

Нейросетевая генерация 3D-моделей для пополнения ТИМ-каталогов медицинского оборудования

В.А. Пушкарёва, А.С. Короткова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Аннотация: В статье рассматривается вопрос автоматизации создания семейств оборудования для технологии информационного моделирования зданий при проектировании медицинских учреждений. Предлагается алгоритм, позволяющий генерировать 3D-геометрию на основе изображения оборудования. Разработанный подход включает в себя создание 3D-модели с использованием веб-приложения, предварительную обработку модели в Autodesk 3ds Max и импорт ее в Revit. Был проведен сравнительный анализ пяти сервисов генерации 3D-модели на основе нейронных сетей, в результате чего был выбран наиболее подходящий – Hyper 3D Rodin. Алгоритм был протестирован на модели наркозно-дыхательного аппарата. Полученные результаты демонстрируют потенциал интеграции искусственного интеллекта в разработке пользовательских семейств оборудования, что может значительно сократить временные затраты и повысить эффективность проектирования.

Ключевые слова: семейство оборудования Revit, медицинское оборудование, нейросетевая генерация, 3D-геометрия оборудования, ТИМ, технологические решения.

Введение

Одним из наиболее важных разделов проектирования медицинских учреждений является раздел ИОС7 «Технологические решения» (далее - ТХ). Он определяет функциональную организацию медицинских процессов, разумное использование площади объекта, подбор оборудования и соблюдение санитарно-гигиенических норм. Данный раздел влияет на остальные инженерные и архитектурные разделы. Некачественная передача заданий и расчетов раздела ТХ ведет к последующим ошибкам во многих разделах и коллизиям [1, 2]. Во избежание их возникновения необходима автоматизация проектирования, позволяющая организовать совместную работу над проектом для оперативной и точной передачи заданий между разделами, обеспечения их взаимосвязи. Это достигается с помощью использования технологии информационного моделирования (далее ТИМ) [2-4].

В таком программном обеспечении (далее ПО) для информационного моделирования как Autodesk Revit выдача заданий для смежных разделов (ЭО, ВК, ОВ) для конкретного оборудования выполняется с помощью создания соединительного элемента в семействе.

Как правило, у компании, проектирующей с помощью ТИМ, уже имеется база семейств оборудования. Кроме того, имеется множество веб-ресурсов с готовыми семействами для всех инженерных разделов. Однако, как известно, в медицине используется довольно дорогостоящее и поэтому специфичное оборудование, которое может не повторяться в различных проектах одной проектной компании (например, компьютерный томограф определенной марки, флюорограф и т.д.) [5]. Если в 2D-среде можно начертить новый блок оборудования по заданным габаритам или же воспользоваться готовым чертежом от производителя, то в 3D задача усложняется в связи с тем, что создание нового семейства с нуля нецелесообразно по временным затратам, не все производители могут предоставить семейство или 3D-модель, а в открытых источниках практически невозможно найти 3D-модель оборудования конкретной или похожей марки.

Таким образом, целью данной работы является разработка алгоритма создания семейства оборудования для ТИМ-системы по изображению.

1. Опыт разработки раздела ТХ и инженерных разделов

Раздел ТХ разрабатывается для объектов с той или иной технологией – от промышленных объектов до образовательных учреждений. Следовательно, важно учесть опыт разработки семейств оборудования ТХ для подобных зданий.

Низкую наполненность библиотеки семейств компания АО «НПО «РИВС» предлагает решить объединением проектных институтов для создания общей библиотеки [6]. Также поиск искомых семейств

промышленного оборудования может выполняться в библиотеке семейств BIM-стандарт 2.0 и агрегаторах, в том числе BIMStandartFamily.

Семейства оборудования должны содержать основные характеристики для подключения инженерных сетей, что позволяет смежным разделам при подгрузке модели ТХ видеть все точки подключения и заданные параметры [7]. Все параметры, необходимые для составления спецификаций, задаются в семействах.

Стандартной практикой является разработка корпоративных шаблонов проектов Revit по всем разделам для быстрого старта проектирования с загруженными стандартными семействами [7- 9]. Консалтинговой компанией BIM2B было разработано несколько шаблонов Revit для каждого раздела, в том числе ТХ. Однако данный шаблон настроен под проектирование промышленных объектов, так как содержит настроенные виды и листы планов систем технологических трубопроводов, схем систем, семейства типового промышленного технологического оборудования и т.д.

