованием BIM-модели. Информационная модель в этой концепции позволяет использовать атрибутивные характеристики оборудования, элементов здания и геометрические характеристики строения для того, чтобы анализировать данные совместно с информацией с датчиков.

Информационная модель позволяет постоянно отслеживать состояние ОКС, что облегчает реконструкцию или вывод из эксплуатации здания или сооружения, эта особенность технологии актуальна для объектов, используемых в условиях сложных и опасных технологических процессов (ГЭС, ГРЭС, АЭС, ТЭС и заводы со сложным технологическим циклом), поскольку всегда имеется актуальная информация об объекте. Благодаря цифровой модели становится труднее не заметить изменения в элементах конструкции или имеющихся скрытых коммуникациях.

ООО «Конкуратор» в 2019 году провело исследование «Уровень применения BIM в России». Участниками опроса стали 541 респондент. На основании исследования было выявлено, что 22% опрошенных применяют BIM-технологии с разной степенью внедрения, 48% респондентов сообщили о том, что не применяют BIM-технологии. В ходе исследования от 87 организаций (16%) был получен ответ «затрудняюсь от-

ветить», в 75 случаях этот ответ дал секретарь или офис-менеджер ввиду невозможности контакта напрямую с компетентным сотрудником. Еще 12% респондентов не дали ответ на поставленные вопросы. Конечно, есть вероятность, что и среди предприятий, от которых не удалось получить ответа, есть организации, использующие BIM в той или иной степени. Тем не менее, половина респондентов исследования сообщили о том, что не применяют BIM-технологии, а уровень применения BIM в 2019 остался точно такой же, что и в 2017 году (на основании аналогичного исследования) – 22% [16].

Хотелось бы отметить нелинейный характер функции уровня применения BIM по годам, который нам демонстрируют и другие страны. Если мы обратимся к практике подобных исследований, проводимых в Великобритании компанией NBS (коммерческое подразделение RIBA) на протяжении 9 лет, то обнаружим следующие результаты по степени применения BIM: 2014 год – 54%, 2015 – 48%, 2016 – 54%. И все это после четырехкратного роста – с 13% за три года опросов (с 2011 года) [16]. На настоящий момент Россия отстаёт от динамики распространения BIM-технологий по сравнению с зарубежным опытом [17]. Сейчас начать активное внедрение этих технологий намного проще, поскольку уже существует современное программное обеспечение и опыт других стран, чего 15 лет назад еще не было.

### Результаты и обсуждения

В рамках статьи предполагается разработка математической модели, с помощью которой можно оценить влияние использования технологии проектирования, применяемой строительными и проектными организациями различной направленности. Для сравнения эффективности использования и последующего выбора технологии проектирования ОКС использовалось математическое моделирование, актуальность использования математического моделирования подтверждается большим количеством опубликованных научных работ [18-19]. Под математическим моделированием понимается применение знаний из области математики с целью получения генерализации реальных объектов и явлений.

С развитием персональных компьютеров появилось различное программное обеспечение, упрощающее создание математических моделей. Одной из компьютерных программ, используемых специальные языки программирования и/или подготовленные автоматизированные шаблоны для создания математических моделей, является среда MATLAB. В ходе построения математической модели для среды MATLAB был использован пакет расширения Fuzzy Logic Toolbox, который позволяет сделать описываемую математическую модель с помощью нечёткой логики и построить её в графическом представлении.

Математическая модель, оценивающая влияние технологии проектирования на функционирование проектных и строительных организаций, призвана побудить руководителей таких фирм проанализировать альтернативную технологию проектирования и оценить целесообразность перехода их предприятия на применение технологии BIM.

Ключевым условием создания математической модели является задание переменных, которые представляют собой некие параметры, оцениваемые с помощью нечёткой логики. В процессе математического моделирования производится анализ выбранных переменных, а результатом математического моделирования является итоговая оценка двух технологий проектирования ОКС на основе выбранных параметров.

