

Экспериментальное исследование инструментов интеграции BIM и GIS технологий в задачах управления производственными зданиями и территориями

И.И. Серов¹, Т.Н. Томчинская¹, А.Д. Филинских¹

¹ НГТУ им. Р.Е.Алексеева, ул. Минина, 24, Нижний Новгород, 603950, Россия

Аннотация

Исследованы вопросы развития информационной системы управления комплексами зданий крупных организаций на основе совместного применения BIM и GIS технологий. В качестве организации рассматривается Нижегородский государственный технический университет (НГТУ) им. Р.Е. Алексеева. Основной проблемой является согласование взаимного обмена данными между BIM и GIS, которое бы исключало ошибки и потерю данных. Решение проблемы, и инструментальные средства для этого, рассмотрены на примере типовых задач. В качестве первой задачи рассмотрена автоматизация расчётов стоимости ремонтных работ здания. Предложен алгоритм действий в программном продукте Autodesk Revit. Далее проанализированы возможности системы Dynamo как инструмента интеграции. Представлены решения на его основе координации BIM-модели на рельефе, объединения BIM-моделей блоков крупного корпуса в единую модель, трансляция результата в российскую BIM-систему. Исследована технология и качество передачи данных информационной модели из системы Revit в Renga с помощью формата IFC.

Ключевые слова

Информационная модель здания, геоинформационная система, BIM, Revit, цифровая модель рельефа, Renga, 3D модель.

Experimental Study of Tools for Integrating BIM and GIS Technologies in the Tasks of Managing Industrial Buildings and Territories

I.I. Serov¹, T.N. Tomchinskaya¹, A.D. Filinskikh¹

¹ NNSTU n.a. R.E. Alekseev, Minin Street, 24, Nizhny Novgorod, 603950, Russia

Abstract

The issues of the development of an information system for managing complex buildings of large organizations based on the joint application of BIM and GIS technologies have been studied. Nizhny Novgorod State Technical University (NSTU) named after R.E.Alekseev. The main problem is to coordinate the mutual exchange of data between BIM and GIS, The main problem is to coordinate the mutual exchange of data between BIM and GIS, which would provide extruction and transfer data excluding errors and data loss. The solution of the problem, and tools for this, are considered on the example of typical tasks. As the first task, the cost calculation automation for the building repair work is considered. An algorithm of actions in the software product Autodesk Revit is proposed. Further, the capabilities of the Dynamo system as an integration tool have analyzed. Solutions based on it for coordinating a BIM model on the terrain, combining BIM models of blocks of a large body into a single model, and translating the result into the Russian BIM system are

ГрафиКон 2022: 32-я Международная конференция по компьютерной графике и машинному зрению, 19-22 сентября 2022 г., Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина, Рязань, Россия

EMAIL: ilyaserov07@gmail.com (И.И. Серов); tomchinskaya@mail.ru (Т.Н. Томчинская); alexfil@yandex.ru (А.Д. Филинских)
ORCID: 0000-0002-6397-9629 (И.И. Серов); 0000-0002-4693-7478 (Т.Н. Томчинская); 0000-0003-3826-6771 (А.Д. Филинских)



© 2022 Copyright for this paper by its authors.

Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

presented. The technology and quality of information model data transfer from the Revit system to Renga using the IFC format has been studied.

Keywords

Building information model, geoinformation system, BIM, Revit, digital elevation model, 3D model.

1. Введение

В работах [1,2] представлен пилотный проект интегрированной Bim\Gis системы управления Нижегородским государственным техническим университетом им. Р.Е. Алексеева (НГТУ). Основная цель проекта – информационная поддержка принятия управленческих решений на уровне руководства университета и его основных подразделений, а также поддержка эксплуатации инженерных коммуникаций территории и сооружений вуза. Применение технологий GIS позволит учитывать особенности размещения объектов, а BIM модель содержит полную информацию о здании и его внутренних системах [3-5]. К примеру, главный корпус расположен на волжском откосе. Для сохранения фундамента от разрушения из-за оползней, ливневых дождей, сточных вод, а также, исправной работы коммуникаций территории необходимо располагать не только BIM-моделью здания, но и данными GIS-систем.

В процессе выполнения проекта предлагается произвести интеграцию технологий и реализовать аппарат обмена данными между BIM и GIS компонентами таким образом, чтобы каждый элемент базы данных хранился один раз и был доступен при этом обоим системам.

Интеграция BIM и GIS остается серьезной проблемой, которая решается научными коллективами и технологиями [6], коллективами на местах. Есть надежда, что в обозримом будущем это сложится в повседневный инструмент формирования экологически рациональной инфраструктуры для растущих городов и населения, приведет к ответственному использованию ресурсов планеты [7].

2. Автоматизация расчета ремонтных затрат

Сформирован алгоритм действий для автоматизации расчётов стоимости работ по перестановке и замене мебели, оборудования в учебной аудитории, а также проведении ремонтных работ в учебном корпусе вуза.

Цифровая модель, для которой решается задача, представлена в виде архитектурно-строительной части: перегородки, полы потолки, внешние фасады здания, лестничные пролеты, окна и двери. Модель построена в инструментальной среде Revit и включает инженерные коммуникации, элементы сантехнических приборов, вентиляции, электроосвещения, например, такие как: несколько типов потолочных светильников, вентиляционные решетки, розетки; шкафы для шланга пожаротушения, радиаторы, унитазы, раковины и другие.

В модели представлена существующая расстановка элементов мебели в аудиториях четвертого этажа блока шестого корпуса НГТУ, принадлежащих кафедре графических информационных систем (ГИС) (рисунок 1), которые содержат следующие семейства: стол письменный, шкаф книжный, стул, доска, монитор, системный блок, клавиатура.

Первым шагом процедуры является определение набора документов и данных, которые планируется получать из цифровой информационной модели. Он делится на три составляющие: 1) данные, которые могут быть представлены в виде атрибутивной составляющей объекта или вычисляемые в процессе анализа; 2) отчетная информация, структурированная в табличном виде (отчеты, ведомости, спецификации); 3) графическое представление (планы, разрезы, виды и аксонометрические/изометрические проекции и элементы аннотаций и оформления).