Как отмечалось ранее, в основном проектные институты уже имеют в библиотеке необходимое количество уже разработанных стандартных параметризованных семейств для работы над тем или иным объектом. Однако, бывают ситуации, когда необходимо разрабатывать семейство вручную, например, если в проекте используется оборудование индивидуального изготовления. Для создания 3D-геометрии оборудования также используются готовые блоки форматов .DXF/.DWG, которые импортируются в Revit. Такими 3D-моделями также могут служить файлы экспорта из Autodesk Inventor.

При создании семейств оборудования и мебели в гражданских объектах используются несколько уже заполненных типоразмеров без использования «динамичности» - среднего требуемого количества параметров экземпляра, которые влияют на изменение геометрии элемента [1]. Таким образом,

проектирование раздела ТХ сводится к использованию типоразмеров семейств, а не параметров экземпляра.

В компании «ВЕРФАУ Медикал Инжиниринг» в начале использования ТИМ (2014 год) для приблизительной расстановки семейств оборудования и мебели создавались новые типоразмеры условного семейства с параметрами габаритов (длина, ширина, высота), подключения электричества, воды и воздуха, наименования, производителя и т.п. (рис.1), и в дальнейшем данные семейства можно было пакетно заменять.

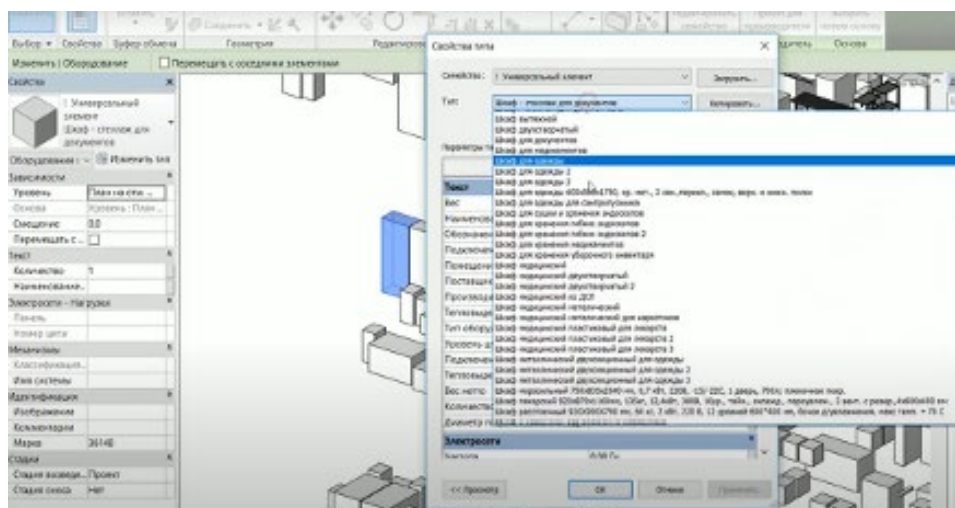


Рис. 1. – Типы условного семейства

Все новые семейства оборудования ТИМ-отдел компании по разработке технологических решений в области водоподготовки и оснащения частных и общественных спа-комплексов LV Studio разрабатывает своими силами с помощью уже готовых шаблонов, а элементы трубопроводных систем корректирует под нового производителя, изменяя атрибуты.

В случае, если проектировщиком загружается семейство с веб-ресурса, необходима его предобработка, а именно корректировка параметров и единиц измерения, в том числе с помощью среды визуального программирования Dynamo. Такая автоматизация позволяет уменьшить

время на выполнение рутинных задач по добавлению или исключению параметров, а также иных процессов.

В ходе перехода на отечественное ПО, а именно на ТИМ-систему Renga, известный холдинг Setl Group столкнулся с необходимостью создания ТИМ-каталогов объектов [10]. Часть компания разрабатывает самостоятельно, другая же добровольно создается отечественными производителями. На сегодняшний день компанией разработано значительное количество каталогов оборудования, изделий и материалов, которые находятся в открытом доступе.

Согласно статье [11] существует большая библиотека 3D-моделей инженерного оборудования по Autodesk AutoCAD, из которых несложно создать семейство для Revit. Один из источников поиска такого оборудования является бесплатный плагин для AutoCAD CadProfi. Отмечено, что семейства с насыщенной геометрией имеет довольно большой размер, однако выигрыш в этом случае будет во времени. Создание наиболее детализированных или специфичных семейств на начальных стадиях проектирования нецелесообразно в связи с дальнейшими корректировками. Оборудование может быть выполнено в контекстной модели для стадии П.

Применение инженерными разделами программного продукта MagiCAD совместно с соответствующими модулями для инженерных разделов дает доступ к большой базе данных оборудования, что облегчает процесс поиска нужного семейства [12].

