

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ BIM И БЛОКЧЕЙН

INCREASING THE PRODUCTIVITY OF CONSTRUCTION PROJECTS WITH THE USE OF TECHNOLOGY BIM AND BLOCKCHAIN

A. Petrov
A. Poshev

Summary. This paper examines the potential of integrating building information modeling (BIM) and blockchain technology in the construction process to improve project productivity and data management. This line of research is important for the prospects of the construction industry and can enhance coordination and collaboration among project participants, as well as improve the quality and safety of construction processes.

Keywords: integration, blockchain, BIM technologies, interaction, processes, information model.

Петров Андрей Евгеньевич

доктор технических наук, профессор,
ФГАОУ «Национальный исследовательский
технологический университет «МИСИС» г. Москва

Пошев Азраиль Умар-Бекович

аспирант, ФГАОУ «Национальный исследовательский
технологический университет «МИСИС» г. Москва
azrail.poshev@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается потенциал интеграции информационного моделирования зданий (BIM) и технологии блокчейн в строительном процессе с целью повышения производительности проектов и улучшения управления данными. Данное направление исследований представляет важность для перспектив развития строительной индустрии и может способствовать повышению координации и сотрудничества между участниками проектов, а также улучшить качество и безопасность строительных процессов.

Ключевые слова: интеграция, блокчейн, BIM технологии, взаимодействие, процессы, информационная модель.

Введение

Современная строительная индустрия сталкивается с вызовами, связанными с необходимостью повышения производительности проектов, улучшения эффективности управления данными и обеспечения прозрачности процессов. В связи с этим актуальной проблемой становится внедрение инновационных технологий, способных решить эти проблемы.

Внедрение децентрализованных систем в разные сферы экономики набирает обороты начиная с 2015 года. Строительная сфера — не исключение. Управление проектами и цепочками поставок часто связаны с проблемами прозрачности и добросовестного выполнения работ. Блокчейн в строительстве помогает сделать процесс более эффективным. Данные в децентрализованной сети неизменны. Все участники проекта способны отслеживать каждый этап реализации.

Интеграция блокчейн в BIM может обеспечить прозрачность и безопасность данных, улучшить управление ресурсами и скоординировать деятельность участников проекта.

Цель данной работы заключается в рассмотрении технических аспектов интеграции блокчейн и BIM, определении методик интеграции и оценке потенциальных преимуществ, которые может принести совместное использование этих технологий.

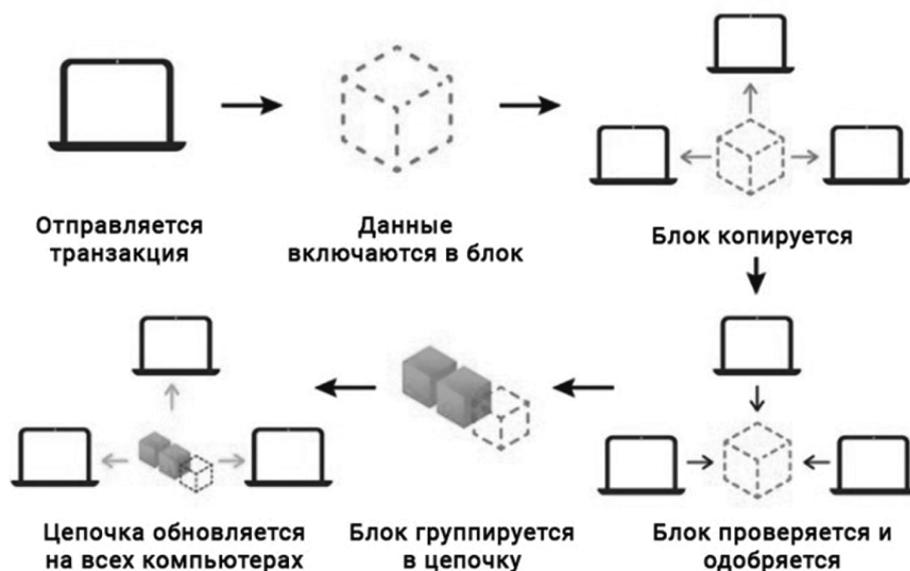
1. Анализ состояния вопроса

Информационное моделирование зданий (BIM) представляет собой интегрированный процесс, который позволяет участникам проекта эффективно управлять информацией о здании на протяжении всего его жизненного цикла. Это включает в себя создание цифровой модели, содержащей всю необходимую информацию о физических и функциональных характеристиках здания. Однако, существует некоторые проблемы, связанные с безопасностью, централизованным хранением данных и недостаточной прозрачностью в процессе совместной работы участников проекта.