Информация, которая будет в дальнейшем использована при формировании различных отчетов содержится как в визуальном представлении объекта, определяемом требуемой степенью детализации так и в атрибутивной составляющей. Необходимо учесть, что количество атрибутивной составляющей, содержащейся в разрабатываемой модели, напрямую влияет на ее производительность (скорость выполнения операций расчета).

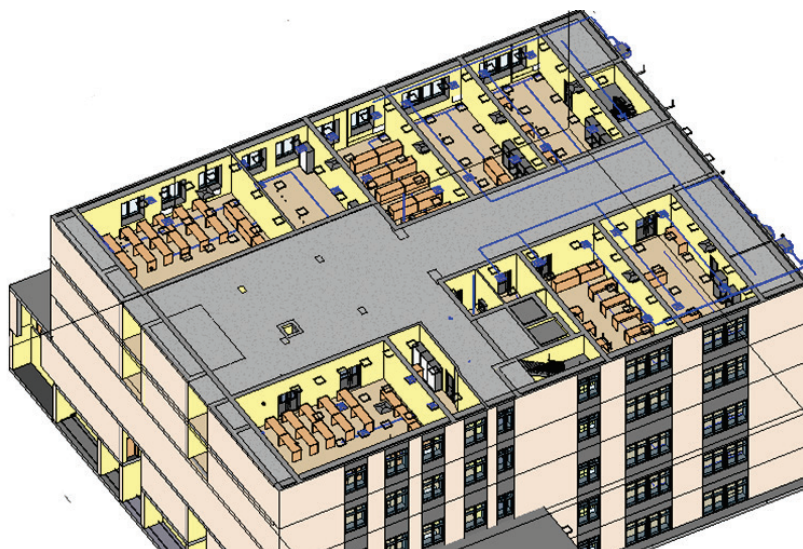


Рисунок 1 – Наполнение мебелью аудиторий кафедры ГИС

Информация в цифровой информационной модели (ЦИМ) не должна быть задублирована и противоречива. Для этого формируется конечный список атрибутов, который должен являться достаточным и актуальным для формирования требуемой документации и отчетов жизненного цикла объекта.

Исходя из проведенного анализа существующих решений, для реализации поставленных задач, определён набор атрибутов для получения автоматизированных отчетов и документации. Итоговый проект содержит следующий набор информации: семейства, данные, общую информацию.

В целях повышения качества используемой ЦИМ на стадии эксплуатации важно определить достаточную степень детализации LOD (level of development) [8]. Это позволит снизить нагрузку на графическое ядро при использовании цифровой информационной модели, тем самым повышает удобство работы и навигации при решении поставленных задач [9]. Для текущей работы принята средняя степень детализации, соответствующая LOD300 (см. [8]).

На основе проведенного анализа предложено пять оптимальных типов расположения объектов в аудитории.

На основании атрибутивных данных, которые добавлены в каждое семейство, разработаны следующие автоматизированные формы шаблонов документов:

- первый лист, содержит: аксонометрическая проекция аудитории; план (вид сверху); таблица–спецификация мебели (столы, стулья, шкафы для различной документации, доска) и спецоборудования (мониторы, системные блоки и периферия);
- второй лист – смета (стоимость) мебели и оборудования.

Для построения календарно-сетевого графика выбран программный продукт Microsoft Project и, как средство визуализации, Autodesk Navisworks.

Microsoft Project – программа по управлению проектами. Она позволяет менеджерам контролировать исполнение задач, а также грамотно распределять ресурсы, основным инструментом данной программы является диаграмма Ганта.

Разработка календарно-сетевых графиков, анализ прогресса и эффективности, а также расчёт критического пути опирается на параметры:

- задача - любой проект имеет конечную цель для того, чтобы успешно спланировать все работы; необходимо составить список задач и подзадач, которые требуют решения;
- ресурс - чаще всего это сотрудники или члены команды, задействованные в проекте;
- назначение - расчет затрачиваемых ресурсов для выполнения конкретных задач, помогает сориентироваться во времени реализации проекта.

Таким образом, становится возможным: пошагово разработать и детализировать проект, рассчитать время и трудозатраты, оптимизировать план, сделать анализ текущего состояния проекта и прогресса.

Календарно-сетевой график. Первый этап - формирование списка 4 верхнеуровневых задач (демонтаж старого оборудования; демонтаж мебели; монтаж мебели; монтаж оборудования) и задание им временной шкалы. Эти задачи разбиваются на более детальные подзадачи и для каждой из них задаётся временной интервал выполнения и назначается ресурс – человек, который будет выполнять данную подзадачу (рисунок 2).

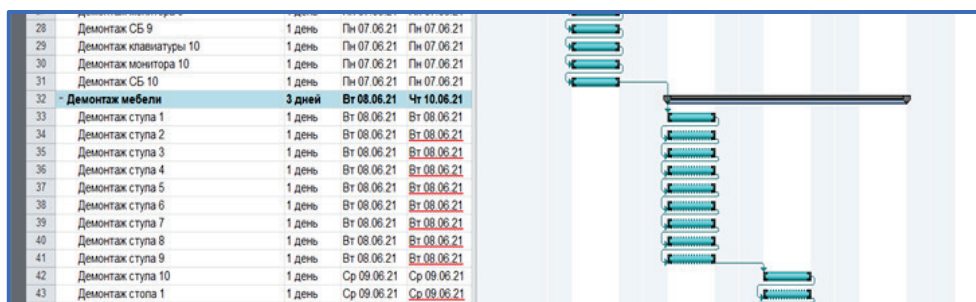


Рисунок 2 – Фрагмент диаграммы Ганта

В итоге, в Microsoft Project сформирован план работ, в котором настроены связи между каждой подзадачей по типу «окончание-начало», в результате чего в автоматическом режиме построена диаграмма Ганта, представленная на рисунке 2.

