

# Об интероперабельности информационных технологий создания, эксплуатации и управления промышленными объектами

*Л.И. Райкин,  
доц., к.т.н., доц., raykinl@raykinl@yandex.ru,  
М.Н. Субботина,  
асп., mnsbotina@gmail.com,  
НГТУ им.П.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород*

Приведен анализ отечественных и зарубежных публикаций по вопросам объединение информационных технологий для создания, эксплуатации и управления промышленными объектами. В технологиях BIM, ГИС и FM используются разные форматы данных и стандарты. Для эффективной интеграции информационного моделирования здания (BIM), геоинформационной системы (ГИС) и системы управления объектами (FM) используется ряд технологических платформ (FME, DMS, ETL, COBie, BG-DI и др.), в разной мере удовлетворяющие потребности в создании интероперабельной системы.

The analysis of domestic and foreign publications on the integration of information technologies for the creation, operation and management of industrial facilities is given. BIM, GIS and FM technologies use different data formats and standards. A number of technological platforms (FME, DMS, ETL, COBie, BG-DI, etc.) are used to effectively integrate Building Information Modeling (BIM), Geoinformation System (GIS) and Object Management System (FM), to varying degrees satisfying the need to create interoperable system.

## Введение

При создании промышленных объектов и последующей их эксплуатации и управления сформировался определенный набор технологических платформ. К ним относятся: технологии информационного моделирования BIM (Building Information Modeling), компьютерные системы для анализа и представления пространственных данных - технологии геоинформационных систем GIS (geographic information system), технологии автоматизированного управления эксплуатацией объектами недвижимости CAFM (Computer-aided facility management), интегрированные системы управления предприятием или интегрированные системы управления рабочими местами IWMS (Integrated Workplace Management System) и др. При попытках совместить работу таких информационных систем в гетерогенной среде возникают проблемы эффективного обмена информацией [1]. Архитектура информационных моделей этих систем должна иметь свойства интероперабельности, т.е. обладать способностью к обмену информацией и к использованию информации, полученной в результате обмена [2] на протяжении всего жизненного цикла промышленного объекта. В интероперабельной системе входящие в нее подсистемы работают по независимым алгоритмам, не имеют единой точки управления, все управление определяется набором используемых стандартов - профилем.

В развитие выработки Минстроем РФ технологической платформы, единого национального стандарта BIM и соответствующих образовательных программ в 2016 г. в России были разработаны четыре свода правил в сфере информационного моделирования [3,4,5,6]. Три новых свода правил (СП) по информационному моделированию зданий планируется подготовить в 2018 году: «Информационное моделирование в строительстве. Правила разработки планов проектов, реализуемых с применением технологии информационного моделирования», «Информационное моделирование в строительстве. Правила применения в проектах повторного использования и при их привязке» и «Информационное моделирование в строительстве. Требования к формированию информационных моделей объектов капитального строительства для эксплуатации многоквартирных домов, реализованных по проектам повторного применения». С проектами этих новых правил СП можно ознакомиться [7].

Эти СП касаются особенностей применения информационного моделирования для жилого фонда, СП для повторно используемых проектов и еще одного СП, ориентированного на заказчиков, работающих в условиях BIM. Помимо сводов правил, в ближайшее время должен быть утвержден и другой важнейший для отрасли документ - «дорожная карта» по внедрению BIM в России [8]. В требованиях к проектной информационной модели определена минимальная структура проектной информационной модели, включающая в себя следующие элементы: - архитектурная модель; - конструктивная модель; - инженерное оборудование и сети инженерно-технического обеспечения; - строительная площадка; - строительная техника и приспособления. В этой цепочке как минимум для проекта конструктивной модели и строительной площадки технологии одного информационного моделирования недостаточно. Проект будет неполноценным без использования геоинформационных систем [9], обеспечивающих сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение пространственно координированных данных (пространственных данных).

Реализация же кроме 2- и 3D-моделей, еще и 4D-модели (3D+время), 5D-модели (3D+время+стоимость) и 6D-модели (3D+время+стоимость+ техническая система по эксплуатации здания и сооружения), требует подключения соответствующего программного обеспечения, что формирует гетерогенную информационную среду, значительно усложняющую достижение интероперабельности системы.