Технология блокчейн, с другой стороны, представляет собой распределенную систему баз данных, состоящей из последовательно выстроенной цепочки цифровых блоков, в каждом из которых хранится информация о предыдущем и следующем блоках. Это своеобразная цифровая тетрадь, в которой записи неизменны благодаря механизму хеширования — уникальному набору буквенных и цифровых символов, где изменение одного символа влечет изменение в других блоках. Главное преимущество блокчейна в его прозрачности, потому что каждый может ознакомиться с информацией внутри блоков, но никто не в силах ее изменить или уничтожить, плюс она зашифрована.

Эта технология, которая питает криптовалюты, такие как Биткоин, но ее применение выходит за рамки фи-

Как работает блокчейн?



нансов. Технология блокчейн внедряется в различных отраслях, таких как здравоохранение, цепочки поставок и недвижимость, и это лишь некоторые из них.

В сети блокчейн множество участников, которые сотрудничают между собой для обработки и подтверждения операций. Каждая запись в базе данных называется блоком и содержит такие сведения, как временная метка транзакции и ссылки на предыдущий блок. Эта характеристика делает невозможным для кого-либо ретроспективное изменение информации о записях. Кроме того, поскольку одна и та же транзакция регистрируется в нескольких системах распределенных баз данных, технология безопасна в разработке.

Схема работы блокчейн

В связи с этим, блокчейн становится общедоступной и безопасной структурой данных.

Интеграция BIM в технологию блокчейн может привести к ряду преимуществ для строительной отрасли. Во-первых, блокчейн может обеспечить безопасное и прозрачное хранение и передачу данных, что повысит уровень конфиденциальности и устойчивости информации в процессе проектирования, строительства и эксплуатации зданий. Во-вторых, интеграция BIM и блокчейн позволит создать единую информационную среду для всех участников проекта, что способствует повышению координации и сотрудничества между ними. В-третьих, блокчейн может устранить проблемы централизованного хранения информации, обеспечивая доступ ко всей истории изменений в BIM модели, что повысит прозрачность и ответственность за действия участников проекта.

Технические особенности интеграции включают в себя анализ возможностей блокчейн технологии в контексте BIM процессов, сопоставление технических характеристик обеих систем и разработку модели интеграции, включая определение структуры данных, проектирование процессов взаимодействия и интеграцию существующих приложений.

2. Определение проблемы и решения

Процесс BIM по-прежнему сталкивается со следующими проблемами:

- взаимодействие данных;
- безопасность;
- совместная работа.

Возведение зданий и сооружений — это процесс, в котором участвуют эксперты из разных областей. Им необходимо сотрудничать и обмениваться данными, чтобы разрабатывать, реализовывать и эксплуатировать проекты.

В отрасли, где преобладает бумажная работа (заявки, тендеры, контракты, разрешения, претензии и другие административные дела), децентрализованные системы помогут автоматизировать и оптимизировать многие процессы. Менеджеры проектов будут способны интегрировать данные информационной модели здания (BIM) в блокчейн. На децентрализованной комплексной платформе можно одновременно выполнять операции по проектированию, администрированию и управлению.

По оценкам архитектурной компании Aon, 95 % информации о проекте теряется при переходе к владельцу

завершенного объекта. Блокчейн в строительстве может хранить сведения о жизненном цикле каждого актива, созданного в процессе работы. Записи подлежат данные о гарантиях, сертификатах и заменах.

Все эти проблемы требуют эффективных решений, чтобы обеспечить согласованность, прозрачность и управление рисками, а также эффективное взаимодействие между участниками проекта. Одним из примеров такого решения является блокчейн-платформа BTU Protocol, которая предоставляет инфраструктуру для управления строительными проектами, где можно легко и быстро создавать и отслеживать контракты, соглашения и финансовые транзакции, обеспечивая прозрачность и автоматизацию процессов управления проектами.

Другой проект — Builderium — использует блокчейн для создания протокола, который соединяет заказчиков и подрядчиков в строительной отрасли. Это упрощает процессы выбора подрядчиков, заключения контрактов и управления проектами, обеспечивая прозрачность, безопасность и эффективность всех процессов.

