



**МУЛЬТИСИСТЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ С  
ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПРОГНОЗА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**  
**MULTI-SYSTEM MODELING AND MANAGEMENT IN ORDER TO  
IMPROVE THE ACCURACY OF THE FORECAST IN CONSTRUCTION**

**Птухина Ирина Станиславовна**, канд. техн. наук, доцент, Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого, 196251, РФ, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29 E-mail: [irena\\_ptah@edu.spbstu.ru](mailto:irena_ptah@edu.spbstu.ru)

**Кирсанова Татьяна Александровна**, студент магистратуры, Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого, 196251, РФ, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29 E-mail: [kirsanova.ta@edu.spbstu.ru](mailto:kirsanova.ta@edu.spbstu.ru)

**Ptuhina Irina Vyacheslavovna**, candidate of technical sciences, manager pathoanatomical office, peter the great St. Petersburg Polytechnic University, 196251, Russian Federation, St. Petersburg, Politechnicheskaya str., 29

**Kirsanova Tatiana Alexandrovna**, master's degree student, peter the great St. Petersburg Polytechnic University, 196251, Russian Federation, St. Petersburg, Politechnicheskaya str., 29

**Аннотация:**

**Цель:** Установка необходимости контроля качества BIM-модели для выявления ряда проблем, требующих решения.

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

**Методы:** Применение оптимизированного алгоритма управления контролем качества эксплуатационной модели промышленного объекта с использованием больших данных на основе РНСНСДКП для определения ориентира для дальнейшего развития строительной отрасли в России.

При решении поставленных задач применялись методы эмпирического исследования, метод поиска данных и метод интеллектуального анализа данных.

**Результаты:** В настоящее время большие данные разбросаны по разным участкам. Очень трудно классифицировать, хранить, запрашивать и обновлять данные в сложившейся системе. Наряду с прочим нет системы для создания, расчета, управления, применения и обмена данными. Руководителям проектов по-прежнему приходится ежедневно обрабатывать массивные информационные материалы. Они просто полагаются на бумажные материалы или персонализированную сетевую связь для передачи проектной информации, что затрудняет своевременный запрос данных, необходимых для управления проектами.

Отслеживание проектов в режиме реального времени также невозможно, что, несомненно, приводит к большой трате ресурсов данных. Низкая степень информатизации в значительной мере сдерживает трансформацию и модернизацию строительной отрасли в России. Для того, чтобы строительство в России стало «преуспевающим», «умным» и «экологичным» необходимо производить предварительный максимально точный расчет, эффективное управление, применение современных технологий и оперативный обмен данными.

**Выводы:** 1. На пути к оптимизации больших данных в управлении строительными проектами было определено, что BIM является его исходным кодом. В данной статье, основанной на базе данных BIM-модели промышленного предприятия, абстрагируются многомерные данные из нескольких случаев и извлекаются данные информации о качестве.

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

2. С помощью методов интеллектуального анализа данных исследуются первопричины многих проблем относительно качества во время разработки проекта и происходит фокусировка на ключевых моментах в процессе управления качеством при запуске нового проекта и укрепляется способность контролировать управление им.

3. При извлечении и первичной обработке данных о качестве был представлен процесс интеллектуального анализа данных текста управления качеством архитектурной инженерии, что дает нам возможность увидеть детальное представление всего процесса.

4. Установлено, что в процессе очистки повторяющиеся данные, отсутствующие значения, ошибки ввода и бессмысленные значения обрабатываются, а некорректные данные обнаруживаются и корректируются как можно скорее, чтобы предоставить стандартизированные высококачественные сведения для последующих работ. В основном, для нормализации данных должны быть приняты следующие меры: дедупликация данных, исправление ошибок ввода, обработка пропущенных значений и сегментация текста.

5. Визуальный анализ облака слов нам показал, что существует множество проблем с качеством компонентов и деталей, таких как стены, несущие колонны и арматура и пр. Среди них наиболее заметными являются проблемы качества проекта арматуры. Проблемы в основном связаны со стремениами, основными стержнями, тяговыми крюками и усиленными стержнями.

