

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский  
технический университет имени К.И. Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра «Маркшейдерское дело и геодезия»

Ерлан Бекмахамбет Бахытұлы

Создание 3Д модели центра города Астаны

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

6B07303 – Геопространственная цифровая инженерия

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский  
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра «Маркшейдерское дело и геодезия»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ  
НАО «КазНТУ им.К.И.Сатпаева»  
Горно-металлургический институт  
им. О.А. Байконурова

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой  
«Маркшейдерское дело и  
геодезия»

к.т.н., ассоц. профессор

Г.Мейрамбек

« 05 » 06 2025 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Создание 3Д модели центра города Астаны»

6B07303 – Геопространственная цифровая инженерия

Выполнил

Ерлан Б.Б.

Рецензент

к.т.н., ассоц.профессор

кафедры "Геодезия и картография,  
кадастр" МОК

Кузнецова И. А.

2025 г.



Научный руководитель  
PhD, ст.преп

Ержанкызы А.

« 05 » 06 2025 г.

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский  
технический университет имени К.И. Сатпаева»

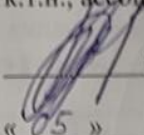
Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра «Маркшейдерское дело и геодезия»

6B07303 – Геопространственная цифровая инженерия

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
«Маркшейдерское дело и геодезия»  
к.т.н., ассистент-профессор

 Г. Мейрамбек

« 05 » 06 2025 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение дипломной работы**

Обучающемуся Ерлан Бекмхамбет Бахытулы

Тема: «Создание 3D модели центра города Астаны»

Утверждена приказом Проректора по академическим вопросам №26-П/О от 29.01.2025 г.

Срок сдачи законченной работы «30» мая 2025г.

Исходные данные к дипломной работе: Материал, накопленный во время производственной практики, и данные лекций

Краткое содержание дипломной работы:

а) *Теоретические основы 3D-моделирования в геодезии и картографии.*

б) *Инструментальные средства для городского 3D-моделирования: Blender 2025 и WebGIS-плагин.*

в) *Практическая реализация и сравнительный анализ создания 3D-модели центра Астаны.*

Перечень графического материала :представлены 15 слайдов презентации работы

Рекомендуемая основная литература: 15

1. Широкова А.А. Введение государственного земельного кадастра в Республике Казахстан. Тюменский индустриальный университет, 2016. – 202 с.

2. Черныш А.С., Даниленко Е.П. Основы технической инвентаризации объектов недвижимости. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2014. –152 с.

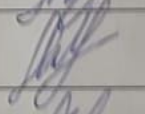
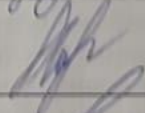
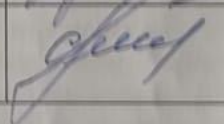
3. Быкова Е.Н., Павлова В.А. Техническая инвентаризация объектов капитального строительства: учебное пособие. СПб.: Издательство «Лань», 2014. – 160 с.

**ГРАФИК**  
подготовки дипломной работы

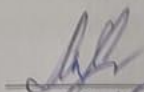
| Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов                | Сроки представления научному руководителю | Примечание        |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------|
| Теоретические основы 3D-моделирования в геодезии и картографии          | 27.02.2025                                | Примечание<br>нет |
| Программное обеспечение для создания трёхмерных моделей городской среды | 19.03.2025                                | Примечание<br>нет |
| Практическое создание 3D-модели центра города Астана                    | 09.04.2025                                | Примечание<br>нет |

**Подписи**

консультантов и норм контролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

| Наименования разделов                                    | Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)                  | Дата подписания | Подпись                                                                               |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Общие понятия и моедях геоида                            | Ержанкызы А.<br>Доктор PhD, стар.преп                       | 02.06.2025      |  |
| Методы вычисления моделей геоида                         | Ержанкызы А.<br>Доктор PhD, стар.преп                       | 02.06.2025      |  |
| Сравнительный анализ построения локаальной модели геоида | Ержанкызы А.<br>Доктор PhD, стар.преп                       | 02.06.2025      |  |
| Норм контролер                                           | Мадимарова Г.С.<br>кандидат техн. наук,<br>ассоц. профессор | 02.06.2025      |  |

Научный руководитель


Ержанкызы А.