В качестве параметров, необходимых для построения математической модели оценки технологий проектирования зданий и сооружений, было выбрано четыре универсальных множества:

- **Качество** – высокий уровень получаемой документации, наименьшее количество коллизий, полностью продуманная концепция здания и соответствие спецификаций и чертежей. Единица измерения – %;
- **Производительность** – величина, равная отношению объёма проделанной работы специалистов по проектированию зданий ко времени, за которое она была совершена. Единица измерения – чел./час;
- **Универсальность** – показатель, отражающий простоту представления готового проекта или доступность для понимания результатов проектирования заказчику (инвестору проекта) и отсутствие необходимости наличия узкоспециализированных знаний. Единица измерения – %;
- **Информативность** – наличие в готовом проекте точного экономического описания проектирования, строительства и эксплуатации здания, предсказания эксплуатационных качеств, рабочей документации, организации строительства, управление эксплуатацией ОКС, возможность обработки данных, полученных с помощью разнообразных датчиков, предназначенных для мониторинга состояния здания и т.д. Единица измерения – %.

Структура построения математической модели оценки технологий проектирования зданий и сооружений представлена на рис. 1.

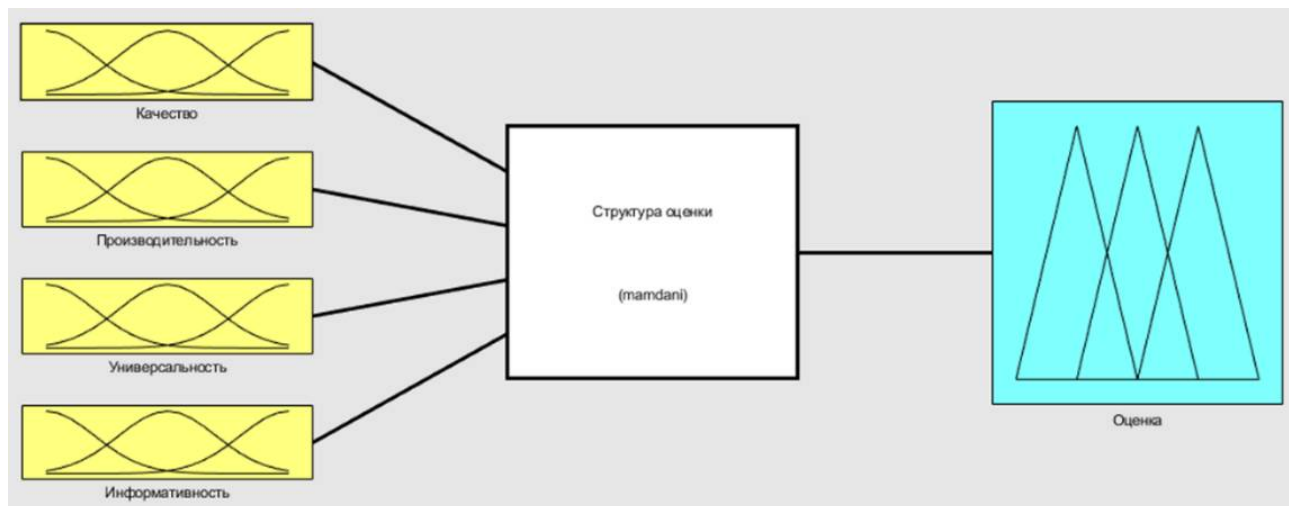


Рис. 1. Структура оценки математической модели  
Fig. 1. Evaluation structure of the mathematical model

Итоговая оценка, используемая для сравнения эффективности и последующего выбора технологии проектирования объектов капитального строительства, выводится на основании четырёх описанных выше параметров.

Однако, имеющиеся ограничения графического представления подобных моделей в выбранном программном обеспечении не позволяют использовать математическую модель в таком виде, поэтому было принято решение разделить структуру оценки технологий проектирования зданий и сооружений на три этапа. Первый и второй этапы представляют собой попарную совокупность выбранных параметров. При таком подходе появляется возможность графически представить систему оценки на основании нечёткой логики.

На первом этапе оценки оценивалось влияние переменных «производительность» и «качество» на деятельность организации. На втором этапе оценки оценивалось влияние переменных «универсальность» и «информативность». На третьем этапе оценки технологии САПР за исходные параметры принимаются результаты, полученные на первом и втором этапах. На рис. 2 показано графическое представление третьего этапа математической модели.