Используя технологию управления информацией о здании (BIM), в цепочке блоков создается неизменяемая цифровая копия проекта. Мониторинг жизненного цикла отдельного актива и планирование обслуживания становятся автоматизированными процессами. Они связаны с искусственным интеллектом и выполняются без участия человека.

Блокчейн в строительстве приведет отрасль к стандартам «Индустрии 4.0». В основе лежит промышленный интернет вещей (IIoT) — концепция автоматической передачи данных между физическими объектами. Например, система позволяет открывать дверь квартиры через смартфон, соединяться с домофоном или умным замком.

Этот подход приведет к единому и однозначному пониманию каждым работником всех процессов, а также позволит использовать более экологичные методы производства.

Цифровые документы. Вместо традиционных бумажных документов все документы, связанные с процессом строительства, могут быть переведены в цифровой формат и храниться в реестре блокчейна. Каждый документ может быть представлен в виде уникального токена, который содержит информацию о его содержании, времени создания и статусе. Это позволяет участникам процесса строительства легко обмениваться данными и проверять документы, а также автоматически отслеживать историю изменений и версий.

Подтверждение подлинности и целостности. Блокчейн может быть использован для записи хэшей документов в блокчейн, что обеспечивает неизменяемость и подлинность документов. При каждом изменении и / или добавлении документа хэш будет автоматически обновляться и записываться в блокчейн. Это позволяет легко проверять целостность и / или подлинность каждого документа, минимизируя риски подделки или потери данных.

Децентрализованное согласование. Блокчейн также может обеспечить децентрализованное согласование и подписание документов в процессе строительства. Заинтересованные стороны могут использовать собственные уникальные цифровые идентификаторы для подписания документов, а запись о каждой подписи будет надежно сохраняться в блокчейне. Это значительно упрощает процесс согласования документов, уменьшает необходимость в физической бумажной подписи и повышает эффективность процесса.

Технология блокчейн, с ее децентрализованным и безопасным функционированием, обладает потенциалом для решения этих проблем и революционизирует способы использования BIM в строительстве.

3. Методика интеграции блокчейна в BIM процессы

Процесс интеграции BIM и блокчейна, разрабатываемый в этой главе, включает в себя последовательность шагов, каждый из которых является критическим для успешной реализации проекта.

В начале подхода стоит анализ строительных проектов. Это не просто обзор, а глубокое погружение в особенности каждого проекта. Необходимо выявить, объем работ, какие данные используются в BIM, как они взаимодействуют, какие проблемы возникают в процессе обмена информацией между участниками проекта. Этот этап направлен на выявление ключевых требований и особенностей каждого проекта, что станет основой для дальнейшей интеграции.

Второй этап — разработка структуры блокчейн-смарт-контракта. Это сердце системы, где определяется, как эффективно будет управляться информация. Необходимо обеспечить не только безопасное и эффективное хранение данных, но и создать механизмы для автоматизации определенных процессов, а также контроля за доступом к информации. Необходимо провести анализ уязвимых мест в процессе интеграции и разработать соответствующие меры безопасности. Это включает в себя управление доступом к данным, шифрование информации, проверку целостности данных и предотвращение возможной фальсификации информации. Также целесообразно использовать смарт-контракты для опти-

мизации процессов управления правами доступа и автоматизации проверок целостности данных, что позволит создать надежную и безопасную среду для обмена информацией между участниками проекта.

Третий шаг — выбор подходящей блокчейн-платформы, который зависит от требований проекта. Учитывается масштаб проекта, уровень конфиденциальности, необходимость в децентрализации и выбирается соответствующая платформа. Здесь решаем, будет ли это Ethereum с широкими функциональными возможностями, Hyperledger с акцентом на конфиденциальность, Corda с открытым исходным кодом, которая не использует глобальное вещание или иная платформа, соответствующая специфике проекта.

Четвертый этап — разработка программного обеспечения для интеграции. Здесь адаптируются существующие BIM-инструменты и создаются «мосты» для обмена данными с блокчейн-сетью. Важно выявить необходимость изменений в существующем программном обеспечении, а также разработать новое ПО для поддержки интеграции. Для успешной интеграции необходимо проработать аспекты взаимодействия с API и протоколами обмена данными, а также обеспечить совместимость существующих приложений с новой инфраструктурой, что позволит минимизировать технические проблемы и обеспечить эффективное функционирование системы.