Задание принял к исполнению обучающийся

Ерлан Б.Б.

Дата

« 05 » 06 2025г

## **АНДАТПА**

Дипломдық жұмыс үш негізгі тараудан тұрады, олардың әрқайсысында бірнеше кіші бөлімдер бар. Бірінші тарауда геодезия мен картографиядағы 3D модельдеудің теориялық негіздері, оның қалалық ортаны цифрландырудағы рөлі және даму перспективалары қарастырылады. Екінші тарауда Blender 2025 функционалдығына, WebGIS плагиніне және олардың қалалық модельдеуге арналған артықшылықтарына назар аудара отырып, 3D модельдерін жасау үшін қолданылатын бағдарламалық жасақтама қарастырылған. Үшінші тарауда геокеңістіктік деректерді дайындауды, модельдеу кезеңдерін, WebGIS-пен интеграциялауды, сондай-ақ болашақ жобаларға арналған ұсыныстармен техникалық және әдіснамалық күрделіліктерді талдауды қоса алғанда, Астана орталығының 3D-моделін құрудың практикалық процесі сипатталған.

## **АННОТАЦИЯ**

Дипломная работа состоит из трёх основных глав, каждая из которых включает несколько подразделов. В первой главе рассматриваются теоретические основы 3D-моделирования в геодезии и картографии, включая его роль в цифровизации городской среды и перспективы развития. Вторая глава посвящена программному обеспечению, используемому для создания 3D-моделей, с акцентом на функционал Blender 2025, плагин WebGIS и их преимущества для городского моделирования. Третья глава описывает практический процесс создания 3D-модели центра Астаны, включая подготовку геопространственных данных, этапы моделирования, интеграцию с WebGIS, а также анализ технических и методологических сложностей с рекомендациями для будущих проектов.

## **ANNOTATION**

The thesis consists of three main chapters, each of which includes several subsections. The first chapter examines the theoretical foundations of 3D modeling in geodesy and cartography, including its role in the digitalization of the urban environment and development prospects. The second chapter is devoted to the software used to create 3D models, with an emphasis on the functionality of Blender 2025, the WebGIS plugin and their advantages for urban modeling. The third chapter describes the practical process of creating a 3D model of the Astana center, including the preparation of geospatial data, modeling stages, integration with WebGIS, as well as an analysis of technical and methodological difficulties with recommendations for future projects.

## Содержание

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение                                                                             | 7  |
| 1 Теоретические основы 3D-моделирования в геодезии и картографии                     | 8  |
| 1.1 Общая характеристика 3D-моделирования                                            | 8  |
| 1.2 Историко-технологический обзор развития 3D-моделирования                         | 9  |
| 1.3 Роль 3D-моделирования в цифровизации городской среды                             | 11 |
| 1.4 Перспективы развития 3D-моделирования                                            | 12 |
| 2 Программное обеспечение для создания трёхмерных моделей городской среды            | 14 |
| 2.1 Blender как инструмент для 3D-моделирования: исторический и функциональный обзор | 14 |
| 2.2 Нововведения Blender 2025 года                                                   | 15 |
| 2.3 Плагин WebGIS: назначение, функции и значение                                    | 16 |
| 2.4 Преимущества использования Blender и WebGIS для городского моделирования         | 18 |
| 3 Практическое создание 3D-модели центра города Астана                               | 19 |
| 3.1 Подготовка исходных данных                                                       | 19 |
| 3.2 Использование Blender 2025 и плагина WebGIS                                      | 21 |
| 3.3 Этапы создания 3D-модели                                                         | 23 |
| 3.4 Технические и методологические сложности                                         | 25 |
| 3.5 Итоговые результаты и рекомендации                                               | 27 |
| Заключение                                                                           | 29 |
| Список используемой литературы                                                       | 30 |
| Приложение А                                                                         | 31 |
| Приложение Б                                                                         | 32 |