6. При анализе майнинга на основе алгоритма кластеризации установлено, что тексты описания вопросов качества, изучаемых в этой главе, являются короткими фразами, что говорит о крайне малой вероятности повторного появления одного и того же ключевого слова в любом тексте, а рассчитанный TF-IDF более точен. Поэтому в данном анализе текста вес каждой фразы рассчитывается с использованием значения TF-IDF и матрицы TDM. На основании этого была построена математическая характеристика TF-IDF.

7. Результаты кластеризации показали, что чем больше квадрат и дисперсия между классами, тем более дифференцированы эти две категории.

**Abstract:**

**Objective:** To establish the need for quality control of a BIM model to identify a number of problems that need to be solved.

**Methods:** Application of an optimized algorithm for quality control control of an operational model of an industrial facility using big data based on the RNSNSDCP to determine a benchmark for the further development of the construction industry in Russia.

The methods of empirical research, the method of data search and the method of data mining were used to solve the tasks.

**Results:** Currently, big data is scattered across different sites. It is very difficult to classify, store, query and update data in the current system. Among other things, there is no system for creating, calculating, managing, applying and exchanging data. Project managers still have to process massive informational materials on a daily basis. They simply rely on paper materials or personalized network communication to transmit project information, which makes it difficult to request the data needed for project management in a timely manner.

Tracking projects in real time is also impossible, which undoubtedly leads to a large waste of data resources. The low degree of informatization significantly hinders the transformation and modernization of the construction industry in Russia. In order for construction in Russia to become "prosperous", "smart" and "eco-friendly", it is necessary to make the preliminary most accurate calculation, effective management, the use of modern technologies and operational data exchange.

**Conclusions:** 1. On the way to optimizing big data in construction project management, it was determined that BIM is its source code. In this article, based on the BIM model database of an industrial enterprise, multidimensional data from several cases is abstracted and quality information data is extracted.

2. With the help of data mining methods, the root causes of many quality problems during project development are investigated and the focus is on the key points in the quality management process when launching a new project and the ability to control its management is strengthened.

3. During the extraction and primary processing of quality data, the data mining process of the architectural engineering quality management text was presented, which gives us the opportunity to see a detailed representation of the entire process.

4. It is established that during the cleaning process, duplicate data, missing values, input errors and meaningless values are processed, and incorrect data are detected and corrected as soon as possible to provide standardized high-quality information for subsequent work. Basically, the following measures should be taken to normalize data: data deduplication, correction of input errors, processing of missing values and text segmentation.

5. Visual analysis of the word cloud showed us that there are many problems with the quality of components and parts, such as walls, supporting columns and fittings, etc. Among them, the most noticeable are the quality problems of the valve design. The problems are mainly related to stirrups, main rods, traction hooks and reinforced rods.

6. When analyzing mining based on the clustering algorithm, it was found that the texts describing the quality issues studied in this chapter are short phrases, which indicates an extremely low probability of the same keyword reappearing in any text, and the calculated TF-IDF is more accurate. Therefore, in this text analysis, the weight of each phrase is calculated using the TF-IDF value and the TDM matrix. Based on this, a mathematical characteristic of TF-IDF was constructed.

7. Clustering results showed that the larger the square and the variance between classes, the more differentiated these two categories are.

**Ключевые слова:** большие данные, контроль качества, управление строительными проектами, информационное моделирование.

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

**Keywords:** big data, quality control, construction project management, information modeling.

Строительная отрасль — это отрасль с наибольшим масштабом и объемом данных. Строительный проект имеет относительно длительный жизненный цикл и обычно делится на этап проектирования, этап подготовки к строительству, этап строительства, этап завершения и этап эксплуатации и технического обслуживания.

На каждом этапе генерируется большое количество данных, таких как инженерные чертежи на этапе проектирования и строительства, сырье, основные компоненты, стоимость, качество, безопасность, материалы и другая информация, поэтому весь проект будет производить большой объем данных от начала строительства до финальной сдачи; его можно разделить на два типа информации: структурированная и неструктурированная и хранить её в виде цифровых выписок и текстовых файлов [1].