Процесс переходит к пятому этапу — этапу тестирования и оптимизации, где система подвергается различным сценариям использования. Анализируется её производительность, выявляются узкие места и проводится оптимизация для обеспечения эффективности работы в реальных условиях.

Последний этап — внедрение системы в реальные строительные проекты и обучение персонала. Это включает в себя переход от традиционных методов управления данными к новой интегрированной модели, основанной на BIM и блокчейне. Система интегрируется в реальные строительные проекты, а персонал обучается новым методам работы, уделяя внимание особенностям блокчейна и управлению данными в интегрированной среде.

Этот этап становится последним, но важным шагом в этом процессе.

Таким образом, с позиции Блокчейна, мы формируем цепочку блоков — набора растущих по мере интеграции проектных решений, вплоть до готовых проектов зданий и сооружений с конкретными параметрами. Вероятно, что присутствующие в новых блоках, ранние блоки представляются там во все более упрощенном виде, в том числе и в разных уровнях LOD (Level Of Development), что системно упрощает последующие блоки. Например,

исходные элементы в LOD-100, формируют блок в LOD-200, который входит в следующий блок как LOD-300, в следующий блок как LOD-350 и становится наконец LOD-400, с тем, что остается в таком виде во всех дальнейших интегральных блоках.

4. Примеры интеграции блокчейна

В мире было несколько реальных случаев использования децентрализованных цепочек в строительной сфере. Например, Provenance разработали платформу, которая позволяет создавать цифровые отчеты о происхождении материалов, сертификатах качества и других документах. Velox.RE запустили систему для автоматизации процесса управления документами, которая позволяет создавать и обмениваться цифровыми документами, упрощает процесс подписания и согласования, а также обеспечивает аутентификацию документов.

А подрядчик Gardner Builders из Миннеаполиса с помощью платформы Bric предоставил владельцу недвижимости цифровую копию здания на блокчейне. Там была создана запись о каждом компоненте, используемом в структуре проекта.

Платформа Bric также помогла австралийской строительной компании Probuild подтвердить оригинальность происхождения панелей, изготовленных в Китае, путем записи всех взаимодействий в цепочке поставок. Это шаг к предотвращению подделок и обеспечению контроля качества материалов.

Вот несколько примеров практического применения технологий блокчейна и токенизации для оптимизации строительных контрактов и платежей:

Builderium предоставляет платформу для управления строительными контрактами с использованием технологии блокчейн. Они создают цифровые контракты, которые автоматически выполняют все условия контракта и обеспечивают прозрачность и надежность в процессе строительства.

ShelterZoom разработала платформу на основе блокчейна для заключения и управления строительными контрактами. Их решения позволяют участникам контракта электронно подписывать и выполнять сделки в режиме реального времени, обеспечивая прозрачность и безопасность сделки.

Cobuild использует блокчейн для упрощения процесса платежей в строительной индустрии. Их платформа позволяет автоматизировать и ускорять процесс подтверждения и выплаты платежей между участниками проекта, снижая риски задержек и споров.