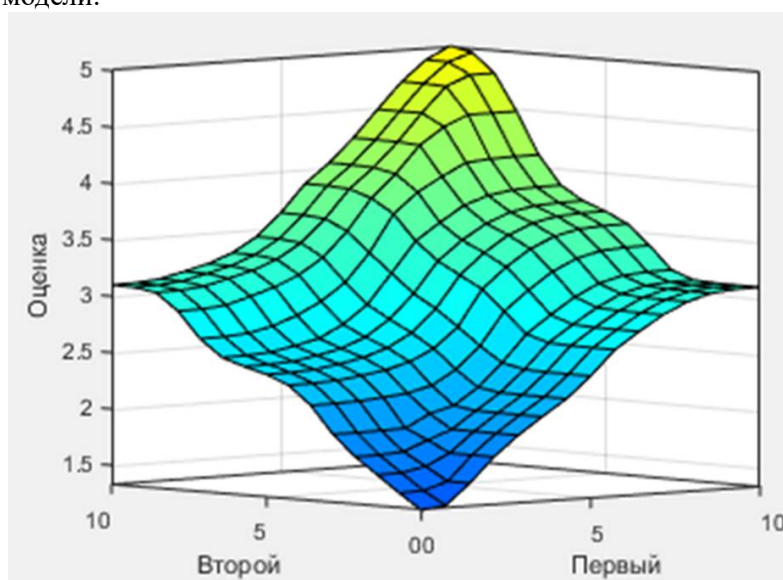


Рис. 2. Графическое представление математической модели  
Fig. 2. Graphical representation of a mathematical model

На основании рис. 2 можно сделать вывод, что совокупность четырёх выбранных переменных влияет на итоговую оценку, получаемую экспертом. На рис. 3 представлена диаграмма совокупности выбранных переменных, отражающая показатели, используемые на первом и втором этапах сравнительной оценки BIM- и CAD-технологий.



Рис. 3. Диаграмма показателей оценки технологий проектирования  
Fig. 3. Diagram of design technology evaluation indicators

В итоге, при последовательном выполнении всех трёх этапов математической модели эксперт получает конкретную оценку технологии. При использовании описываемых переменных математическая модель оценки технологий оценка BIM, которая представлена на рис. 4, оказалась выше оценки технологии CAD, представленной на рис. 5.

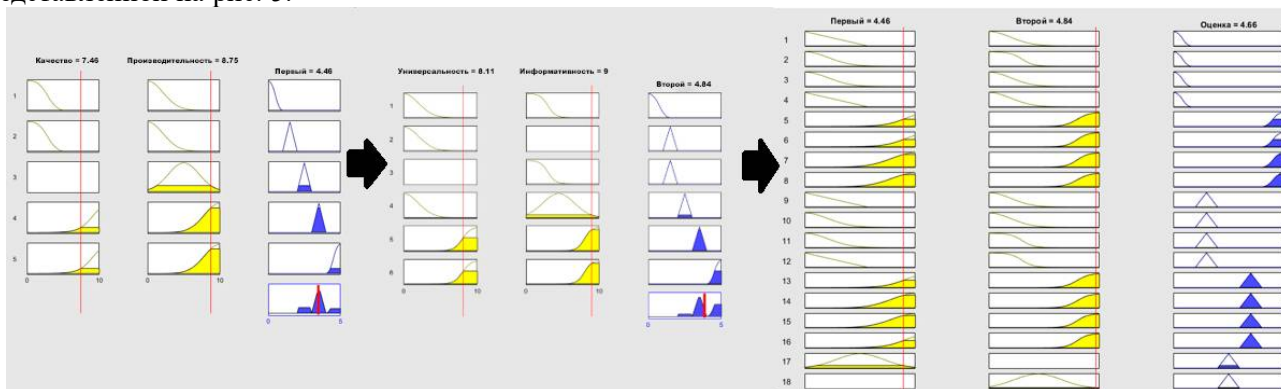


Рис. 4. Итоговая оценка BIM с помощью полученной математической модели  
Fig. 4. Final evaluation of BIM using the resulting mathematical model