21 век — это эпоха взрыва данных. Все сферы жизни наводнены огромными объемами данных, которые имеют большую коммерческую ценность, поэтому большие данные оказались в центре внимания. После проведения реформ, строительная отрасль России быстро выросла в размерах, что поспособствовало экономическому и социальному развитию, а также продолжило расширять рыночную емкость отрасли [2].

Для дальнейшего улучшения управления качеством проектов и удовлетворения потребностей быстрого экономического развития в новую эпоху надо стремиться к разработке новых идей и методов управления. Материалы и методы

Платформа интеграции данных BIM. Информационное моделирование зданий (BIM) основано на различных связанных данных, полученных при реализации строительного проекта. Он строит базу данных с информацией, собранной за весь жизненный цикл строительного проекта, и разрывает

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" однолинейные связи между участниками проекта. Модель изменяет пассивную ситуацию, в которой традиционные проекты полагаются на бумажные материалы или персонализированную сетевую коммуникацию для доставки информации о проекте, позволяя участникам понимать ход проекта в режиме реального времени и используя интернет-технологии для поиска самой последней, самой точной, актуальной и наиболее важной информации. Все это уменьшает проблемы с качеством, вызванные с низкой эффективностью совместной работы, и является важным способом реализации усовершенствования и управления информацией в строительной отрасли.

Рождение и развитие BIM ломают однолинейную модель контакта между участниками проекта. Эпоха использования бумажных материалов или персонализированной сетевой связи для предоставления информации о проекте должна уйти навсегда, что позволит участникам своевременно и всесторонне понимать ход и профиль проекта, что снизит количество ненужных проблем относительно качества управления проектом.

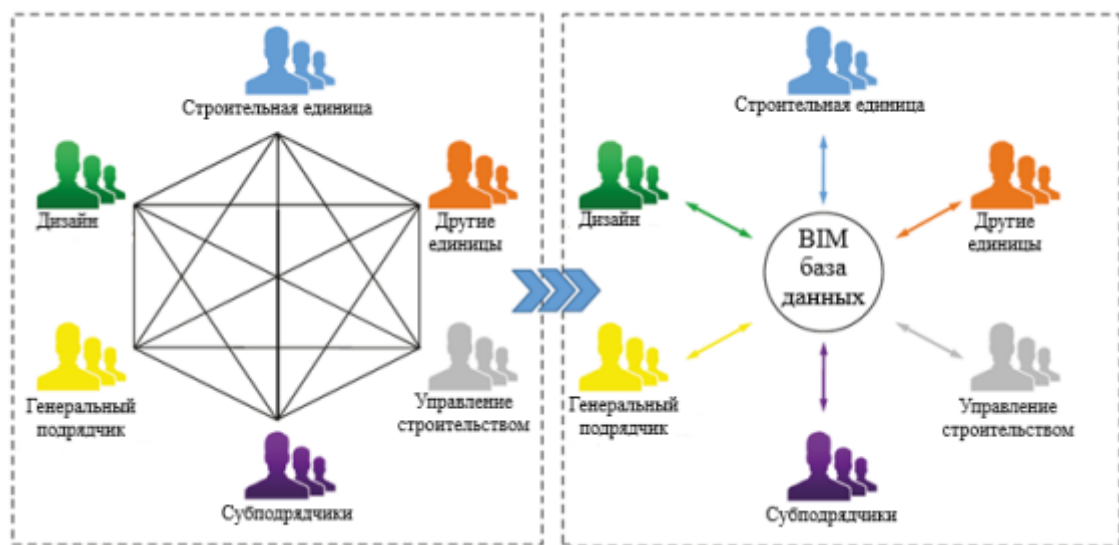


Рис. 1. Изменения в режиме обмена информацией

Платформа интеграции данных BIM принесла большие преимущества в обеспечении непрерывности и согласованности данных. Управление проектами на всех стадиях жизненного цикла осуществляется на основе трехмерной твердотельной модели [5]. Каждый участник постоянно вводит и обновляет