Autodesk Navisworks. Комплексное решение по визуальному рецензированию проекта, которое поддерживает координацию, анализ и передачу конструкторских идей и технологий.

Первоначально в Autodesk Navisworks необходимо загрузить источник данных - в данной задаче это календарно-сетевой график, разработанный в Microsoft Project. Для загрузки модели из Autodesk Revit в Autodesk Navisworks использована специальная надстройка Navisworks Exporter, которая позволяет экспортировать модель Autodesk Revit в формате NWD, поддерживаемый Autodesk Navisworks. Для того, чтобы настроить связь между Autodesk Navisworks и Microsoft Project каждому элементу семейства присвоено уникальное значение атрибута ID.

В свою очередь в Microsoft Project было создано новое пользовательское поле – «Идентификатор», в котором для всех подзадач также задано уникальное значение, соответствующее значению атрибута ID для каждого элемента. Далее задачи соотносятся с элементами модели с использованием правила «Сопоставление». Если все взаимосвязи настроены корректно, то при запуске анимации воспроизводится процесс выполнения строительно-монтажных работ в соответствии с план-графиком.

Представленный алгоритм действий может быть применен не только для конфигурации помещений, но и для здания или сооружения в целом.

Еще одним способом решения аналогичных задач может стать возможность выбора не только типа конфигурации, но и выбор подсемейства определенного элемента аудитории внутри какого-либо типа конфигурации помещения, то есть, таким образом, получится, что тип конфигурации помещения будет отвечать за расстановку элементов, внутри которого каждый элемент можно будет выбрать из определенного перечня подсемейств.

В подсемейства или основное семейство можно добавлять новые атрибуты, что даст возможность получить в автоматизированном режиме новый тип документации.

Реализован вариант масштабирования рассмотренной задачи для учебного корпуса НГТУ в части исполнения расчета стоимости замены оконных блоков, соответствующий принятому 3 уровню детализации.

В соответствии с процедурой, составлен список атрибутов и автоматизирован процесс получения следующих отчетов: спецификация, ведомость работ общая, ведомость работ для каждого этажа в отдельности. Попутно автоматически сформированы шаблоны документов, представляющие собой спецификацию объектов, подлежащих замене и стоимость выполнения работ по замене каждого типа оконных блоков.

Далее аналогично с предыдущим примером в Navisworks загружен сформированный в Microsoft Project календарно-сетевой график, настроены связи между задачами календарно-сетевого графика и элементами модели с помощью ранее настроенного правила

«Сопоставление», в результате чего в Navisworks строится анимация выполнения хода работ, как представлено на рисунке 3.

Также изменяя финансовые параметры проекта и трудозатраты в каталогах спецификаций, можно корректировать стоимостные показатели ремонтных и строительных работ.

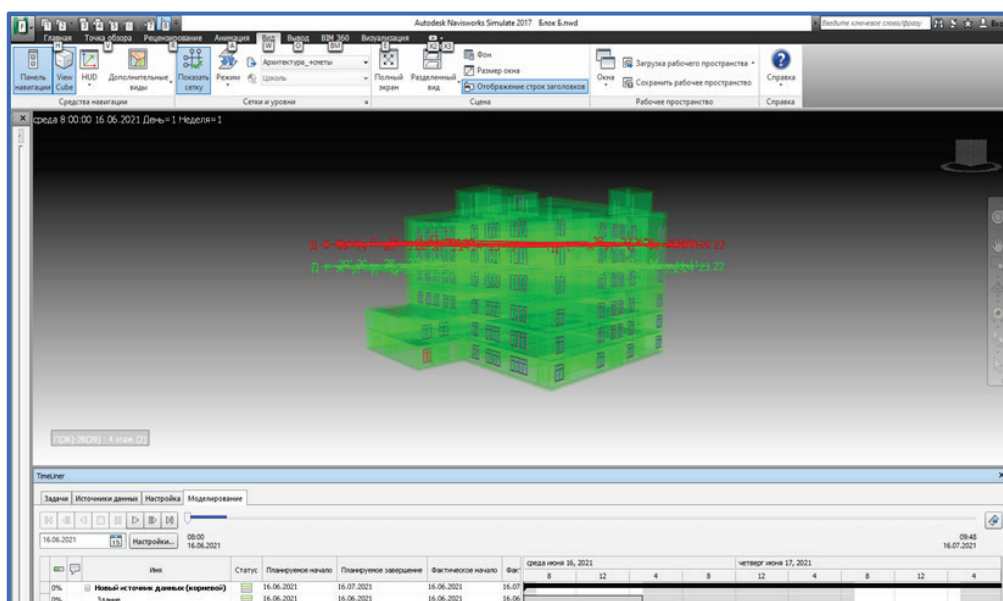


Рисунок 3 – Фрагмент анимации сетевого графика работ по замене оконных блоков в учебном корпусе НГТУ

3. Работа с атрибутивными данными Revit с помощью Dynamo

Одной из задач проекта является разработка универсального метода получения данных из модели с помощью языка запросов. Это требуется чтобы создать систему взаимодействия пользователя с данными модели, не обучая его работе с программой Revit [10]. Такая система – надстройка над BIM моделью, через которую пользователь управляет информацией, содержащейся в модели.

Проведен эксперимент по загрузке и выгрузке данных из Revit разными способами. При использовании расширения DBLink, выполнен экспорт в базу данных PostgreSQL через ODBC-источник, экспорт в MS Access и реализована связка Revit-Access-Excel-Access-Revit [2]. Таким образом, стали видны преимущества и недостатки этих способов экспорта - PostgreSQL поддерживает геометрические данные, а в MS Access сразу формируется схема данных, где можно посмотреть все связи между сущностями. Однако работать с такой системой все равно неудобно, так как этот процесс не автоматизирован и в итоге получаются сырые данные, которые требуют дообработки. Поэтому принято решение с помощью платформы Dynamo Revit написать алгоритм выгрузки данных Revit, который подойдет для нескольких проектов и представит данные в удобном для пользователя виде.