## ВВЕДЕНИЕ

Современное городское планирование и управление инфраструктурой требуют применения передовых технологий, обеспечивающих точное и наглядное представление городской среды. Одной из таких технологий является трёхмерное моделирование (3D-моделирование), которое позволяет создавать цифровые двойники объектов и территорий с учётом их геометрических и пространственных характеристик. В последние годы в Казахстане, в рамках государственной программы «Цифровой Казахстан», активно внедряются технологии 3D-моделирования для повышения эффективности градостроительного анализа, развития туризма и образовательных проектов. Центр столицы — города Астаны — представляет собой объект с высокой плотностью застройки и сложной инфраструктурой, что делает создание его трёхмерной модели актуальной задачей. Для решения этой проблемы используются современные технологии, такие как LiDAR, фотограмметрия и геоинформационные системы (ГИС), которые позволяют собирать, обрабатывать и визуализировать пространственные данные. Внедрение 3D-моделей в городскую среду откроет новые возможности для планирования и управления территорией, а также создаст качественные инструменты для анализа и прогнозирования. Цель создания трёхмерной модели центра Астаны заключается не только в её применении для градостроительства, но и в использовании для туризма, образования и интеграции в систему «умного города». Активное внедрение 3D-технологий в Казахстане в рамках программы «Цифровой Казахстан» открывает перспективы для трансформации городской инфраструктуры. Эта программа направлена на цифровизацию всех сфер жизни, включая управление недвижимостью, транспортом и экологией. Создание цифровых двойников городов становится неотъемлемой частью развития «умных» городов, что повысит качество жизни и улучшит инфраструктуру на основе актуальных данных. 3D-моделирование в контексте цифровизации Казахстана позволяет решать широкий спектр задач, от создания виртуальных туров до интеграции в системы прогнозирования. Это способствует улучшению коммуникации между властями и населением, так как граждане и профессиональные сообщества могут участвовать в обсуждениях и предлагать улучшения. Таким образом, развитие 3D-моделирования и его интеграция в управление городской инфраструктурой является важным шагом к созданию цифровых моделей городов, которые будут решать текущие задачи и помогать в планировании будущих изменений. Создание 3D-модели центра Астаны является актуальной задачей и шагом к модернизации городской среды и реализации концепции «умного города».



# 1. Теоретические основы 3D-моделирования в геодезии и картографии

## 1.1 Общая характеристика 3D-моделирования

Трёхмерное моделирование (3D-моделирование) представляет собой процесс создания цифровых представлений объектов или территорий в трёхмерном пространстве с использованием специализированного программного обеспечения (рисунок 1.1). В геодезии и картографии эта технология применяется для построения высокоточных моделей рельефа, городской инфраструктуры, зданий и других объектов, обеспечивая их пространственную визуализацию. В отличие от традиционных двухмерных карт, которые отображают только плоскую проекцию территории, 3D-модели включают информацию о высоте, форме и взаимном расположении объектов, что делает их более информативными и функциональными.



Рисунок 1.1– Цифровая модель местности и гор

В геодезии 3D-моделирование играет ключевую роль в анализе топографических данных, создании цифровых двойников местности и объектов, а также в проектировании инфраструктурных объектов. Например, такие модели позволяют моделировать транспортные потоки, оценивать экологическое воздействие новых строительных проектов или анализировать освещённость городских территорий. В картографии 3D-моделирование расширяет возможности визуализации геопространственных данных, обеспечивая создание интерактивных карт, которые могут использоваться как в профессиональных, так и в общественных целях. Это особенно важно в условиях современной урбанизации, где требуется учитывать сложные вертикальные структуры городов, включая многоэтажные здания, мосты и подземные коммуникации. Процесс 3D-моделирования включает несколько этапов: сбор исходных данных