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" модель BIM и извлекает базовую информацию, такую как геометрические параметры, параметры физических характеристик и параметры функциональных атрибутов извлеченных компонентов, а также информацию о факторах управления, таких как качество проекта, безопасность, стоимость, график, и использует ее в качестве расширенной атрибутивной информации для реализации бизнес-процесса управления качеством строительных проектов [6, 7]. Интеграция информации полного жизненного цикла и организация управления привели к созданию полной информационной модели. База данных BIM всего жизненного цикла обновляется в режиме реального времени.

Каждый участник может обмениваться информацией о данных с разных точек зрения в пределах своей юрисдикции и работать совместно. Изменение способа обмена информацией с помощью BIM показано на рисунке 1.

Большие данные — это совокупность данных, которые невозможно собрать, управлять и обрабатывать с помощью обычных программных инструментов в течение определенного периода времени. Это огромный объем данных, который требует новой модели обработки, чтобы иметь больше возможностей для принятия решений, понимания и оптимизации процессов. Большие данные — это диверсифицированный информационный актив с высокими темпами роста.

Ядро технологии больших данных заключается в специализированной обработке данных, которая ищет информацию о данных и повышает ценность данных за счет увеличения способности обработки данных. BIM имеет мощную внутреннюю систему хранения, включающую уровень данных, уровень модели и уровень информационного приложения, что создает эффективную платформу для интеграции информации.

На основе информационных данных строительного проекта он определяет основные данные, такие как атрибуты сбора, атрибуты физической структуры и функциональные атрибуты компонентов, а также строит информационную 3D-модель здания на основе этих данных. BIM может реализовать динамическое,



Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" интегрированное и визуальное управление информацией. Объекты модели связаны с атрибутивной информацией и данными отчета [8].

Ввод, изменение, удаление и обновление атрибутивной информации объектов модели приведет к обновлению в реальном времени связанных с ними отчетных данных, что может обеспечить динамическую передачу информации

По мере продвижения проекта и всестороннего применения 3D-моделей зданий информация об этапах проектирования, этапах подготовки к строительству, этапах строительства, этапах завершения, а также этапах эксплуатации и технического обслуживания строительного проекта постоянно

интегрируется на основе 3D-модели для обеспечения непрерывности и согласованности информации о действиях. В конечном счете, формируется BIM-модель информации о продукте проекта и бизнес-процессах, информация о жизненном цикле и интеграция информации об организации управления [9,10]. Источник информации базы данных BIM показан на рисунке 2.

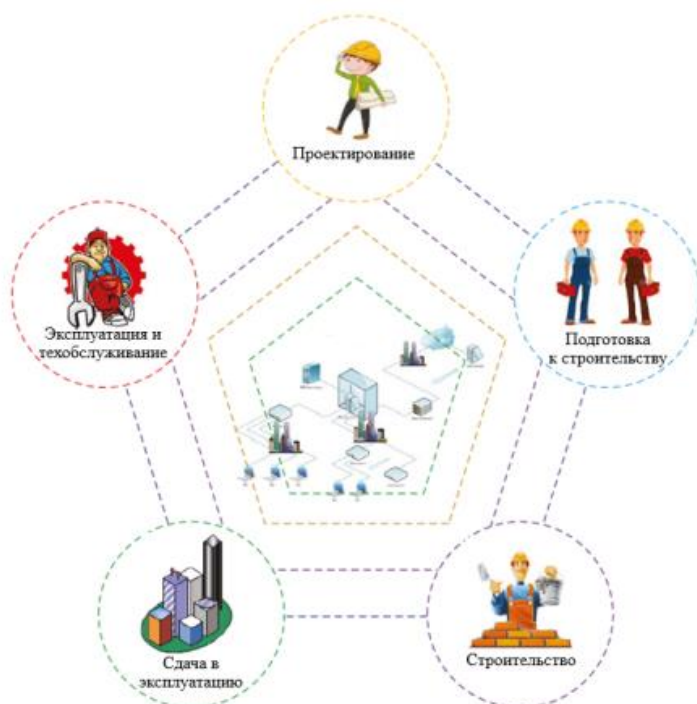


Рис. 2. Источник данных базы данных Вim

Данные — это опора управления. Основой управления инженерными проектами является управление инженерными данными. Технология BIM ускоряет информатизацию строительной отрасли, а также позволяет записывать