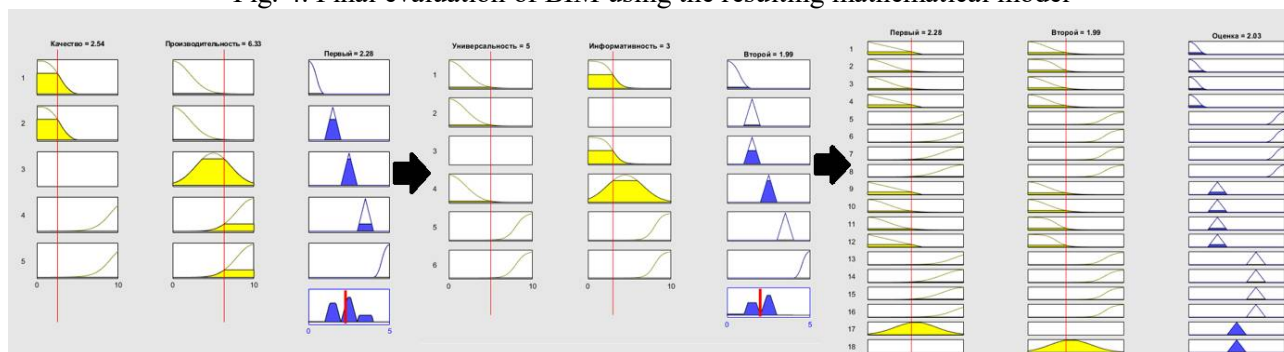


Рис. 5. Итоговая оценка CAD с помощью полученной математической модели  
Fig. 5. Final evaluation of CAD using the resulting mathematical model

Итоговая оценка проводилась по пятибалльной шкале. На основании условий математической модели и выбранных переменных, технология BIM набрала 4,66 баллов, а технологий CAD 2,03 балла. Для лучшего понимания совокупность полученной сравнительной оценки двух технологий проектирования приведена в табличном формате в табл. 1.

Таблица 1

**Результаты оценки технологий проектирования математической моделью**

Table 1

**Results of the evaluation of design technologies by a mathematical model**

Показатели	BIM	CAD
Качество	7,46	2,54
Производительность	8,75	6,33
Универсальность	8,11	5
Информативность	9	3
Итоговая оценка	4,66	2,03

В итоге, полученные с помощью математической модели результаты в совокупности с описанными в тексте статьи преимуществами BIM позволяют сделать вывод об эффективности использования информационного моделирования зданий.

**Выводы**

Эксплуатация зданий и сооружений становится цифровой отраслью, вместе с проектированием, цифровым становится и строительство [20]. В настоящий момент в отрасли АЕС наиболее актуальными являются две различные технологии САПР: BIM – информационное моделирование зданий и CAD – автоматическое проектирование зданий. В тексте статьи были рассмотрены существующие технологии проектирования зданий и сооружений, описана логика функционирования CAD- и BIM-технологий. На основании проанализированного исследования можно сделать вывод об отставании российской практики от динамики распространения BIM-технологий по сравнению с зарубежным опытом.

Для того, чтобы оценить степень влияния технологии проектирования зданий и сооружений на эффективность производственных и технологических процессов строительной или проектной организации, была разработана математическая модель, с помощью которой на основании экспертных оценок выполняется соответствующая оценка. Математическая модель разработана в среде MATLAB с использованием пакета расширения Fuzzy Logic Toolbox. Итоговая оценка математической модели относительно технологии BIM оказалась выше оценки технологии CAD, поэтому можно сделать вывод об эффективности использования информационного моделирования зданий.

**Литература**

1. Salim M.S., Raof Mahjoob A.M. Achieving the Benefits and Requirements of Integrated Project Delivery Method Using BIM // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. № 901 (1).
2. Byun Y., Sohn B.-S. ABGS: A system for the automatic generation of building information models from two-dimensional CAD drawings // Sustainability (Switzerland). 2020. № 12 (17).
3. El-Mekawy M., Ostman A., Hijazi I. A unified building model for 3D urban GIS // ISPRS International Journal of Geo-Information. 2012. № 1 (2). P. 120 – 145.
4. Абакумов Р.Г., Наумов А.Е., Зобова А.Г. Преимущества, инструменты и эффективность внедрения технологий информационного моделирования в строительстве // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 5. С. 171 – 181.
5. Vilutiene T., Hosseini M.R., Pellicer E., Zavadskas E.K. Advanced BIM Applications in the Construction Industry // Advances in Civil Engineering. 2019. Vol. 2019. P. 3.
6. Sepasgozar S.M.E., Hui F.K.P., Shirowzhan S., Foroozanfar M., Yang L., Aye L. Lean practices using building information modeling (BIM) and digital twinning for sustainable construction // Sustainability (Switzerland). 2021. № 13 (1). P. 1 – 22.
7. Antova G., Tanev V. Creation of 3D geometry in scan-to-CAD/BIM environment // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. № 609 (1).
8. Ivson P., Moreira A., Queiroz F., Santos W., Celes W. A Systematic Review of Visualization in Building Information Modeling // IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. 2020. № 26 (10). P. 3109 – 3127.