Dynamo (<https://dynamobim.org/>) – это платформа с открытым исходным кодом визуального программирования для проектировщиков. Изначально она разрабатывалась для использования в Revit. Dynamo включает отдельный набор узлов, разработанных специально для Revit, а также библиотеки сторонних разработчиков из числа участников сообщества пользователей в сфере архитектуры и строительства.

Платформа позволяет работать с объектами геометрии и данными посредством визуального программирования. Соединенные друг с другом элементы, отношения и последовательность действий образуют пользовательские алгоритмы, которые можно использовать для широкого спектра приложений – от обработки данных до создания геометрии. В Dynamo используются простые блоки, а совокупность блоков создает правила, по которым работает Revit.

Кроме того, есть возможность писать скрипты на Design Script и IronPython, что наделяет Dynamo возможностями вплоть до доступа к любым сторонним приложениям, имеющим API интерфейс.

В качестве эксперимента, выбрана задача создания алгоритма экспорта и импорта данных в Excel. Требуется выгрузить данные о пространствах (это такие помещения, как гардероб, лифтовый холл, помещение охраны и другие) в программу Excel. Далее специалисты, не знакомые с программой Revit, должны заполнить сведения об ответственных за пожарную безопасность помещений и затем эти данные необходимо импортировать в Revit. Для реализации такого алгоритма достаточно предустановленных узлов программы.

Сначала выбирается категория – те данные, с которыми необходимо провести действие, в нашем случае – это пространства. Все элементы категории формируют список (list) параметров данной категории. Далее фильтром отбираются требуемые – id, имя, площадь, уровень, ответственный за пожарную безопасность. Затем преобразуем список в необходимый для правильной записи в excel-таблицы построчный формат (рисунок 4), добавляем список с заголовками столбцов, определяем путь к документу, лист и ячейку записи и запускаем алгоритм.

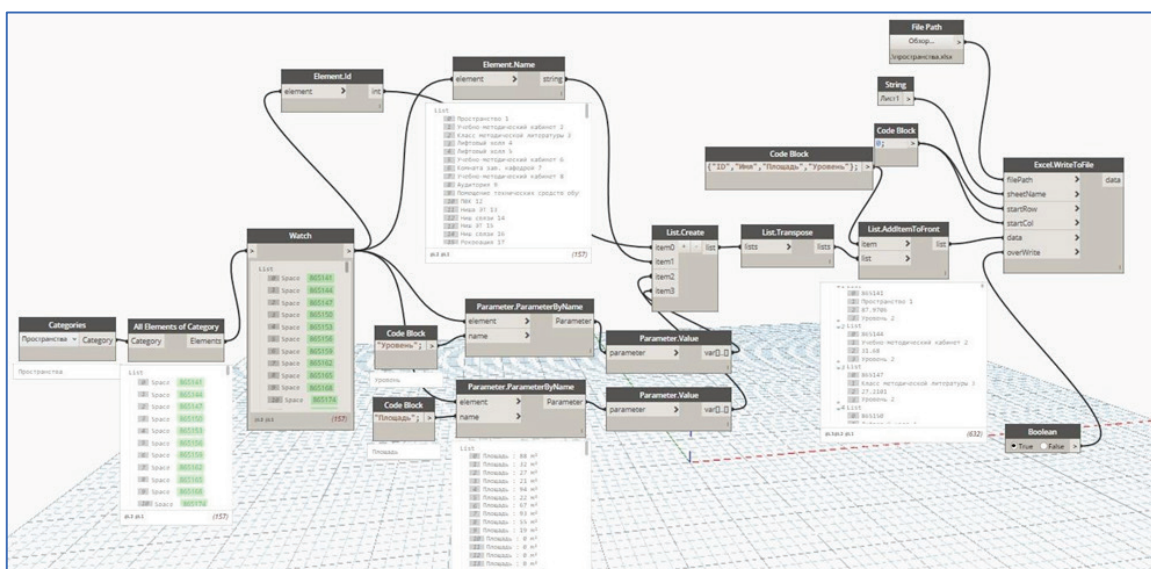


Рисунок 4 – Алгоритм экспорта таблицы с пространствами в MS Excel

При правильной интерпретации алгоритма все ноды остаются корректными, происходит запись в Excel и открывается документ. В противном случае программа предупреждает об ошибке.

Далее, специалист, не знакомый с программой Revit, может дополнить сведения об объекте данной категории, в нашем случае – ответственных за пожарную безопасность помещений.

Затем эти данные необходимо импортировать в Revit. Для алгоритма импорта новых данных необходимо, чтобы в Revit у объекта существовали параметры, куда будет проводиться запись. Если такие поля не предустановлены, их нужно добавить.

Алгоритм импорта строится инверсионно алгоритму экспорта – из файла считывается список из строк, преобразуется в формат столбцов для Revit, сортируется по ID для верной записи данных и импортируется в Revit (рисунок 5), заполняя новой информацией созданный параметр либо меняя информацию в старых.

Созданные в одном проекте алгоритмы Dynamo можно открывать и использовать в других проектах Revit, а это значит, что можно создать универсальные для моделей проекта алгоритмы, чтобы ускорить и упростить работу инженеров с выгрузкой и использованием данных.

Следующим этапом планируется создание алгоритма по экспорту/импорту данных через Dynamo в PostgreSQL, использовать их в GIS-приложениях [11].