Таким образом, на данный момент создание семейств оборудования выполняется вручную с использованием автоматизирующих работу скриптов. Однако ручное создание оборудования сложной геометрии может оказаться трудоемким процессом. В связи с этим идея создания семейства с импортированной 3D-геометрией представляется перспективной для исследования.

2. Алгоритм создания семейства оборудования для ТИМ-системы

В качестве ТИМ-системы было выбрано ПО Autodesk Revit 2021. Поскольку в версиях Revit до 2023 года отсутствует импорт 3D-модели формата .OBJ, целесообразно использовать в качестве импортированной геометрии 3D-модель формата .DXF. Файлы данного формата имеют открытый исходный код, поэтому они специально используются для обмена чертежами между сторонними приложениями.

В настоящее время все больший спрос набирают решения на основе искусственного интеллекта. И одним из достижений данной технологии стала генерация 3D-модели из загруженного изображения. Принцип работы с нейросетями для выполнения данной задачи выглядит следующим образом:

1. Загрузка изображения в приложение;
2. Генерация 3D-модели;
3. Корректировка модели, выбор параметров для экспорта;
4. Скачивание модели в нужном формате.

Загрузка 3D-модели, как правило, возможна в следующих форматах: .FBX, .OBJ, .STL, .GLB, а в некоторых случаях .USD/.USDZ. Данные форматы не подходят для импорта напрямую в Revit, необходима конвертация модели. Также для правильного ее отображения в Revit необходима качественная предобработка. Промежуточным ПО для этих целей может служить Autodesk 3ds Max. В работе использовалась версия 2023 года. Поскольку экспорт готовой модели будет происходить в другой формат (к тому же, заходя вперед, - более ранней версии), то версия данного ПО не влияет на возможность импорта в Revit.

Корректировка модели в 3ds Max происходит посредством объединения геометрии, оптимизации и применения невидимости граней. Более подробный алгоритм изображен на рис.2.



Рис. 2. – Предобработка 3D-модели в 3ds Max

Последние два пункта выполняются с помощью готового скрипта на языке MaxScript (рис.3). Также данный скрипт выгружает готовую модель в формате .DXF.

```
1 macroScript my3dmaxtoRev
2 category: "myOwnScript"
3
4
5 rollout unnamedRollout "my3dmaxToRevit" width:162 height:198
6
7 (
8   button 'btn1' "Export" pos:[26,37] width:114 height:59 align:#left
9   edittext 'edt2' "" pos:[21,127] width:118 height:51 align:#left
10  label 'lb12' "Family Name:" pos:[26,103] width:95 height:19 align:#left
11  label 'lb13' "Export to Revit:" pos:[25,7] width:115 height:31 align:#left
12  global ObjName
13
14  on btn1 pressed do
15  (
16    convertto $ Editable_poly
17  undo off(
18    while selection.count > 1 do
19    (
20      selcount = selection.count
21      for i = selcount to 2 by -2 do
22      (
23        polyop.attach selection[i] selection [i-1]
24      )
25    )
26    update selection[1]
27  )
28  obj = $
29  convertto obj Editable_Mesh
30  numFace = getNumFaces obj as float
31  if numFace > 32000 do
32  (
33    (
```

Рис. 3. – Фрагмент кода скрипта для оптимизации геометрии 3D-модели и скрывание граней

Для быстрого старта при разработке семейства оборудования в Revit разработан шаблон семейства, в который были загружены необходимые параметры, семейства розетки для последующей выдачи заданий разделу ЭО,

подготовлены размеры для привязки 3D-геометрии оборудования (рис.4). Так, для оборудования с загруженной 3D-геометрией остается только исключить ненужные параметры.