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" данные всего жизненного цикла проекта и создавать базу данных проекта. Накопление мультипроектных данных на основе BIM сформирует корпоративную базу данных, в которой будет храниться огромный объем данных.

Таким образом, BIM можно рассматривать как носитель и основу базы данных строительной отрасли. Его можно назвать «исходным кодом больших данных строительной отрасли» [11, 12].

Ключом к применению больших данных в строительстве является реализация «добавочной стоимости» инженерных данных посредством расчета данных и обмена ими.

Циклическое накопление многоэлементных данных на основе BIM формирует огромную базу данных и будет хранить большое количество информации внутри, поэтому BIM можно рассматривать, как стабильную и надежную базу данных. В данном исследовании, основанном на базе данных BIM-модели промышленного объекта, абстрагируются многомерные данные из нескольких случаев и извлекаются данные информации о качестве. С помощью методов интеллектуального анализа данных исследуются первопричины многих проблем относительно качества во время разработки проекта и происходит фокусировка на ключевых моментах в процессе управления качеством при запуске нового проекта и укрепляется способность контролировать управление им.

На основе использования BIM для создания, извлечения, управления качеством и преобразования данных BIM-модели в большие BIM-данные мы должны уделить особое внимание ценности больших данных, среди которых текстовые данные управления качеством строительной техники, как ветвь интеллектуального анализа данных, основана на обнаружении знаний текстовых документов, извлечении скрытой, ценной, потенциально неизвестной информации из крупномасштабной текстовой коллекции, которая требует предварительной обработки неструктурированных данных в текстовой

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" коллекции (очистка текста, сегментация текста, кластеризация текста, анализ семантической сети и т. д.) [13, 14]. Процесс интеллектуального анализа данных текста управления качеством архитектурной инженерии показан на рисунке 3.



Рис. 3. Процесс анализа текста

Из рисунка 3 видно, что вначале проводится анализ большого объема неструктурированных текстовых данных, формулировка правил очистки данных и выполнение сегментации текста для получения стандартизированного источника данных.

Далее следует этап извлечения связей между ключевыми словами с помощью очистки и сегментации текста, а также анализа частоты слов для достижения уменьшения размерности и текстового представления текста, а также визуализации данных в виде инструментов.

На завершающем этапе в соответствии с текстовым содержанием дополнительно анализировать визуальные данные с помощью кластеризации текста для получения полезной информации о знаниях в тексте.

Большие данные давно используются в физике, биологии, экологии окружающей среды, военной, финансовой и коммуникационной отраслях. Однако строительная отрасль с огромными объемами информации до сих пор не имеет собственных баз данных уровня предприятия и уровня проекта.

Проект очень слаб в управлении, инновациях, трансформации и обновлении из-за изолирования от интернета и больших данных. Традиционные

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" теории, методы и образ мышления управления качеством архитектурной инженерии больше не могут в полной мере соответствовать требованиям эпохи больших данных в сложившейся ситуации.

Во времена информационного всплеска необходимо много анализировать, извлекать информацию о качестве проекта из больших данных и исследовать основные причины проблем относительно качества с помощью методов поиска данных. Более того, это может позволить нам предсказывать ключевые моменты управления качеством при реализации новых проектов и устранять недостатки традиционного управления качеством, опираясь на «постсобытийные» данные.

Учитывая, что данные о зданиях разбросаны по локализованному управлению, классификация, хранение, запрос и обновление данных очень сложны, а упорядоченная система управления и использования данных не сформирована.