(например, с помощью геодезической съёмки, лазерного сканирования или аэрофотосъёмки), построение геометрии объектов, текстурирование, настройку освещения и рендеринг. Особое внимание в геодезии и картографии уделяется точности моделей и их географической привязке. Для этого используются глобальные системы координат, такие как WGS 84, а также локальные системы, адаптированные к конкретным регионам. Современные технологии сбора данных, такие как LiDAR (Light Detection and Ranging) и фотограмметрия, обеспечивают высокую точность — до нескольких сантиметров, что позволяет создавать модели, пригодные для профессионального использования в градостроительстве, управлении инфраструктурой и мониторинге окружающей среды. 3D-моделирование также способствует интеграции с геоинформационными системами (ГИС), которые позволяют комбинировать пространственные данные с атрибутивной информацией, такой как типы зданий, материалы или демографические показатели. Это делает 3D-модели не только визуальным инструментом, но и аналитической платформой, поддерживающей принятие решений на различных уровнях — от муниципального управления до национальных программ цифровизации.

## **1.2 Историко-технологический обзор развития 3D-моделирования**

История 3D-моделирования берёт начало в 1960-х годах, когда были разработаны первые системы автоматизированного проектирования (САПР). Одной из ключевых вех стало создание системы Sketchpad Иваном Сазерлендом в 1963 году, которая позволяла создавать простые трёхмерные объекты на графическом дисплее. Эта система заложила основы для дальнейшего развития компьютерной графики, предоставив инженерам и дизайнерам возможность работать с цифровыми моделями. В 1970-х годах прогресс в вычислительной технике и появление графических терминалов способствовали развитию технологий рендеринга. Это позволило визуализировать более сложные сцены, хотя их создание оставалось трудоёмким процессом, доступным лишь крупным организациям. Значительный скачок произошёл в 1990-х годах с появлением графических ускорителей, таких как NVIDIA GeForce, которые значительно увеличили скорость обработки трёхмерных данных (рисунок 1.2). Это открыло новые возможности для использования 3D-моделирования в различных областях, включая киноиндустрию, разработку видеоигр и архитектурное проектирование. В геодезии и картографии важным этапом стало внедрение 3D-технологий в геоинформационные системы в начале 2000-х годов. Интеграция ГИС с 3D-моделированием позволила создавать цифровые модели местности с высокой детализацией, что стало особенно актуальным для анализа городской среды.



Рисунок 1.2– История 3D моделирование

Например, такие модели начали использоваться для планирования транспортной инфраструктуры, мониторинга изменений ландшафта и управления природными ресурсами. Современные методы сбора данных значительно расширили возможности 3D-моделирования. Технология LiDAR, использующая лазерное сканирование, позволяет создавать облака точек с высокой плотностью, которые затем преобразуются в полигональные модели. Фотограмметрия, основанная на обработке серий фотографий, обеспечивает построение детализированных 3D-объектов, особенно в условиях плотной городской застройки. Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) дополнительно упростило сбор данных, снизив затраты и увеличив доступность технологии. Ещё одним важным направлением стало развитие программного обеспечения с открытым исходным кодом, такого как Blender, которое сделало 3D-моделирование доступным для широкого круга пользователей. Blender, появившийся в 1995 году и ставший open-source в 2002

году, предоставляет мощные инструменты для моделирования, текстурирования и рендеринга, а также поддерживает интеграцию с ГИС через плагины, такие как BlenderGIS. Это особенно важно для развивающихся стран, где доступ к коммерческому ПО может быть ограничен.

### 1.3 Роль 3D-моделирования в цифровизации городской среды

В условиях глобальной цифровизации 3D-моделирование стало ключевым инструментом для создания цифровых двойников городов. Цифровой двойник — это виртуальная копия реального объекта или территории, которая обновляется в реальном времени и используется для анализа, прогнозирования и управления.