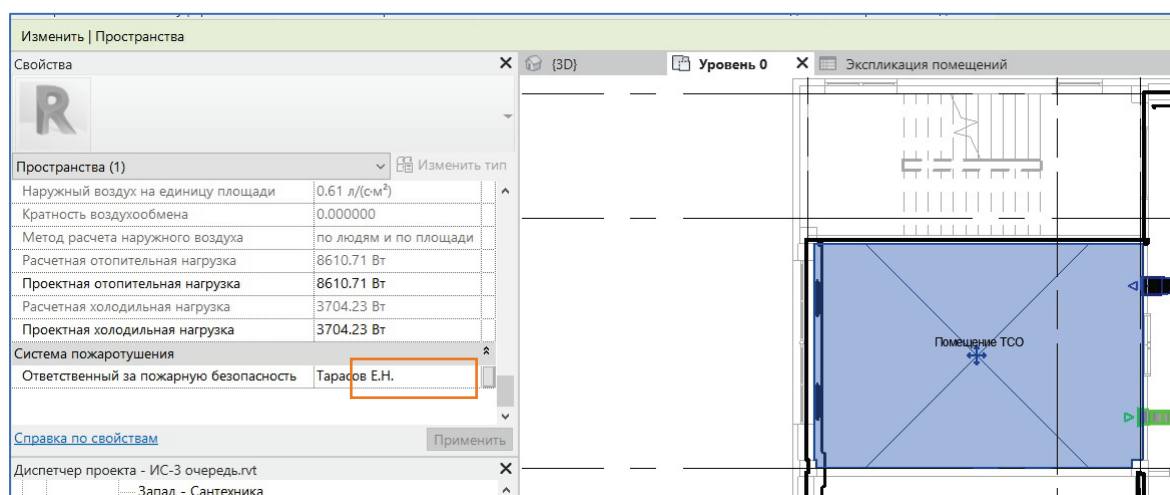


Рисунок 5 – В результате импорта пустой параметр заполнился данными из таблицы Excel

4. Интеграция моделей блоков корпуса НГТУ и модель рельефа

На начальной стадии работы над проектом цифровая модель рельефа (ЦМР) построена в технологии InfraWorks [12], что позволило быстро воссоздать существующую застройку по открытым источникам [13]. Т.е. с самого начала велась работа с моделью, в которой уже есть актуальная информация об особенностях местности, существующих сетях и дорогах, ограничениях участков.

Но такая модель содержит множество артефактов. Дороги и здания строятся неточно. В связи с этим для уточнения модель поверхности передана в AutoCAD Civil 3D через формат IMX. Цифровая модель рельефа построена по карте масштаба 1:2000. Введены дополнительно горизонтالي и высотные отметки. Для полуавтоматической векторизации горизонталей использовался программный продукт Autodesk Raster Design (рисунок 6).

Далее цифровая модель рельефа импортировалась в среду Revit и на поверхности выстраивался шестой корпус НГТУ с помощью объединения BIM моделей ранее разработанных блоков учебного корпуса ВУЗа в единую модель (рисунок 7).

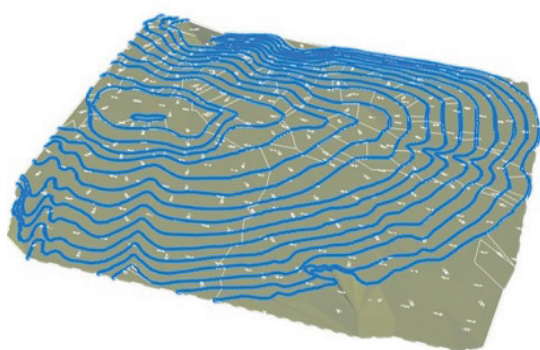


Рисунок 6 – Модель рельефа территории корпуса НГТУ

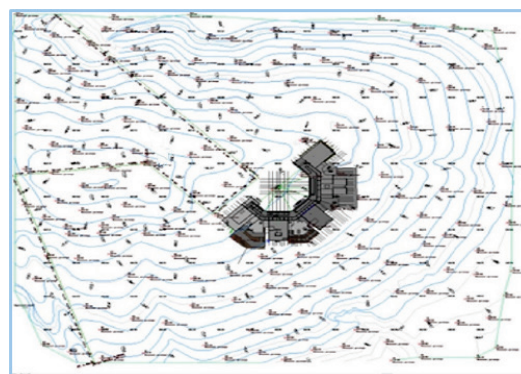


Рисунок 7 – Загруженная ЦМР в Autodesk Revit проект с моделью корпуса НГТУ

Так как модель разрабатывается постепенно и постоянно дополняется новыми блоками, все цифровые информационные модели проекта на конечном этапе должны иметь единую систему координат, архитектура и инженерные системы должны быть соединены между собой и пройти проверку на коллизии и целостность (рисунок 8).

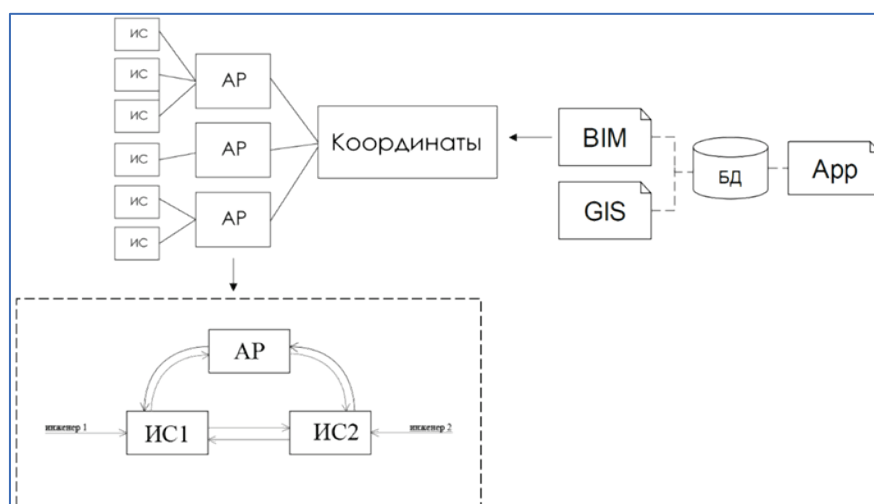


Рисунок 8 – Взаимодействие элементов информационной системы НГТУ

При создании единой модели, состоящей из блоков, разрабатываемых разными людьми, использовались общие координаты для определения положения файлов относительно друг друга. Выстраивание процесса координации проекта начиналось с создания базового и разбивочного файлов. Базовый файл включает в себя настройки геодезических координат, отметок и направление севера, также базовый файл содержит модель рельефа участка. Таким образом мы смешиваем слой геопространственного контекста с моделью BIM (рисунок 9).