9. Рыбин Е.Н., Амбарян С.К., Аносов В.В., Гальцев Д.В., Фахротов Н.А. BIM-технологии // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. № 1. С. 98 – 105.
10. El Meouche R., Rezoug M., Hijazi I. Integrating and managing BIM in GIS, software review // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences – ISPRS Archives. 2013. № XL-2/W2. P. 31 – 34.
11. Logothetis S., Karachaliou E., Stylianidis E. From Oss CAD to BIM for cultural heritage digital representation // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences – ISPRS Archives. 2017. № 42 (2W3). P. 439 – 445.
12. Рыбакова А.О., Харитонов Д.С. BIM-сопровождение для эффективности проектирования и строительства // Наука и бизнес: пути развития. 2019. № 6. С. 109 – 111.
13. Choi J., Kim H., Kim I. Open BIM-based quantity take-off system for schematic estimation of building frame in early design stage // Journal of Computational Design and Engineering. 2015. № 2 (1). P. 16 – 25.
14. Ma L., Sacks R., Kattel U., Bloch T. 3D Object Classification Using Geometric Features and Pairwise Relationships // Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering. 2018. № 33 (2). P. 152 – 164.
15. Lin Y.-C., Chen Y.-P., Huang W.-T., Hong C.-C. Development of BIM execution plan for BIM model management during the pre-operation phase: A case study // Buildings. 2016. № 6 (1).
16. ООО «Конкуратор». Исследование «Уровень применения BIM в России». 2019. URL: [http://concurator.ru/information/bim\\_report\\_2019](http://concurator.ru/information/bim_report_2019)
17. Aladag H., Demirdogen G., Isik Z. Building Information Modeling (BIM) Use in Turkish Construction Industry // Procedia Engineering. 2016. № 161. P. 174 – 179.
18. Hollstein T., Halgamuge S.K., Glesner M. Computer-aided design of fuzzy systems based on generic VHDL specifications // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. 1996. № 4 (4). P. 403-417.
19. Imamguluyev R. Application of Fuzzy Logic Model for Correct Lighting in Computer Aided Interior Design Areas // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2021. № 1197 AISC. P. 1644 – 1651.
20. Chen C.-J., Chen S.-Y., Li S.-H., Chiu H.-T. Green BIM-based building energy performance analysis // Computer-Aided Design and Applications. 2017. № 14 (5). P. 650 – 660.

### References

1. Salim M.S., Raof Mahjoob A.M. Achieving the Benefits and Requirements of Integrated Project Delivery Method Using BIM. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 901 (1).
2. Byun Y., Sohn B.-S. ABGS: A system for the automatic generation of building information models from two-dimensional CAD drawings. Sustainability (Switzerland). 2020. 12 (17).
3. El-Mekawy M., Ostman A., Hijazi I. A unified building model for 3D urban GIS. ISPRS International Journal of Geo-Information. 2012. 1 (2). P. 120 – 145.
4. Abakumov R.G., Naumov A.E., Zobova A.G. Advantages, tools and efficiency of implementation of information modeling technologies in construction. Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 2017. 5. P. 171-181. (rus.)
5. Vilutiene T., Hosseini M.R., Pellicer E., Zavadskas E.K. Advanced BIM Applications in the Construction Industry. Advances in Civil Engineering. 2019. 2019. P. 3.
6. Sepasgozar S.M.E., Hui F.K.P., Shirowzhan S., Foroozanfar M., Yang L., Aye L. Lean practices using building information modeling (BIM) and digital twinning for sustainable construction. Sustainability (Switzerland). 2021. 3 (1). P. 1 – 22.
7. Antova G., Tanev V. Creation of 3D geometry in scan-to-CAD/BIM environment. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. 609 (1).
8. Ivson P., Moreira A., Queiroz F., Santos W., Celes W. A Systematic Review of Visualization in Building Information Modeling. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. 2020. 26 (10). P. 3109 – 3127.
9. Rybin E.N., Ambaryan S.K., Anosov V.V., Galtsev D.V., Fakhrotov N.A. BIM-technologies. Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate. 2019. 1. P. 98 – 105. (rus.)
10. El Meouche R., Rezoug M., Hijazi I. Integrating and managing BIM in GIS, software review. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences – ISPRS Archives. 2013. XL-2/W2. P. 31 – 34.
11. Logothetis S., Karachaliou E., Stylianidis E. From Oss CAD to BIM for cultural heritage digital representation. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences – ISPRS Archives. 2017. 42 (2W3). P. 439 – 445.