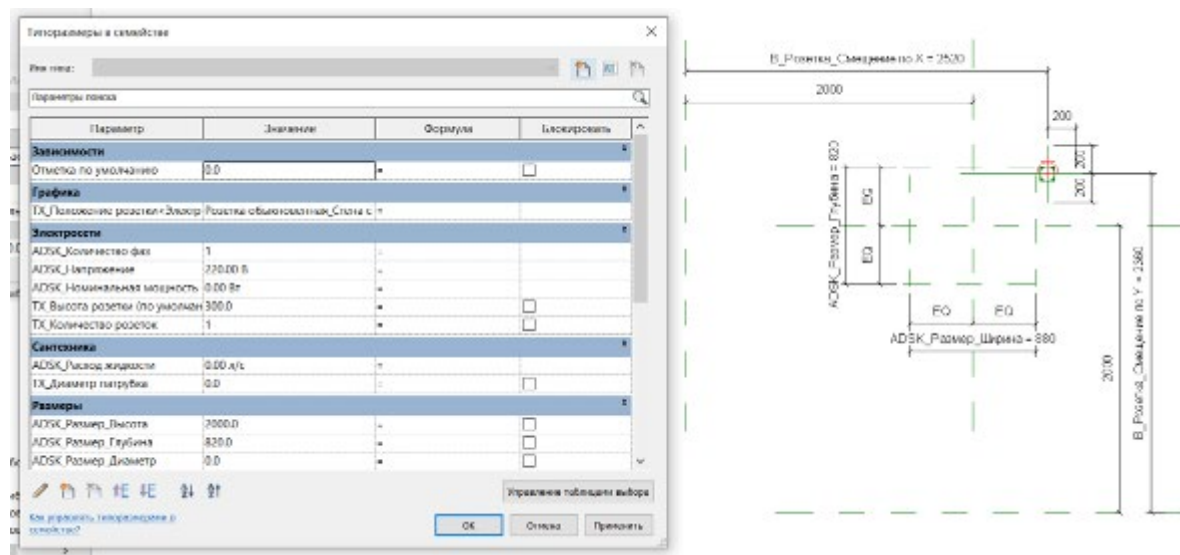


Рис. 4. – Готовый шаблон для создания семейства оборудования

Подводя итог, алгоритм создания семейства оборудования с помощью генерации 3D-геометрии из изображения выглядит следующим образом:

1. Поиск изображения оборудования в полный рост. Рекомендуется выбирать изображение с белым или прозрачным фоном;
2. Генерация 3D-модели по изображению посредством веб-приложения и экспорт в формате .FBX;
3. Предобработка и экспорт модели в формат .DXF в Autodesk 3ds Max с помощью скрипта;
4. Импорт модели в шаблон семейства оборудования Autodesk Revit, корректировка параметров и размеров.

3. Выбор нейросети для генерации 3D-моделей по изображению

В данной работе было отобрано 5 нейросетей в виде веб-инструментов с возможностью бесплатной генерации и скачивании модели. Учитывается,

что генерация происходит из одного изображения, так как в большинстве своем на сайтах производителя дано только одно фото представленного оборудования.

В качестве критериев для оценки качества работы нейросети выбраны следующие:

1. Скорость генерации;
2. Количество полигонов модели;
3. Эстетичность (отсутствие искажений геометрии);
4. Вес файла семейства Revit только с импортированной геометрией.

В свою очередь, критерий эстетичности оценивается по 4-балльной шкале (таблица №1).

Таблица № 1

Оценка эстетичности модели

Балл	Описание необходимого уровня проработанности геометрии модели
1	Модель искажена так, что непригодна для использования
2	В модели есть более 2 дефектов, которые можно исправить в Autodesk 3ds Max; грани, которые должны быть прямыми, имеют рельеф
3	В модели есть 1-2 незначительных дефектов, которые можно исправить в Autodesk 3ds Max (несоединенные провода, отсутствует одно из четырех колес и т.д.)
4	Модель полностью соответствует фото

Для загрузки 3D-модели из приложения был выбран универсальный формат Autodesk .FBX. Он является наиболее подходящим из-за его открытой структуры для переноса 3D-данных и практически точной передачи материалов [13].

В качестве оборудования для тестирования веб-приложений выбрана эндоскопическая стойка, изображенная на рис.5.



Рис. 5. – Эндоскопическая стойка с видеоэндоскопической системой Pentax EPK i7010 Optivista Plus [14]

Анализ работы нейросетей представлена в таблице №2.

Таблица № 2

Анализ работы веб-приложений для генерации 3D-моделей из изображения

Веб-приложение	Значение критериев оценки			
	Скорость генерации, с	Кол-во полигонов модели, шт.	Эстетичность, баллов	Вес файла семейства, Кб
Hyper 3D Rodin	51	19 028	3	1096
Meshy AI	56	10 000	2	616
Tripo AI	209	23 676	3	1124
Masterpiece X	52	19 159	2	808
Krea	34	40 000	2	1068

Согласно полученным результатам ни одной из нейросетей не удалось в точности передать геометрию оборудования. За решающий критерий выбрана эстетичность модели. Таким образом, оптимальным решением с

точки зрения временных затрат и качества генерации является веб-приложение Hyper 3D Rodin.

4. Апробация алгоритма

Для апробации разработанного алгоритма был выбран наркозно-дыхательный аппарат (далее НДА) Mindray WATO EX-65 PRO (рис.6).