Рисунок 1.3— Роль 3D-моделирования

В геодезии и картографии такие модели позволяют решать широкий спектр задач, включая оптимизацию городской инфраструктуры, планирование новых строительных проектов и мониторинг экологических изменений (рисунок 1.3). В Казахстане развитие 3D-моделирования тесно связано с государственной программой «Цифровой Казахстан», начатой в 2017 году. Программа направлена

на внедрение цифровых технологий в экономику и государственное управление, включая создание цифровых моделей городов. Астана, как столица и центр инноваций, является приоритетным объектом для таких инициатив (Приложение А). 3D-моделирование центра города позволяет не только визуализировать архитектурные объекты, такие как Байтерек или Дворец мира и согласия, но и анализировать их взаимодействие с окружающей инфраструктурой. Одним из примеров практического применения 3D-моделей является их использование в системах умного города. Такие системы интегрируют данные из различных источников — сенсоров, камер, геоданных — и используют 3D-модели для визуализации и анализа. Например, 3D-модель может помочь оптимизировать маршруты общественного транспорта, прогнозировать перегрузки на дорогах или оценивать риски наводнений в определённых районах. Кроме того, 3D-моделирование активно применяется в образовательных целях. В университетах и исследовательских центрах Казахстана, таких как КазННТУ, создаются учебные программы, включающие изучение 3D-технологий. Это позволяет готовить специалистов, способных работать с современными инструментами и решать актуальные задачи цифровизации.

#### **1.4 Перспективы развития 3D-моделирования**

Будущее 3D-моделирования в геодезии и картографии обещает стать ещё более всесторонне автоматизированным и интеллектуальным: на базе нейросетевых архитектур и методов машинного обучения будут не только быстро фильтроваться и классифицироваться объёмы точечных облаков, но и автоматически строиться полноценные векторные и полигональные модели с учётом характеристик материалов, текстур и функционального назначения зданий и сооружений, а благодаря генеративным нейросетям появится возможность синтезировать детализированные текстуры и ландшафтные элементы сразу в процессе обработки данных. Помимо этого, интенсивно развивается интеграция с беспилотными платформами и мобильными устройствами: дроны и автономные наземные роботы станут частью единой экосистемы съёмки, передавая данные в реальном времени в облачные системы, где распределённые вычисления на GPU-кластерах будут обрабатывать петабайты LiDAR- и фотограмметрических массивов за считанные минуты, а технологии edge computing позволят предварительно сглаживать и упрощать модели прямо на месте съёмки. Параллельно AR- и VR-решения обретут новые сценарии: инженерные бригады смогут в очках дополненной реальности видеть заложенные проектные коммуникации под землёй и сразу корректировать планы на площадке, университетские курсы осваивают иммерсивные лаборатории для практических занятий, а публичные слушания по городскому развитию будут проходить в виртуальных 1:1 копиях районов с интерактивной сменой времён года и инженерных нагрузок. Сетевые и веб-технологии на базе современных стандартов 3D-Tiles, WebGL, WebXR и протоколов обмена CityGML-IFC

обеспечат мгновенный доступ к мультиуровневым цифровым двойникам через браузер или мобильное приложение без инсталляции тяжёлого ПО, а платформы коллективной работы позволят одновременно десяткам специалистов редактировать и комментировать модель в едином пространстве, интегрированном с системами BIM и CAD.



Рисунок 1.4– Перспективы развития

И наконец, появятся «живые» цифровые двойники городов (рисунок 1.4), где в режиме реального времени будут обновляться данные с сенсорных сетей IoT – от трафика и шумового фона до качества воздуха и состояния мостовых опор, – что позволит не просто визуализировать, но и прогнозировать развитие городской среды, оптимизировать транспортные потоки, снижать экологические риски и быстро реагировать на чрезвычайные ситуации.