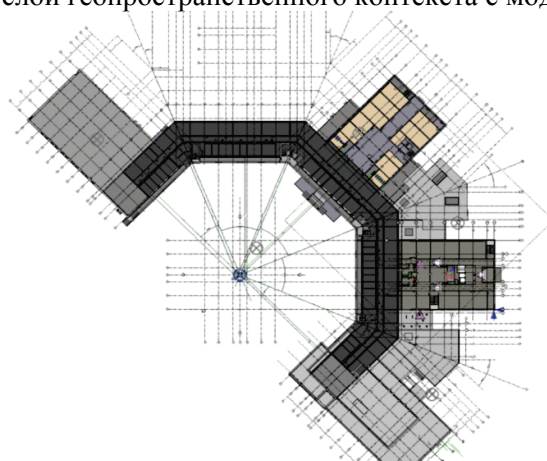


Рисунок 9 – Координация блоков модели шестого учебного корпуса НГТУ

Для координации блоков проекта создан координационный файл Revit со строительными опорными осями (рисунок 9). Установлена базовая точка в месте схода осей чертежа.

Далее с помощью функции совмещения центров установлено расположение блоков и каждому из блоков переданы координаты текущего местоположения. После чего создан файл, связанный с координационным файлом. С помощью функций поворота и инструмента выравнивания совмещены оси архитектуры и площадки, закреплены связи, координаты переданы в связанный файл. Координаты базовой точки связанного файла принимают значения относительно базовой точки файла площадки. Теперь, при выгрузке этой модели и загрузке по параметру общих координат блоки располагаются сразу на своих местах (рисунок 10).

Таким образом, проведено объединение всех частей модели и скоординированы все элементы относительно друг друга. Все элементы информационной модели проекта имеют одинаковую систему координат, архитектура и инженерные системы соединены между собой. GIS компонента инкапсулирована в BIM подсистему.

Это позволяет в дальнейшем смоделировать подземные коммуникации и объединить с внутренними в единую модель, решать как пространственные задачи на территории корпуса, так и задачи мониторинга и управления эксплуатацией корпуса.

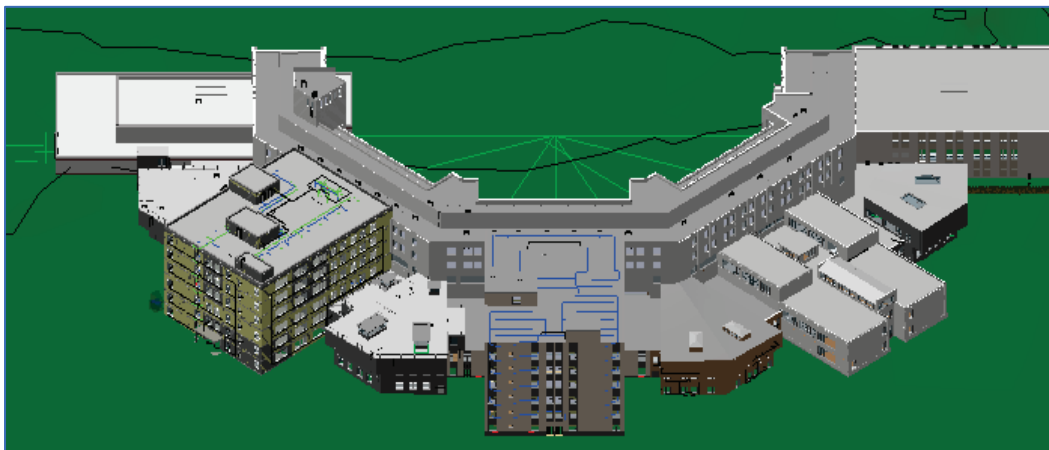


Рисунок 10 – Итоговый вид собранной модели учебного корпуса НГТУ

5. Взаимодействие BIM-компоненты и GIS подсистемы

Для решения ряда задач, таких как отображение справочной информации по расположению кафедр и аудиторий, навигация внутри здания, поиск свободных аудиторий с учетом имеющегося расписания занятий и других пространственных задач требуется GIS инструментарий. Чтобы не формировать повторно планы помещений для решения перечисленных задач, предлагается экспортировать чертежи помещений из модели, выполненной в программе Revit в GIS-подсистему. В качестве GIS-инструментария выбрана программа Autocad Map 3D.

Экспорт из Autodesk Revit в Autocad Map 3D выполняется следующим образом.

3D-модель в программном обеспечении Revit экспортируется в DXF формат, при этом выполняется настройка слоев, весов линий и текста.

На рисунке 11 представлен импортированный из Revit в Autocad Map3D план этажа учебного корпуса. На рисунке 12 – импортированные из Revit два блока корпуса НГТУ в Autocad Map3D и совмещенные с Яндекс картой. На полученной геометрии этажа инструментарием в Autocad Map 3D построена тематическая карта с указанием назначения аудиторий (рисунок 13).

В результате взаимодействия BIM и GIS подсистем для решения подобных задач не требуется повторно строить поэтажные планы, что значительно экономит ресурсы.