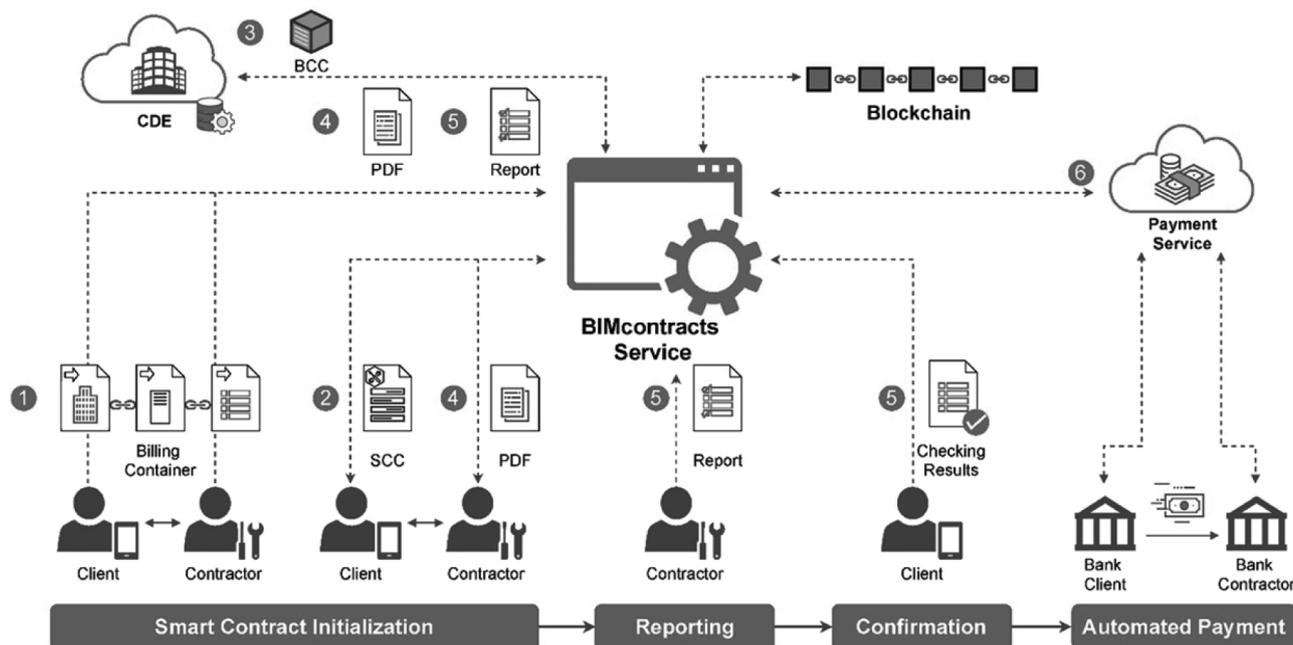


Схема реализации автоматизации документооборота в строительстве

Вот несколько компаний, которые используют блокчейн в BIM / IPD:

Autodesk использует блокчейн для реализации смарт-контрактов, прогнозируемого обслуживания активов, проактивного контроля третьих сторон и мгновенного сотрудничества между всеми участниками IPD.

DB Systel GmbH применяет блокчейн в BIM для токенизации активов интеллектуальной собственности. Компания также участвует в разработке стандартов и рекомендаций по использованию блокчейна в BIM.

Brickschain разработали блокчейн-решение для управления и анализа данных в строительной отрасли. Они предлагают свой протокол, который позволяет отслеживать и подтверждать изменения в BIM-моделях, управлять документооборотом и обеспечивать безопасный обмен информацией.

Toraz также имеет платформу на основе блокчейна для совместной работы и управления строительными проектами. Платформа включает инструменты для создания и обмена BIM-моделями, отслеживания изменений и автоматического утверждения проектных решений.

5. Преимущества и недостатки

Преимущества

Децентрализация. Блокчейн работает на основе сети, где нет единого центра управления. Это обеспечивает большую безопасность и устойчивость к атакам.

Безопасность данных. Блокчейн использует криптографические методы, чтобы защитить данные. Каждая транзакция или запись в блокчейне хранится в виде хэша. Это делает блокчейн надёжным и защищённым от несанкционированного изменения или мошенничества и доступа злоумышленников.

Прозрачность. Полезен в областях, где важно проследить и подтвердить историю транзакций. Например, в сфере поставок и логистики блокчейн может помочь отследить путь товара от производителя до потребителя.

Недостатки

Неподвижность данных. Как только данные записаны в сеть, их сложно изменить и практически невозможно удалить. Например, если в блокчейне хранится неправильная информация о правах собственности на недвижимость, её будет сложно исправить без вмешательства большинства участников сети.

Отсутствие стандартов. Блокчейн-проекты разрабатывают на разных языках и консенсусах. При этом все они обособлены друг от друга. Перенести активы из одного блокчейна в другой в разы сложнее, чем перевести деньги между вкладами в разных банках.

Выводы

Таким образом, интеграция блокчейн в BIM представляет собой комплексную задачу, требующую внимательного анализа целей, технических аспектов и организационных аспектов внедрения.

После интеграции BIM и блокчейна можно ожидать целого ряда выгод. Улучшение управления данными и документацией проектов, повышение доверия к информации и уменьшение риска подделки данных.

Осуществление данных выгод позволит повысить эффективность работы над проектами и уменьшить риски, связанные с ошибками в данных. В завершение, на основе проведенного анализа и разработанных методик интеграции можно сделать вывод о целесообразности интеграции блокчейн и BIM и обозначить потенциальные направления для будущих исследований и разработок в этой области.