## **2. Программное обеспечение для создания трёхмерных моделей городской среды**

### **2.1 Blender как инструмент для 3D-моделирования: исторический и функциональный обзор**

Blender — это мощное программное обеспечение с открытым исходным кодом, которое завоевало популярность среди профессионалов и энтузиастов в области 3D-моделирования, анимации, рендеринга и других аспектов компьютерной графики (рисунок 2.1).

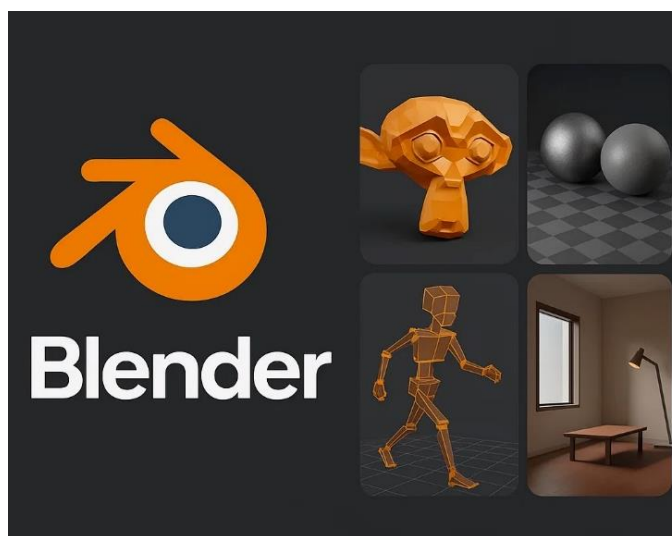


Рисунок 2.1– Blender

За десятилетия своего существования Blender превратился из скромного инструмента для внутреннего использования в одну из ведущих платформ для создания цифрового контента. Blender был создан в 1994 году голландским разработчиком Тоним Роозендалом как внутренний инструмент для студии анимации NeoGeo. Изначально программа использовалась для создания простых 3D-моделей и анимаций, но уже в 1998 году Blender стал доступен широкой публике как бесплатное программное обеспечение. Поворотный момент наступил в 2002 году, когда Роозендаал основал Blender Foundation и инициировал кампанию по выкупу исходного кода программы у инвесторов, сделав Blender полностью открытым проектом. Благодаря поддержке сообщества и пожертвованиям, собранным в рамках кампании, Blender стал распространяться под лицензией GNU General Public License, что обеспечило его бесплатность и доступность для всех желающих. С этого момента развитие Blender ускорилось благодаря активному участию сообщества разработчиков. Регулярные обновления приносили новые функции, такие как улучшенный рендеринг, симуляция физики и поддержка современных технологий. Важным этапом стало внедрение рендера Cycles в версии 2.61 (2011 год), который позволил создавать фотореалистичные изображения с использованием



трассировки лучей. В 2018 году выпуск Blender 2.80 ознаменовал новую эру для программы, представив радикально обновлённый интерфейс, улучшенный движок рендеринга Eevee и множество других инструментов, которые сделали Blender конкурентоспособным даже по сравнению с коммерческими аналогами, такими как Autodesk Maya или 3ds Max. Blender представляет собой универсальный инструмент, охватывающий практически все аспекты работы с 3D-графикой. Основные функциональные модули программы включают моделирование, рендеринг, анимацию, симуляцию, видеоредактирование и композитинг. Blender поддерживает различные техники моделирования, включая полигональное моделирование, скульптинг и работу с кривыми. Встроенные движки рендеринга Cycles и Eevee обеспечивают гибкость в создании визуализаций. Программа предлагает мощные инструменты для создания анимаций, включая риггинг и симуляцию физики. Blender включает встроенный видеоредактор и инструменты для композитинга, что позволяет пользователям выполнять постобработку и монтаж прямо в программе. Одной из ключевых особенностей Blender является его модульная структура и поддержка дополнений (add-ons), которые позволяют расширять функциональность программы. Blender активно используется в самых разных отраслях, включая кинопроизводство, разработку видеоигр, архитектурную визуализацию и создание контента для виртуальной реальности. Программа применялась в таких проектах, как короткометражные анимационные фильмы Blender Foundation (например, “Big Buck Bunny” и “Sintel”), а также в коммерческих кинопроектах и играх. Благодаря своей бесплатности и открытости, Blender стал особенно популярен среди независимых разработчиков и небольших студий, которые не могут позволить себе дорогостоящее коммерческое ПО. Blender играет важную роль в образовательной сфере. Многие университеты и онлайн-платформы включают изучение Blender в свои курсы по 3D-графике, что способствует популяризации программы среди нового поколения дизайнеров и аниматоров. Активное сообщество пользователей и разработчиков обеспечивает постоянное обновление документации, обучающих материалов и форумов поддержки, что делает освоение Blender доступным даже для новичков.