Большой объем информации по-прежнему нуждается в ежедневной ручной обработке менеджером, в то время как пользователь данных (менеджер проекта или технический специалист) зависит только от бумажных материалов или личной сетевой связи с целью передачи информации о проекте [3, 4]. Им трудно запрашивать и управлять строительными материалами в режиме реального времени или отслеживать строительство проекта. Это привело к растрате информационных ресурсов, что в значительной степени сдерживает развитие строительной отрасли России.

Есть два типа слов, которые имеют отношение к кластеризации текста: во-первых, это описание компонентов, деталей и работ, таких как несущие стены, несущие колонны, опалубка, пол, детали, кладка, стены, завершение, площадка, осмотр, исправление, отдельные, бетон, сталь, основная арматура, процесс, стяжка и так далее. Во-вторых, это описание существующих явлений и проблем на сайте, таких как явление, серьезное, отсутствующее, смещение, плохое, качество, проблемы с качеством. «Строительная колонна» и «стена» находятся на том же уровне, что и категория имени компонента; «требование» –

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" стандартное техническое задание, которое должно выполняться при проведении работ и эксплуатации; «чрезмерное» и «качественное» находятся на одном уровне и находятся на уровне «требований».

Следующий уровень исследования требует качественного описания результатов работ разных этапов строительного объекта на основе полученных

#### **Список литературы:**

1. Коста Г., Мадрасо Л. Соединение каталогов строительных компонентов с моделями BIM с использованием семантических технологий: приложение для сборных железобетонных компонентов / Автоматизация в строительстве. – 2015. - С. 239–248.
2. Клайн Л., Дж. Ю. Квак, Кавуля Г. Координация поведения жильцов для управления энергопотреблением и комфортом здания с использованием многоагентных систем / Автоматизация в строительстве. – 2012. - С. 525–536.
3. Гаффариан Хосейни А., Чжан Т., Нвадиго О. / Применение интегрированной системы управления зданием, основанной на знаниях BIM (BIMKBMS) для проверки энергоэффективности после строительства / Обзоры возобновляемых и устойчивых источников энергии. – 2017. - С. 935– 949.
4. Гаффариан Хосейни А., Макареми Н., Гаффариан Хосейни М. Устойчивые энергетические характеристики зеленых зданий: обзор современных теорий, реализаций и проблем / Обзоры возобновляемых и устойчивых источников энергии. – 2017. - С. 1– 17.
5. Хамледари Х., Маккейб Б., Давари С. Автоматическое обновление расписания и хода выполнения 4D BIM на основе IFC / Журнал вычислительной техники в гражданском строительстве. – 2017. – С. 31-37.
6. Лю З., Ву Д., Ю Х. Полевые измерения и численное моделирование комбинированных режимов работы солнечного отопления для жилых

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

- зданий на основе случая Цинхай-Тибетского плато / Ма В., Джин Г. Энергия и здания. – 2018. – С. 312 – 321.
7. Сенарад С., Ли К., Шен Л. Анализ стоимости жизненного цикла внедрения экологически чистых зданий с использованием деревянных материалов / Журнал чистого производства. – 2017. - С. 458–469.
  8. Лю З., Ченг К., Ли Х. / Изучение потенциальной взаимосвязи между качеством воздуха в помещении и концентрацией переносимых по воздуху культивируемых грибов: комбинированный экспериментальный и нейронный анализ, исследование сетевого моделирования // Цао Г., Ву Д., Ши Ю. Науки об окружающей среде и исследования загрязнения. - 2018. - С. 3510–3517.
  9. Фу Х., Лю С. Исследование влияния экологического образования на поведение людей в отношении повторного использования оборотной воды / Евразийский журнал математики, естественных наук и технического образования. – 2017. - С. 6715–6724.
  10. Волк Р., Стенгель Дж., Шультманн Ф. Информационное моделирование зданий (BIM) для существующих зданий — обзор литературы и будущие потребности / Автоматизация в строительстве. – 2014. - С. 109–127.
  11. Миеттинен Р., Паавола С. За пределами утопии BIM: подходы к разработке и внедрению информационного моделирования зданий / Автоматизация в строительстве. – 2014. - С. 84–91.
  12. Фу Х., Лю С., Исследование феномена духовного заражения жителей Китая при повторном использовании оборотной воды на основе SC-IAT. – 2017. - С. 846.
  13. Боше Ф., Ахмед М., Туркан Ю. Ценность интеграции методов сканирования в BIM и сканирования против BIM для мониторинга строительства с использованием лазерного сканирования и BIM: случае цилиндрических компонентов МЭП / Хаас К., Хаас Р. Автоматизация в строительстве. – 2015. - С. 201–213.