Известны попытки объединения информационных технологий для создания, эксплуатации и управления объектами. В работе [10] приведен обзор применения комбинированных технологий BIM-ГИС в строительной отрасли. В работе [11] проводится поиск общих оснований для интеграции этих технологий со «сведением» BIM-, CAD-данных и геоданных в одной среде. Установлено, что BIM, ГИС, комбинированные технологии, взаимодействие с ERP (Enterprise Resource Planning, планирование ресурсов предприятия) и EAM (Enterprise Asset Management, системы управления основными фондами предприятия), а также приложения, построенные на их основе, являются

тем ключевым фактором, который позволяет получить требуемые результаты. Однако для интеграции инженерных и ГИС решений существует ряд проблем, которые необходимо решить.

### Постановка задачи

Для возможности объединения информационных технологий необходимо прояснить тот круг проблем, которые при этом возникают. Среди них:

*Семантика* - поскольку одни и те же понятия различными терминами обозначаются в ГИС анализе, у дизайнеров и инженеров-проектантов. а также *использование различных топологий* (в ГИС - точки, линии и полигоны; в BIM - сплайны, параметрические кривые, и т.п.).

В этих технологиях используются разные форматы данных и стандарты. В ГИС используется Shape-файл - векторный формат для хранения объектов, описываемых геометрией и сопутствующими атрибутами, язык географической разметки GML и CityGML - информационная модель, используемая для представления трехмерных городских объектов. В BIM используют IFC (международный стандарт обмена данными в информационном моделировании в области гражданского строительства и эксплуатации объектов недвижимости с открытым форматом), а также DWG (бинарный формат файла, используемый для хранения двухмерных 2D- и трёхмерных 3D-проектных данных и метаданных), DGN (используется в САПР программного обеспечения MicroStation, который можно конвертировать в более универсальный формат .DWG) и RVT(Файл проекта Revit от Autodesk) - файлы.

Известно, готовое решение для связки BIM-ГИС - инструментарий FME [12] - платформа интеграции с поддержкой данных местоположения, позволяющий без кодирования интегрировать фактически любые данные. Для преобразования данных в FME включены мощные трансформаторы - инструменты, которые используются для изменения содержания и структуры данных. Для интеграции предусмотрено три способа развертывания: персональный компьютер, сервер и работа в облаке (аппаратного обеспечения не требуется).

Вопросы интеграции ГИС с другими приложениями, такими как система автоматизированного управления эксплуатацией недвижимости (CAFM), интегрированные системы управления рабочими местами (IWMS) и информационная модель здания (BIM), рассмотрены в работе [13]. ГИС и IWMS являются взаимодополняющими технологиями, которые при их объединении получают способность поддерживать самый широкий круг задач административно-хозяйственного управления рациональнее и эффективнее, чем каждая из них способна сделать это по отдельности. Представляет интерес наличие трех базовых методологий интеграции ГИС с приложениями IWMS: открытый интерфейс прикладного программирования, подход «нанеси это на карту» и полностью интегрированные ГИС/IWMS.

В модели открытого интерфейса прикладного программирования (API) данные приложения IWMS предоставляются для использования и интеграции с ГИС через открытый API. Преимуществом такого подхода является гибкость возможностей его настройки. Однако это требует разработки приложения ГИС под задачи конкретного заказчика.

При подходе «нанеси это на карту», данные ГИС предоставляются пользователю IWMS через отдельное, но частично интегрированное окно, запускаемое из приложения IWMS. Такой подход применяют только для отображения на карте точки местонахождения объекта(ов) недвижимости, а способность ГИС проникать сквозь информационные слои, объединяя и обобщая их, в нем не используется. Кроме того, этот подход обычно не поддерживает двустороннюю передачу информации между IWMS и ГИС.

Когда ГИС/IWMS объединены в одну полностью интегрированную систему, географическая информация отображается в окнах родного приложения, так что пользователи даже не замечают, что они взаимодействуют с ГИС. Они просто имеют доступ к данным о местоположении и географическому пользовательскому интерфейсу (карте), который бесшовно связывает вместе табличные данные и данные о местоположении в одну цельную картину. Такой интерфейс-карта поддерживает многие традиционные процессы, например, управление обслуживанием, управление пространством, управление активами и другие процессы, где может быть полезен ландшафтный (пространственный) контекст, предоставляемый ГИС.