## **2.2 Нововведения Blender 2025 года**

В 2025 году Blender продолжил развиваться, выпустив версии 4.4 (март), 4.5 LTS (июль) и начав разработку Blender 5.0 (ноябрь). Blender 4.4 сосредоточился на стабильности и исправлении более 700 ошибок, а версия 4.5 LTS обеспечила долгосрочную поддержку до 2027 года. Одним из значимых нововведений стал проект Baklava, который улучшил систему многослойной анимации, позволяя аниматорам объединять несколько анимаций и улучшая управление сложными сценами. Также были улучшены инструменты риггинга и управление shape keys. Рендеринг в Blender 2025 получил поддержку Vulkan backend, обеспечивая лучшую производительность, а также обновления в

движках Cycles и Eevee, улучшившие стабильность и точность освещения. Моделирование и скульптинг также претерпели изменения, включая улучшенную синхронизацию UV и новые кисти для скульптинга, интегрированные с Asset Browser. Blender продолжил развивать систему расширений, добавив поддержку многофакторной аутентификации и новые дополнения, такие как SkySplat, для создания реалистичных эффектов. Модуль композитинга получил новые узлы, расширив возможности постобработки, а видеоредактирование улучшилось благодаря плавной работе с монтажными полосами и поддержке миниатюр. Эти изменения сделали Blender еще более мощным инструментом для 3D-моделирования, анимации и видеоредактирования.

### 2.3 Плагин WebGIS: назначение, функции и значение

WebGIS-плагины представляют собой программные модули, расширяющие функциональность географических информационных систем, таких как Blender, QGIS или ArcGIS, в направлении работы с геоданными в веб-среде (рисунок 2.2).

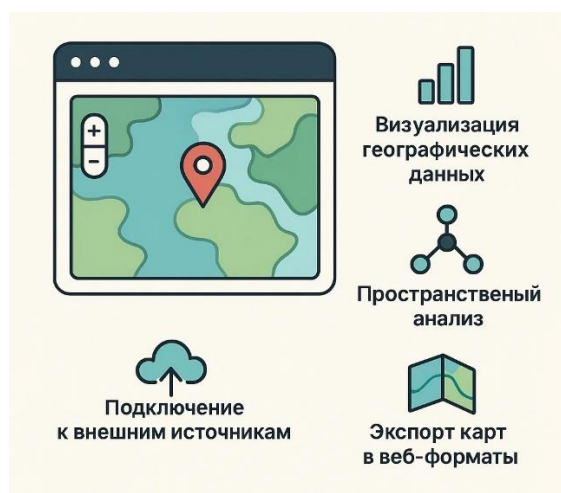


Рисунок 2.2– BlenderGis

Они позволяют интегрировать картографическую информацию и инструменты пространственного анализа в веб-приложения, обеспечивая доступ к интерактивным картам, визуализации и аналитике непосредственно через браузер, без необходимости устанавливать специализированное программное обеспечение. Основная задача WebGIS-плагинов заключается в упрощении доступа к геопространственным данным и аналитическим возможностям для конечных пользователей, не обладающих профессиональными навыками в области ГИС. В отличие от традиционных настольных решений, требующих значительных вычислительных ресурсов и сложной настройки, WebGIS-