Рис. 6. – Наркозно-дыхательный аппарат Mindray WATO EX-65 PRO

Генерация 3D-модели

Для генерации 3D-модели выбранное изображение было загружено в веб-приложение Hyper 3D Rodin.

После открытия окна предварительного просмотра генерация была выполнена заново в связи с неточностью передачи геометрии (нереалистичная толщина монитора) (рис.7).

Следующая сгенерированная модель была принята как окончательная. В том же окне была скорректирована высота модели и формат для скачивания (рис.8). 3D-модель была загружена в необходимую для работы папку.

Предобработка модели

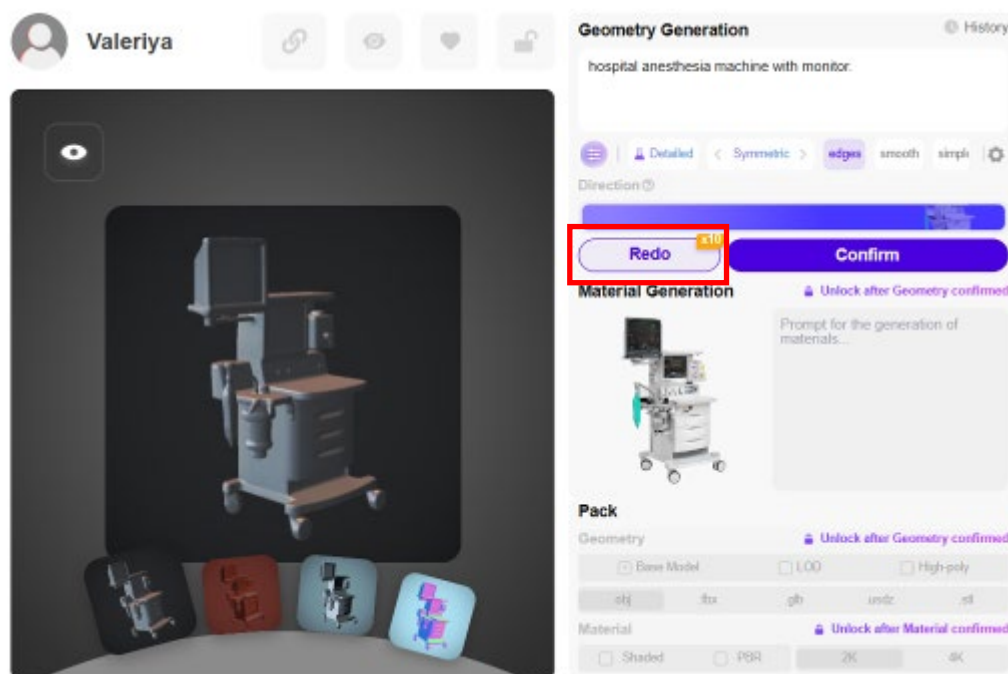


Рис. 7. – Окно предварительного просмотра модели

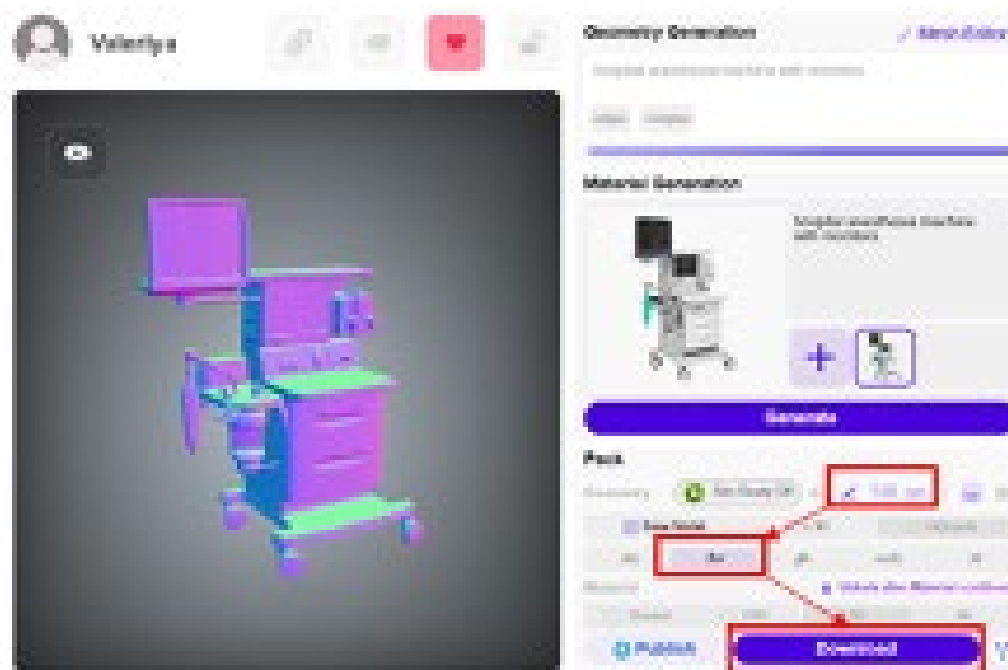


Рис. 8. – Корректировка настроек для скачивания модели

При импорте модели в 3ds Max были приняты стандартные настройки. Поскольку в модели нет групп, и слой всего один, было проведено только объединение геометрии с помощью инструмента «Collapse Selected» (рис.9).

Далее был запущен ранее упомянутый скрипт на языке MaxScript, итогом которого стал экспорт готовой модели в формат .DXF.