Реализация такой интеграции может привести к более эффективному управлению проектами, повышению безопасности и целостности данных, и, как следствие, к улучшению процессов проектирования и строительства.

Статистика по использованию блокчейна в разных бизнесах показывает, что в будущем его будут использовать чаще. Например, согласно исследованию PwC, еще в 2018 году 84% компаний исследовали блокчейн или активно работали с ним. IBM, Walmart, Maersk и JPMorgan Chase уже внедрили блокчейн-решения в свои процессы. Аналитики ожидают, что в 2024 году на блокчейн будут тратить почти в три раза больше, чем в 2023-м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Суккар, «Платформа информационного моделирования зданий: основа исследований и предоставления услуг заинтересованным сторонам отрасли», Автоматизация в строительстве, том 18, № 3, стр. 357–375, 2009.
2. Ю. Лу, З. Ву, Р. Чанг и Ю. Ли, «Информационное моделирование зданий (BIM) для зеленых зданий: критический обзор и направления на будущее», Автоматизация в строительстве, том 83, стр. 134–148, 2017.
3. К. Перера, Р. Ранджан, Л. Ван, С.У. Хан и А.Я. Зомая, «Конфиденциальность больших данных в эпоху интернета вещей», ИТ-специалист, том 17, № 3, стр. 32–39, 2015.
4. К. Перера, Р. Ранджан и Л. Ван, «Сквозная конфиденциальность для открытых рынков больших данных», IEEE Cloud Computing, том 2, № 4, стр. 44–53, 2015.
5. Дж. Чжао, Л. Ван, Дж. Тао и др., «Платформа безопасности в G-Hadoop для вычислений больших данных в распределенных облачных центрах обработки данных», Журнал компьютерных и системных наук, том 80, № 5, стр. 994–1007, 2014.
6. Ф. Джалаи, А. Джрейд и М. Нассири, «Интеграция системы поддержки принятия решений (DSS) и информационного моделирования зданий (BIM) для оптимизации выбора устойчивых компонентов здания», Журнал информационных технологий в строительстве, том 20, № 25, стр. 399–420, 2015.
7. А.Х. Оти и В. Тизани, «Расширение BIM для оценки устойчивости концептуального проектирования стальных конструкций», Advanced Engineering Informatics, том 29, № 1, стр. 28–46, 2015.
8. П. Иниим, Дж. Ривера и Ю. Чжу, «Интеграция информационного моделирования зданий и анализа воздействия на экономику и окружающую среду для поддержки устойчивого проектирования зданий», Журнал менеджмента в инженерии, том 31, № 1, 2015.
9. Х. Ван и П.Э.Д. Лав, «BIM + AR: обмен информацией на месте и коммуникация с помощью расширенной визуализации», в Материалах 16-й Международной конференции IEEE по совместной работе с компьютерной поддержкой в проектировании (CSCWD'12), стр. 850–855, Ухань, Китай, 2012.
10. М. Кокорус, У. Эйрич и Р. Захариас, «Инновационный подход к проектированию подстанции с использованием технологии информационного моделирования зданий (BIM)», в Материалах конференции и экспозиции IEEE / PES по передаче и распределению (TD16), стр. 1–5, Даллас, Техас, США, 2016.
11. М.Х. Давуд, «Оптимальная стоимость жизненного цикла каркаса устойчивого дома на основе BIM», в Материалах 3-й международной конференции MEC по большим данным и умному городу (ICBDSC'16), стр. 1–5, Маскат, Оман, 2016.
12. Д. Пасини, С.М. Вентура, С. Ринальди, П. Беллагенте, А. Фламмини и А.Л. Чирибини, «Использование Интернета вещей и построение фреймворка информационного моделирования для управления когнитивными зданиями», в Материалах Международной конференции IEEE по умным городам (ISC'16), стр. 1–6, Тренто, Италия, сентябрь 2016 г.
13. У. Чжу, Б. Эйнард, М. Бриконь, С. Реми и У. Ван, «Фреймворк для информационного моделирования интегрированного здания», в Материалах Международной конференции по-умному и устойчивому городу и большим данным (ICSSC'15), стр. 139–144, Шанхай, Китай, 2015.
14. У. Исидаг, «Шаблоны проектирования для сервис-ориентированных архитектур на основе BIM», Автоматизация в строительстве, том 25, стр. 59–71, 2012.