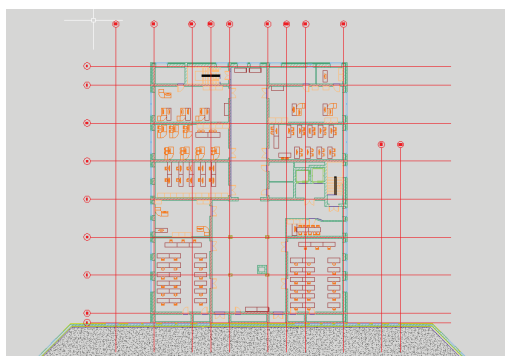


Рисунок 11 – План этажа корпуса НГТУ импортированный в Autocad Map 3D

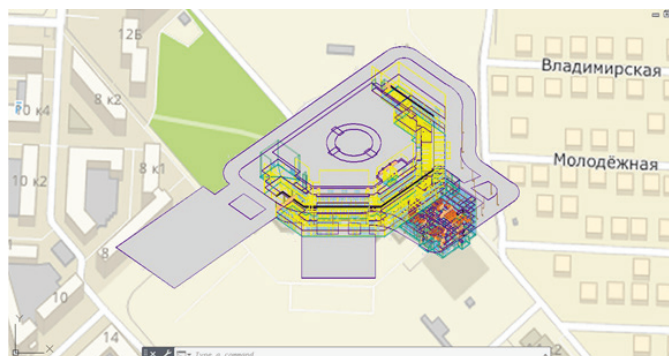


Рисунок 12 – Расположение блоков учебного корпуса НГТУ на изображении карты

Следующим примером взаимодействия двух подсистем является экспорт 3D-модели блоков корпуса в технологии Revit в Autodesk Map3D и совмещение модели с топографической картой (рисунок 14), что позволяет решать такие задачи, как планировка территории, мероприятий, проводимых как внутри корпуса, так и вне его, поиск неисправных подземных коммуникаций, навигации, как внутри здания, так и по прилегающей территории.

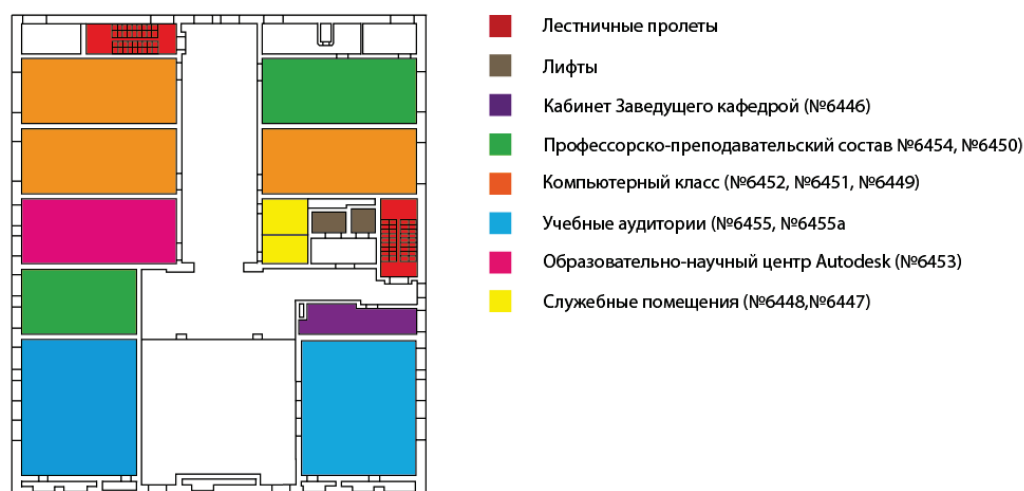


Рисунок 13 – Тематическая карта помещений кафедры НГТУ

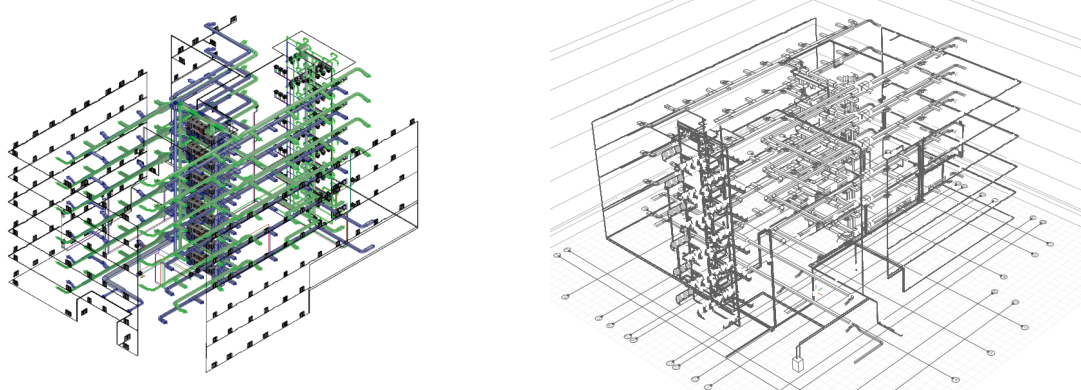


Рисунок 14 – Модель коммуникаций учебного корпуса в Revit (слева) и Renga (справа)

6. Трансляция информационной модели в российскую BIM-систему

Параллельно проводится эксперимент по экспорту модели Revit в программу Renga. Для исследования взаимодействия между Revit и Renga взят один из блоков корпуса ВУЗа. Для него полностью реализована архитектура и инженерные системы. Файлы инженерных систем являются связанными с файлом архитектуры блока, то есть подключаются как ссылка. Для передачи блока из Revit в Renga применялся IFC формат с открытой спецификацией для обмена информационными моделями зданий в разных представлениях. Renga поддерживает несколько конфигураций этого формата, в том числе IFC2×3 и IFC4. Достоинствами IFC4 (по сравнению с предыдущим рабочим форматом IFC2×3) являются улучшения и дополнения во встроенном каталоге объектов, многоязыковая версия набора свойств для локализации IFC в разных странах [14,15], компактное представление модели при обмене 4D и 5D BIM — в среднем размер файлов IFC4 в два раза меньше IFC2×3, больше примеров использования и иллюстраций внедрения IFC. IFC-файл открывается в Renga без дополнительных настроек с помощью команды «Открыть».

Первым результатом передачи оказалась невозможность передачи связанных файлов проекта, возможно будет работать вариант при первоначальной установке связи проекта с файлом .ifc. Передача архитектуры состоялась с правильной геометрией, координатами проекта, верными обозначениями и параметрами объектов. Единственная проблема обнаружилась при изменении видимости уровней в обозревателе модели, который в Renga устанавливается дополнительным плагином. При скрытии уровня стены остаются на месте и не распознаются как полнотелый объект.

Внутренняя планировка в 3D и на планах этажей передалась корректно, и мы можем работать с любым объектом.