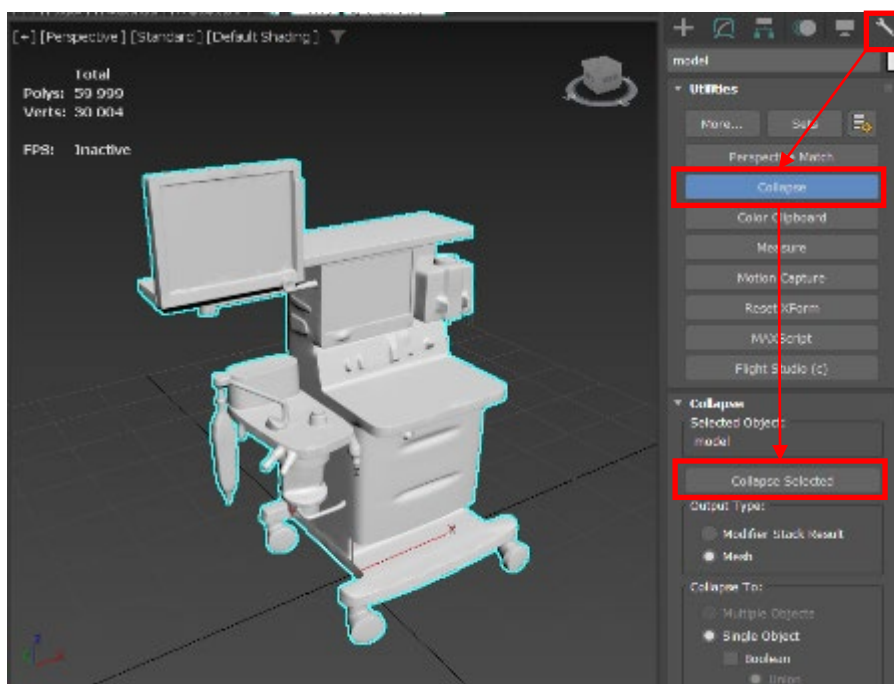


Рис. 9. – Объединение геометрии модели в 3ds Max

Создание семейства НДА

Файл формата .DXF был импортирован в готовый шаблон семейства оборудования инструментом «Импорт САПР». Откорректирован масштаб НДА, проставленные в шаблоне размеры подстроены под его габариты, заполнены необходимые параметры, исключены ненужные (рис.10). Готовое семейство сохранено как новое и загружено в проект (рис.11).

Заключение

В результате исследования был разработан алгоритм создания семейства оборудования с помощью генерации 3D-геометрии по изображению. В ходе анализа веб-приложений для создания 3D-модели на основе фотографии оборудования выбрана нейросеть Hyper 3D Rodin. Апробация алгоритма показывает возможность использования инструментов искусственного интеллекта в разработке семейств для Autodesk Revit. Данная

работа может способствовать повышению эффективности разработки семейств уникального оборудования с точки зрения временных затрат.