Информационная модель здания (BIM) состоит из базы данных параметрических объектов, которая содержит информацию об их геометрии, взаимосвязи с другими объектами, данные, касающиеся материалов, из которых они сделаны, и других свойств. Геометрия объектов часто представляется с помощью 3D атрибутов. ГИС дополняет информационное моделирование здания.

### Анализ методов объединения информационных технологий

Существуют разработки, позволяющие использовать BIM с приложениями для управления эксплуатацией и обслуживанием зданий. К ним относятся такие, как стандарт обмена информацией о здании между фазами строительства и эксплуатации Construction-Operations Building information exchange (COBie), помогающий передать данные, собранные в фазе проектирования и строительства, в программное обеспечение для административно-хозяйственного управления, например, в программное обеспечение для системы автоматизированного управления обслуживанием (CMMS). Другими приложениями являются: обмен информацией по свойствам спецификаторов (Specifiers Properties Information Exchange, SPIE), обмен информацией на основе ГИС/IWMS (GIS/BIM ifc Based Information Exchange) и др.

COBie [14] открывает путь для передачи данных об оборудовании, гарантиях и использовании пространства в CMMS-приложение и многие другие прикладные программы. Он определяет информацию для активов, получаемых как часть строительного проекта подразделения, и используется для документирования данных для процесса Building Information Modeling (BIM). Это достигается импортированием файлов данных COBie в прикладной программе Проекты BIM и управлением данными как записями активов, положений, контактов и техкарт в Maximo Asset Management. Данные COBie, определяемые в файлах .CVS или .XLS, представляют собой набор полей данных, организованных в электронную таблицу с несколькими листами. Каждый рабочий лист соответствует таблице COBie.

BIM может использоваться объединенными проектными командами, включающими профессиональных административно- хозяйственных управляющих, чтобы обеспечить соответствие проекта нуждам административно-

хозяйственного управления, и, чтобы обеспечить сбор и передачу в последующие системы данных, необходимых для приложений административно-хозяйственного управления. Некоторые дополнительные применения BIM для приложений административно-хозяйственного управления включают, в числе прочих, следующее: обмен данными между фазой строительства и фазой эксплуатации и обслуживания, использование лазерных сканеров, сбор и каталогизация информационной логистики данных о помещениях.

Реализация приложений ГИС и BIM возможна по двум проектам:

- Модель CityGML для представления пространства вне здания в масштабе, приближающемся к региональному. CityGML – это информационная модель, используемая для представления трехмерных городских объектов. CityGML можно использовать для определения геометрических, топографических и семантических свойств в городских и региональных моделях. Она реализована как модель с открытыми данными, которая использует XML-формат для хранения и обмена виртуальными трехмерными моделями города.
- Обмен ifc - информацией для ГИС/BIM. Целью проекта является содействие сближению всей пространственной информации с тем, чтобы BIM, ГИС и другое программное обеспечение могло использовать пространственные данные с минимальными непроизводительными затратами, чтобы нормализовать хранение данных и определить текущие рабочие потоки между инструментами BIM и ГИС на время жизненного цикла зданий.

ГИС не обладая такими тонкими деталями и такой богатой семантикой, как BIM, позволяет извлечь из BIM информацию, чтобы создать систему географических ссылок для помощи в решении повседневных проблем административно-хозяйственных управляющих. В ГИС можно создать гиперссылки, отсылающие в BIM, для использования в ситуациях, когда требуется очень подробная информация. Комбинация технологий BIM и ГИС позволяет создать информационные системы, хорошо работающие в крупных географических масштабах, отвечающие ИТ-стандартам предприятия в области безопасности, адаптирующиеся к разным исходным источникам данных и корпоративным приложениям, позволяя создавать обратные гиперссылки к содержащим более подробные данные информационным моделям здания.

Вопросы интеграции BIM - GIS для улучшения управления активами и изучение возможностей интеграции 3D BIM модели активов в среде 2D GIS Web Viewer рассмотрены в магистерской диссертации Talida Voansa [15]. Для всего жизненного цикла активов могут быть использованы 4 стандарта: STEP (ISO 10303), MANDATE (ISO 15531), PLM @ XML и ISO / IEC62264. При этом основным стандартом для зданий и управления активами является STEP - ISO 10303.