В Renga MEP несколько другая логика построения инженерных коммуникаций. В отличие от Revit, здесь сначала создается «стиль» и связи системы, а затем достраивается оборудование. При передаче соответственно мы получаем обычную 3D модель (рисунок 14), никак не функционирующую.

Renga имеет некоторые преимущества перед Revit в инструментах для архитектуры, поэтому в сообществе популярно решение объединения архитектурной модели из Renga и коммуникаций из Revit или других систем моделирования, например в Navisworks. Navisworks позволяет работать с файлами Revit напрямую и отображаются они в своем естественном виде. Импортированная модель архитектуры в IFC из Renga открылась в том же виде, как и в Renga, координаты совпали с моделью инженерных коммуникаций из Revit.

7. Заключение

Реализованы задачи управления комплексами зданий крупных организаций на основе совместного применения BIM и GIS технологий на примере вуза. Продемонстрирован опыт автоматизации расчета ремонтных затрат на примере замены мебели, оборудования и оконных блоков. На основании данной работы можно сделать вывод, что технология информационного моделирования объектов строительства на этапе эксплуатации дает возможность с высокой точностью осуществлять расчеты объемов материальных ресурсов и затрат при модернизации помещений и оборудования. Создаваемые цифровые активы для любого объекта или сооружения могут быть использованы не только для визуальной демонстрации проектируемого решения, но и для использования в реконструкции и модернизации сооружения.

Проведен анализ работы с данными в программной среде Revit, опробованы несколько способов экспорта и импорта данных. Наиболее перспективным для работы в этом направлении является программный модуль Dynamo, с помощью которого можно создать эффективный инструмент передачи данных из модели в приложение и обратно. Модель содержит полную информацию об объектах и характеристиках, поэтому при корректной выгрузке и структурировании этих данных в БД, станет возможным доведение этой информации для пользователей, занимающихся контролем объекта и неработающих с Revit напрямую.

Рассмотрены понятия общих координат и файлов проекта. Исследован алгоритм работы с общими координатами проекта. Разработан координационный файл для информационной модели корпуса ВУЗа.

Реализован аппарат обмена данными между BIM- и ГИС-компонентами. Это способствует имплантации BIM технологии в среду ГИС и означает применение новой интегральной технологии в системе технологий Цифровой Земли, востребованной в системе управления территориями.

8. Список источников

- [1] Tomchinskaya T., Galanina M. University Management System Based On BIM-GIS-Technologies // Proceedings of the 30th International Conference on Computer Graphics and Machine Vision (GraphiCon 2020). Part 2. 2020-12-17 / Journal article. DOI: 10.51130/graphicon-2020-2-4-26.
- [2] Галанина М.Н., Томчинская Т.Н. Обмен данными Revit с программой Excel с помощью Dynamo // Сборник материалов 31-й Всероссийской научно-практической конференции по графическим информационным технологиям и системам / Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2021, с. 150-155.
- [3] Alekhin V., Abdullah H. GIS AND BIM integration in buildings and infrastructures construction // Russian Journal of Construction Science and Technology. DOI: 10.15826/rjct.2021.1.002.
- [4] Применение комбинированных технологий BIM-ГИС в строительной отрасли для различных категорий заинтересованных лиц: Обзор состояния в мире / Куприяновский и др. // URL: <https://arcreview.esri-cis.ru/2015/05/12/bimgis-technologies-for-stakeholders/>

- [5] Г. Б. Захарова, «Умный город как интеграция технологий: bim, gis, sim, цифровой двойник, интернет вещей и большие данные» // Новые информационные технологии в исследовании сложных структур, 2020, с. 65-66.
- [6] Xin Liu, et al. A State-of-the-Art Review on the Integration of Building Information Modeling (BIM) and Geographic Information System (GIS). International Journal of Geo-Information, 2017. 6(2):53, DOI: 10.3390/ijgi6020053.
- [7] BIM вместо ГИС или BIM вместе с ГИС- почему до сих пор нет ответа?» [Электронный ресурс], URL: <https://zen.yandex.ru/media/id/5b1b9866e44a9449cc6a314e/bim-vmesto-gis-ili-bim-vmeste-s-gis--pochemu-do-sih-por-net-otveta--5b30be0ca3de5700a920cf19>. (дата обращения: 05.03.2021).
- [8] Sani, M. J., & AbdulRahman, A. GIS and BIM integration at data level: A Review. Oct. 2018. DOI:10.5194/isprs-archives-XLII-4-W9-299-2018.
- [9] Талапов В.В. BIM: что под этим обычно понимают // Цикл авторских публикаций об информационном моделировании зданий. — 2010. [Электронный ресурс]. URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14078.
- [10] Chris Andrews, GIS and BIM Integration Leads to Smart Communities // URL: <https://www.esri.com/about/newsroom/wp-content/uploads/2018/08/GIS-and-BIM-Integration-Leads-to-Smart-Cmnty.pdf>.
- [11] Mangon N. GIS and BIM Integration Will Transform Infrastructure Design and Construction. URL: <https://redshift.autodesk.com/gis-and-bimintegration/>
- [12] Knut Jetlund, Erling Onstein, and Lizhen Huang. IFC Schemas in ISO/TC 211 Compliant UML for Improved Interoperability between BIM and GIS. International Journal of Geo-Information. 2020, 9, 278; doi:10.3390/ijgi9040278.
- [13] Интеграция BIM и GIS (сайт Autodesk) / URL: <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/draft/9492/Autodesk%20Bring%20Together%20BIM%20GIS%20eBook.pdf>.
- [14] Sani, M. J., Musliman, I. A. & AbdulRahman, A. (2021). IFC and CityGML Semantic Transformation for 3D GIS. Journal of Information System and Technology Management, 6 (24), 326-333. DOI: 10.35631/JISTM.624030.
- [15] Sani M.J. et al. (2022) IFC to CityGML Conversion Algorithm Based On Geometry and Semantic Mapping. Joint International Conference Geospatial Asia-Europe 2021 and GeoAdvances 2021, 5–6 October 2021, DOI: 10.5194/isprs-archives-XLVI-4-W3-2021-287-2022.