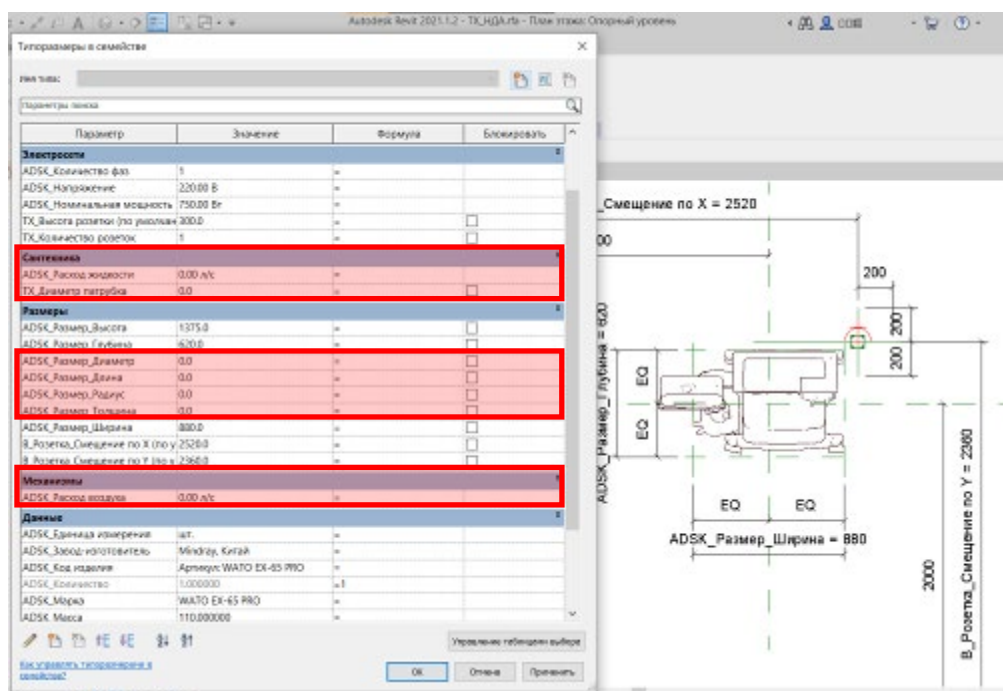


Рис. 10. – Откорректированные параметры НДА (в красных рамках
исключенные параметры)

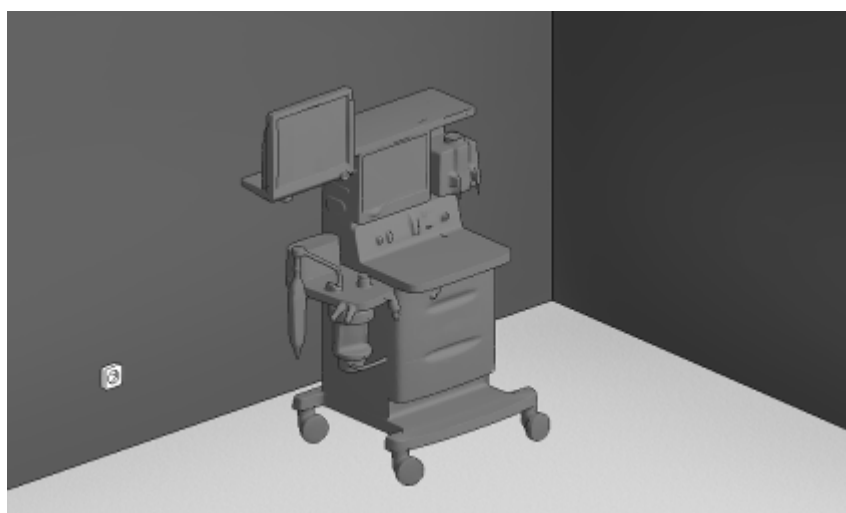


Рис. 11. – Итоговый результат алгоритма

Литература

1. Паршенков А. Проектируем технологические решения в Autodesk Revit // Хабр URL: habr.com/ru/companies/pik_digital/articles/843026/ (дата обращения: 04.11.2024).
2. Крюков К. М., Аль-Тулаихи М. Особенности проблематики качества проектирования и строительства высотных зданий // Инженерный вестник Дона, 2020, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2020/6344.
3. Mittal, M., 2023. Advancing Electrical Design in High-Rise Buildings with Revit 3D Modeling. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 11(128). URL: irjet.net/archives/V10/i11/IRJET-V10I11128.pdf (дата обращения: 14.11.2024).
4. Chaojie, M., W. Hao, M. Xianhai, etc., 2024. BIM-Supported Knowledge Collaboration: A Case Study of a Highway Project in China. Sustainability, 16(20)(9074). URL: mdpi.com/2071-1050/16/20/9074 (дата обращения: 01.05.2025).
5. Каракозова И.В., Малыха Г.Г., Павлов А.С. и др. Исследование подготовительных работ для использования BIM-технологий на примере проектирования медицинских организаций // Вестник МГСУ. 2020. №1. С. 100-111.
6. Шестаков К.И., Соколов И.М., Пирогов М.А. и др. Опыт АО "НПО "РИВС" в BIM [ТИМ] проектировании // Горная промышленность. 2021. №S5-2. С. 42-52.
7. Технологические решения в BIM. Особенности разработки // eneca.by URL: eneca.by/novosti/proektirovanie-inzhiniring/tehnologicheskie-resheniya-v-bim-osobennosti-razrabotki/ (дата обращения: 14.11.2024).
8. Бузинов М. Опыт применения Autodesk Revit для технологического проектирования // САПР и графика. 2014. №9. С. 110-112.