14. Ян А., Хан Ю., Пан Ю. Прогнозирование оптимальной шероховатости поверхности титанового сплава с использованием методологии поверхности отклика / Син Х., Ли Дж. Результаты по физике. – 2017. - С. 1046–1050.

**List of literature:**

1. Costa G., Madrazo L. Connecting catalogs of building components with BIM models using semantic technologies: an application for precast concrete components / Automation in construction. - 2015. - pp. 239-248.
2. Klein L., J. Y. Kvak, Kavulya G. Coordination of residents' behavior for managing energy consumption and building comfort using multi-agent systems / Automation in construction. - 2012. - pp. 525-536.
3. Gaffarian Hoseini A., Zhang T., Nwadigo O. / Application of an integrated building management system based on BIM knowledge (BIMIKBMS) to verify energy efficiency after construction / Reviews of renewable and sustainable energy sources. – 2017. - pp. 935-949.
4. Gaffarian Hoseini A., Makaremi N., Gaffarian Hoseini M. Sustainable energy characteristics of green buildings: a review of modern theories, implementations and problems / Reviews of renewable and sustainable energy sources. – 2017. - p. 1– 17.
5. Hamledari H., McCabe B., Davari S. Automatic schedule and progress update of 4D BIM based on IFC / Journal of Computing in Civil Engineering. – 2017. – pp. 31-37.
6. Liu Z., Wu D., Yu H. Field measurements and numerical modeling of combined modes of operation of solar heating for residential buildings based on the case of the Qinghai-Tibetan Plateau / Ma V., Jin G. Energy and Buildings. – 2018. – p. 312 – 321.
7. Senarad S., Li K., Shen L. Cost analysis of the life cycle of the introduction of environmentally friendly buildings using wooden materials / Journal of Clean Production. – 2017. - pp. 458-469.

8. Liu Z., Cheng K., Li H. / Study of the potential relationship between indoor air quality and the concentration of airborne cultivated fungi: combined experimental and neural analysis, network modeling study // Cao G., Wu D., Shi Yu. Environmental sciences and pollution research. - 2018. - pp. 3510-3517.
9. Fu H., Liu S. Investigation of the impact of environmental education on people's behavior regarding the reuse of recycled water / Eurasian Journal of Mathematics, Natural Sciences and Technical Education. – 2017. - pp. 6715-6724.
10. Wolf R., Stengel J., Schultmann F. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs / Automation in construction. - 2014. - pp. 109-127.
11. Miettinen R., Paavola S. Beyond the utopia of BIM: approaches to the development and implementation of building information modeling / Automation in construction. - 2014. - pp. 84-91.
12. Fu H., Liu S., Investigation of the phenomenon of spiritual infection of Chinese residents during the reuse of recycled water based on SC-IAT. – 2017. - p. 846.
13. Boche F., Ahmed M., Turkan Yu. The value of integrating scanning methods into BIM and scanning against BIM for monitoring construction using laser scanning and BIM: the case of cylindrical components of MEP / Haas K., Haas R. Automation in Construction. - 2015. - Pp. 201-213.
14. Yan A., Han Yu., Pan Yu– Prediction of optimal surface roughness of a titanium alloy using the response surface methodology / Xing H., Li J. Results in physics. – 2017. - pp. 1046-1050.