STEP - стандарт обмена данными о модели продукта, представляющий собой всеобъемлющий стандарт ISO (ISO 10303), который описывает, как представлять и обмениваться информацией о цифровых продуктах [16].

MANDATE (ISO 15531) [17] имеет идентичный российский вариант ГОСТ Р ИСО 15531-44 - 2012 «Данные по управлению промышленным производством» [18].

PLM @ XML - Открытый формат, разработанный компанией Siemens PLM Software на основе XML для облегчения взаимодействия в рамках управления жизненным циклом изделия. Представляя расширяемый и гибкий механизм для передачи данных об изделии через Интернет [19].

ISO / IEC62264 – Стандарт по интеграции системы управления предприятием. Определяет транзакции с точки зрения обмена информацией между приложениями, выполняющими бизнес и производственную деятельность. IEC 62264-1: 2013 описывает домен управления производственными операциями (уровень 3) и его деятельность, а также содержимое интерфейса и связанные транзакции на уровне 3 и между уровнями 3 и 4. Это описание позволяет интегрировать производственные операции и область управления (Уровни 3, 2, 1) и домен предприятия (Уровень 4) [20].

Широко распространенной нормой для оптимизированного управления физическими активами является спецификация для управления активами PAS 55 Британского института стандартов [21].

Программное обеспечение BIM представляется в двух ипостасях: BIM как технологии и BIM как процесс или система управления данными - document management system (DMS).

Поставщиками технологий BIM являются Autodesk, Bentley Systems, Graphisoft и другие.

DMS представляют собой системы/программные платформы для сбора, использования и обмена электронными данными. К их числу относятся:

- Интеллектуальная мобильная интрасеть SharePoint от Microsoft [22].
- Программное обеспечение управления документами eFileCabinet [23].
- Цифровая платформа для совместной работы eXo [24].
- Платформа для управления корпоративными данными и управления бизнес-процессами на предприятии IBM FileNet [25].
- Система управления документами и автоматизации документооборота в облаке DocuWare Workflow Manager [26] и др.

Интеграция BIM с ГИС зависит от интеграции базовых международных открытых стандартов: IFC для BIM и CityGML для ГИС. IFC (Industry Foundation Classes) - это стандарт ИСО для строительной отрасли, используемый для представления подробных строительных объектов.

Формат IFC используется для передачи данных при проектировании по методу BIM [27]. Формат хранит в себе всю информацию о строительных конструкциях, а его открытость позволяет гарантированно передавать данные из одного приложения в другое. Формат IFC поддерживает 21 программный продукт (среди них Autodesk Revit и AutoCAD Architecture, Nemetschek Allplan и SCIA Engineer, Tekla Structures, GRAITEC Advance Steel, Progran MagiCAD). IFC официально сертифицирован международным стандартом (ISO-PAS 16739) и доступен на сайте buildingSMART [28].

CityGML - это стандарт OGC (Open Geospatial Consortium - международная некоммерческая организация, создающая открытые стандарты для геопространственного сообщества). CityGML используется для визуализации геопространственных объектов в городе. CityGML - это открытая модель данных и XML-формат для хранения и обмена виртуальными 3D-городскими моделями [29]. CityGML служит для определения основных сущностей, атрибутов и отношений трехмерной городской модели.

Из-за различий в используемом программном обеспечении и стандартах два мира BIM и GIS дихотомичны. Компонентами, по которым можно оценивать сходство и различие ГИС и BIM, являются:

- технические составляющие (программное обеспечение и приложения);
- структура данных: геометрия (уровень детализации) и топология;
- семантика (смысл) и синтаксические (формулировки) вопросы;
- стандарты (IFC, CityGML, NEN 2767-4).

Реструктурирование модели данных IFC и преобразование ее в формат данных CityGML может быть осуществлен с использованием технологии FME компании Safe Software [30]. На рис.1 приведен пример преобразования модели IFC в модель CityGML.