12. Rybakova A.O., Kharitonov D.S. BIM-support for the efficiency of design and construction. Science and business; ways of development. 2019. 6. P. 109 – 111. (rus.)
13. Choi J., Kim H., Kim I. Open BIM-based quantity take-off system for schematic estimation of building frame in early design stage. Journal of Computational Design and Engineering. 2015. 2 (1). P. 16 – 25.
14. Ma L., Sacks R., Kattel U., Bloch T. 3D Object Classification Using Geometric Features and Pairwise Relationships. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering. 2018. 33 (2). P. 152 – 164.
15. Lin Y.-C., Chen Y.-P., Huang W.-T., Hong C.-C. Development of BIM execution plan for BIM model management during the pre-operation phase: A case study. Buildings. 2016. 6 (1).
16. LLC “Konkurator”. The study “The level of BIM application in Russia”. 2019. URL: [http://concurator.ru/information/bim\\_report\\_2019](http://concurator.ru/information/bim_report_2019) (rus.)
17. Aladag H., Demirdogen G., Isik Z. Building Information Modeling (BIM) Use in Turkish Construction Industry. Procedia Engineering. 2016. № 161. P. 174 – 179.
18. Hollstein T., Halgamuge S.K., Glesner M. Computer-aided design of fuzzy systems based on generic VHDL specifications. IEEE Transactions on Fuzzy Systems. 1996. 4 (4). P. 403 – 417.
19. Imamguluyev R. Application of Fuzzy Logic Model for Correct Lighting in Computer Aided Interior Design Areas. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2021. 1197 AISC. P. 1644 – 1651.
20. Chen C.-J., Chen S.-Y., Li S.-H., Chiu H.-T. Green BIM-based building energy performance analysis. Computer-Aided Design and Applications. 2017. 14 (5). P. 650 – 660.

**Solovyev D.B., Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.), Professor,  
Kopotilova V.G.,  
Katyuk D.P. \*,  
Pirus A.V.,  
Grigoryuk V.A.,  
Krylova A.I.,  
Far Eastern Federal University, Russia**

\*Corresponding author E-mail: [katiuk.dp@students.dvfu.ru](mailto:katiuk.dp@students.dvfu.ru)

## COMPARISON OF CAD AND BIM TECHNOLOGY EFFICIENCY WITH THE USE OF A MATHEMATICAL MODEL

**Abstract:** the article reveals definitions and the entity of computer-aided design and building information modeling. The content and effect of using information modeling at various phase of the life cycle of a real estate object are described in the article. The level of BIM applying in Russia is analyzed, data is obtained that the majority of AEC organizations do not use information modeling. A comparative evaluation of the applying of various CAE systems using mathematical modeling in the MATLAB environment using the Fuzzy Logic Toolbox extension package is carried out. Based on the obtained results, we can make a conclusion about the effectiveness of using building information modeling. The information in this article is relevant for designers, real estate investors, and leaders of AEC organizations. The obtained evaluation of project technology is able to induce stakeholders to analyze alternative technology of project and estimate the expediency of Russian enterprise's transition to the use of BIM technology.

**Keywords:** BIM-technology, CAD-technology, information modeling, capital construction, construction, economic efficiency of implementation

**Для цитирования:** Соловьев Д.Б., Копотилова В.Г., Катюк Д.П., Пирус А.В., Григорюк В.А., Крылова А.И. Сравнение эффективности использования технологий bim и cad с помощью математической модели // Строительные материалы и изделия. 2021. Том 4. № 1. С. 18 – 26. DOI: 10.34031/2618-7183-2021-4-1-18-26

**For citation:** Solovyev D.B., Kopotilova V.G., Katyuk D.P., Pirus A.V., Grigoryuk V.A., Krylova A.I. Comparison of BIM and CAD technology efficiency with the use of a mathematical model. Construction Materials and Products. 2021. 4 (1). P. 18 – 26. DOI: 10.34031/2618-7183-2021-4-1-18-26

Поступила в редакцию 28 декабря 2020 г.  
Принята в доработанном виде 20 января 2021 г.  
Одобрена для публикации 14 февраля 2021 г.

Received: December 28, 2020.  
Revised: January 20, 2021.  
Accepted: February 14, 2021.