9. Епишкин А. Е., Курмелёв Д. А. Анализ методов построения систем электроснабжения в Revit // Инженерный вестник Дона, 2023, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8403.

10. Девелопер Setl Group разрабатывает BIM-каталоги для Renga // rengabim.com. URL: rengabim.com/news-bim-renga/developer-setl-group-razrabatyvaet-bim-katalogi-dlya-renga/ (дата обращения: 04.02.2025).

11. Как подготовить стадию П инженерных разделов внутренних сетей в Revit MEP // infars.ru. URL: infars.ru/blog/stadiya-p-inzh-razdelov-vnut-set-revit-mep/ (дата обращения: 11.12.2024).

12. Манин П., Урсегова Ю. Как питерская компания «ВЕРФАУ» эффективно использует MagiCAD в BIM-проектах // isicad.ru. URL: isicad.ru/ru/articles.php?article_num=18185 (дата обращения: 01.05.2025).

13. Соколова Е.С. Передача данных между Autodesk AutoCAD и Autodesk 3ds Max // Вопросы науки и образования. 2018. №15(27). С. 29-30.

14. Видеоэндоскопическая система Pentax EPK i7010 Optivista Plus // МЕДИКАЛ СЕРВИС. URL: medical112.ru/catalog/pentax-epk-i7010-optivista-plus/ (дата обращения: 01.05.2025).

References

1. Parshenkov A. Proektiruem tekhnologicheskie resheniya v Autodesk Revit [Designing technological solutions in Autodesk Revit]. URL: habr.com/ru/companies/pik_digital/articles/843026/ (accessed 04/11/2024).

2. Kryukov K. M., Al'-Tulaikhi M. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2020/6344.

3. Mittal, M. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 11(128). URL: irjet.net/archives/V10/i11/IRJET-V10I11128.pdf (accessed 14/11/2024).

4. Chaojie, M., W. Hao, M. Xianhai, etc. Sustainability, 16(20)(9074). URL: mdpi.com/2071-1050/16/20/9074 (accessed 01/05/2025).



5. Karakozova I.V., Malykha G.G., Pavlov A.S., etc. Vestnik MGSU. 2020. №1. pp. 100-111.
 6. Shestakov K.I., Sokolov I.M., Pirogov M.A., etc. Gornaya Promyshlennost'. 2021. №S5-2. pp. 42-52.
 7. Tekhnologicheskie resheniya v BIM. Osobennosti razrabotki [Technological solutions in BIM. Development features]. URL: eneca.by/novosti/proektirovanie-inzhiniring/tehnologicheskie-resheniya-v-bim-osobennosti-razrabotki/ (accessed 14/11/2024).
 8. Buzinov M. SAPR i grafika. 2014. №9. pp. 110-112.
 9. Epishkin A. E., Kurmelev D. A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8403.
 10. Developer Setl Group razrabatyvaet BIM-katalogi dlya Renga [The developer Setl Group design BIM catalogs for Renga]. URL: rengabim.com/news-bim-renga/developer-setl-group-razrabatyvaet-bim-katalogi-dlya-renga/ (accessed 04/02/2025).
 11. Kak podgotovit' stadiyu P inzhenernykh razdelov vnutrennikh setey v Revit MEP [How to prepare the design documentation stage of the engineering sections of internal networks in Revit MEP]. URL: infars.ru/blog/stadiya-p-inzh-razdelov-vnut-set-revit-mep/ (accessed 11/12/2024).
 12. Manin P., Ursegova Yu. Kak peterskaya kompaniya «VERFAU» effektivno ispol'zuet MagiCAD v BIM-proektakh [How the St. Petersburg company "WERFAU" effectively uses MagiSAD in BIM projects]. URL: isicad.ru/ru/articles.php?article_num=18185 (accessed 01/05/2025).
 13. Sokolova E.S. Voprosy nauki i obrazovaniya. 2018. №15(27). pp. 29-30.
 14. Videoendoskopicheskaya sistema Pentax EPK i7010 Optivista Plus [Video endoscopic system Pentax EPK i7010 Optivista Plus]. URL: medical112.ru/catalog/pentax-epk-i7010-optivista-plus/ (accessed 01/05/2025).
-



Дата поступления: 13.05.2025

Дата публикации: 26.06.2025