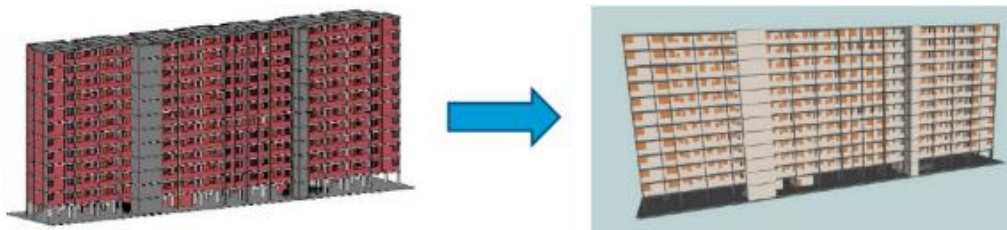


рис.1. Модель IFC Archicad (слева) преобразована в модель CityGML (справа) [30]

На рис. 2 приведены модель здания, выполненная в Graphisoft Archicad 20, и модель здания, преобразованная в Autodesk Revit 2016.



рис. 2. Модель здания в Archicad (сверху) и модель здания в Revit (внизу) [30]

Для реализации учета физических характеристик здания возможно преобразование из файлов IFC в формат Microsoft Excel также через технологию FME.

Для эффективной интеграции данных из гетерогенных систем BIM, GIS и FM (facility management - управление объектами) предлагается архитектура BG-DI [31], основанная на концепции ETL (Extract, Transform, Load - одном из основных процессов в управлении хранилищами данных). Для интегрирования разнородных данных BIM, GIS и FM, предлагается метод BG-DI с использованием информации BIM / GIS Extract (извлечение), Transform (преобразование) и Load (загрузка).

## Выводы

В результате проведенного анализа информационных источников установлено:

1. Вопросам объединения информационных технологий для создания, эксплуатации и управления промышленными объектами для эффективной интеграции информационного моделирования здания (BIM), геоинформационной системы (ГИС) и системы управления объектами (FM) посвящен ряд отечественных и зарубежных публикаций.
2. В технологиях BIM, ГИС и FM используются разные форматы данных и стандарты. Для обеспечения интеграции предлагаются различные технологические платформы (FME, DMS, ETL, COBie, BG-DI и др.), которые в разной мере удовлетворяют задачам создания интероперабельной системы.
3. Задача объединения информационных технологий для создания, эксплуатации и управления промышленными объектами далека до приемлемого решения и требуются дальнейшие исследования, позволяющие продвинуться в направлении ее решения.

## Литература

1. Мыльников Д. BIM-технологии в системе координат жизненного цикла здания. В материалах специального проекта «Информационные технологии на службе стройиндустрии», №3, 2017, стр.64-68. [http://www.connect-wit.ru/wp-content/uploads/2017/02/SP\\_Otrasl\\_Strojka.pdf](http://www.connect-wit.ru/wp-content/uploads/2017/02/SP_Otrasl_Strojka.pdf)
2. ГОСТ Р 55062-2012 Информационные технологии (ИТ). Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность. Основные положения. <http://docs.cntd.ru/document/1200102958>

3. Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах. Москва, 2016, 32 с. <http://nopriz.ru/upload/iblock/4d6/sp9445.pdf>
4. Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели. Москва, 2016, 23 с. <http://nopriz.ru/upload/iblock/180/sp9449.pdf>
5. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла. Москва, 2016, 60 с. <http://nopriz.ru/upload/iblock/f70/sp9447.pdf>
6. Информационное моделирование. Правила организации работ производственно-техническими отделами. Москва, 2016, 39 с. <http://nopriz.ru/upload/iblock/fc9/sp9443.pdf>
7. Король М. Цифровая экономика и BIM: Векторы несовпадения. Строительство, 09, 2017. [http://concurator.ru/press\\_center/publications/?id\\_object=228](http://concurator.ru/press_center/publications/?id_object=228)
8. Новые своды правил по BIM разработают в 2018 году. ВАТИМАТ 28/03/2017 <https://www.radidomapro.ru/ryedktzij/stroytelstvo/kapitalnoye/novye-svody-pravil-po-bim-razrabotaiut-v-2018-godu-49230.php>
9. Ковин Р.В., Марков Н.Г. Геоинформационные системы: учебное пособие. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008.- 185 с. <http://kpfu.ru/portal/docs/F1502929774/GIS.pdf>
10. Куприяновский В.П., Тищенко П.А., Синягов С.А. Раевский М.А., Юдицкий А.А. Применение комбинированных технологий BIM-ГИС в строительной отрасли для различных категорий заинтересованных лиц: Обзор состояния в мире. ArcReview. №2(73)2015. <https://www.esri-cis.ru/news/arcreview/detail.php?ID=21945&>
11. Туманные картины: BIM в градостроительстве. В поисках общей схемы. Про САПР для архитекторов. September 17, 2016. [http://prosapr.blogspot.ru/2016/09/bim\\_17.html](http://prosapr.blogspot.ru/2016/09/bim_17.html)
12. Integrate Virtually Any Data. No Coding Required. URL: <https://www.safe.com/how-it-works/>
13. Стюарт Рич Кевин Х. Дэвис. Географические информационные системы (ГИС) для административно-хозяйственного управления. URL: [https://www.esri-cis.ru/upload/iblock/ee0/WP\\_GIS4Facility\\_Management\\_2010.pdf](https://www.esri-cis.ru/upload/iblock/ee0/WP_GIS4Facility_Management_2010.pdf)
14. Стандартные данные Construction-Operations Building information exchange (COBie). URL: [https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/ru/SSLKT6\\_7.6.0.7/com.ibm.mbs.doc/bim/c\\_cobie\\_data.html](https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/ru/SSLKT6_7.6.0.7/com.ibm.mbs.doc/bim/c_cobie_data.html)
15. Talida Boanca. BIM – GIS integration for Asset Management Investigating the possibilities of integrating 3D BIM asset models in a 2D GIS Web Viewer environment. April 2014. 80 p. <http://edepot.wur.nl/312633>
16. The STEP Standard - ISO 10303. URL: <https://www.steptools.com/stds/step/>
17. International Organization for Standardization. Системы промышленной автоматизации и интеграция - Данные управления промышленным производством - Часть 1: Общий обзор. URL: <https://www.iso.org/standard/28144.html>
18. ГОСТ Р ИСО 15531-44-2012 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Данные по управлению промышленным производством. Часть 44. Моделирование сбора цеховых данных. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200103597>
19. Сайт Siemens. URL: <https://www.plm.automation.siemens.com/ru/products/open/plmxml/> (Дата обращения: 20.02.2018).
20. International Organization for Standardization. IEC 62264-1:2013 Preview Enterprise-control system integration - Part 1: Models and terminology. URL: <https://www.iso.org/standard/57308.html> (Дата обращения: 20.02.2018).
21. PAS 55 – What is it and what's the next step? URL: <https://www.lce.com/PAS-55-What-is-it-and-whats-the-next-step-1223.html> (Дата обращения: 20.02.2018).
22. SharePoint. Интеллектуальная мобильная интрасеть. URL: <https://products.office.com/ru-ru/sharepoint/collaboration>
23. Document Management Software. URL: <https://www.efilecabinet.com/> (Дата обращения: 20.02.2018).
24. Digital Collaboration Platform For Growing Teams and Large Enterprises. URL: <https://www.exoplatform.com/> (Дата обращения: 20.02.2018).
25. Платформа для управления корпоративными данными и управления бизнес-процессами на предприятии. URL: <http://ibarus.ru/solutions/filenet/platform/> (Дата обращения: 20.02.2018).
26. Set the new pace for business. URL: <https://start.docuware.com/> (Дата обращения: 20.02.2018).
27. IFC. URL: <http://plmpedia.ru/wiki/IFC> (Дата обращения: 20.02.2018).
28. Сайт «buildingSMART» . URL: <http://www.buildingsmart-tech.org/> (Дата обращения: 20.02.2018).
29. Сайт OGC. URL: <http://www.opengeospatial.org/standards/citygml> (Дата обращения: 20.02.2018).
30. Steve Kardinal Jusuf, ID, Benjamin Mousseau, Gaelle Godfroid and Jin Hui Vincent Soh. Path to an Integrated Modelling between IFC and CityGML for Neighborhood Scale Modelling. URL: <http://www.mdpi.com/2413-8851/1/3/25/pdf> (Дата обращения: 2.03.2018).
31. Tae-Wook Kang, Seung-Hwa Park, Chang-Hee Hong. BIM/GIS-based Data Integration Framework for Facility Management. GEOProcessing 2016: The Eighth International Conference on Advanced Geographic Information Systems, Applications, and Services. pp. 100-105. URL: [https://www.thinkmind.org/download.php?articleid=geoprocessing\\_2016\\_6\\_10\\_30055](https://www.thinkmind.org/download.php?articleid=geoprocessing_2016_6_10_30055) (Дата обращения: 6.03.2018).