плагины позволяют взаимодействовать с картографическим контентом в удобной и доступной форме. Примером может служить плагин qgis2web, который позволяет экспортировать проекты QGIS в веб-форматы с использованием таких библиотек, как Leaflet или OpenLayers. Это даёт возможность публиковать интерактивные карты на сайтах, делиться ими с коллегами и использовать в совместной работе. Такие плагины часто поддерживают интеграцию с облачными сервисами — OpenStreetMap, MapBiomass, WIGeoAPI — что обеспечивает возможность автоматической загрузки и обновления геоданных в реальном времени. По своему функционалу WebGIS-плагины включают визуализацию географических данных с возможностью масштабирования, навигации, переключения слоёв, сохранением стилей и классификаций из исходных проектов; инструменты пространственного анализа, включая буферизацию, поиск ближайших объектов, построение изохрон и сетевой анализ; подключения к внешним источникам через API и базы данных для получения и обновления актуальной информации; экспорт карт в удобные веб-форматы, пригодные для презентаций, веб-сайтов или мобильных приложений. Всё это делает WebGIS-плагины универсальными инструментами, сочетающими простоту использования с высокой гибкостью и функциональностью. Их значение особенно велико в современных условиях, когда ГИС-технологии становятся основой для принятия решений в государственном управлении, бизнесе, экологии и градостроительстве. Благодаря доступности open-source решений и возможности работы через браузер, WebGIS-платформы значительно снижают порог вхождения в профессию, сокращают затраты на обучение и лицензии, делая технологии доступными для малых организаций, студентов и исследователей. Такие плагины позволяют проводить анализ геомаркетинга, рисков, территориального планирования и мониторинга, поддерживая принятие обоснованных решений. В образовательной среде они становятся эффективными инструментами для изучения ГИС и картографии, обеспечивая доступ к реальным данным и практическим задачам без необходимости в дорогостоящем программном обеспечении. Перспективы развития WebGIS-плагинов включают интеграцию с технологиями 3D-визуализации, использованием нейросетей и машинного обучения для анализа пространственных данных, а также созданием адаптивных пользовательских интерфейсов. Ярким примером является BlenderGIS — плагин, который расширяет возможности Blender, позволяя работать с геопривязанными данными прямо в среде 3D-моделирования. Это открывает новые горизонты для комплексного представления городской и природной среды, объединяя ГИС, визуализацию и моделирование в едином кросс-платформенном решении.

## 2.4 Преимущества использования Blender и WebGIS для городского моделирования

Сочетание возможностей Blender и WebGIS предоставляет ряд значительных преимуществ в области городского 3D-моделирования.



Рисунок 2.3– Преимущества Blender и WebGIS

В первую очередь, оба инструмента являются бесплатными и с открытым исходным кодом, что существенно снижает затраты на разработку и делает их доступными для образовательных учреждений, муниципальных структур и независимых разработчиков (рисунок 2.3). Гибкость программной архитектуры позволяет адаптировать функциональность под конкретные задачи, включая импорт различных форматов данных, автоматизацию процессов с помощью скриптов и интеграцию с другими ГИС-решениями. Интерактивность платформ обеспечивает возможность публикации готовых моделей в интернете, что делает их удобными для демонстраций, общественных обсуждений и работы с заинтересованными пользователями. Универсальность подхода позволяет использовать полученные модели как цифровые двойники городской среды, компоненты для образовательных программ, элементы презентационных материалов или части систем «умного города». В совокупности эти качества делают связку Blender и WebGIS оптимальным решением для создания реалистичных и информативных 3D-моделей в условиях ограниченных ресурсов, что особенно актуально для практики градостроительного моделирования в Казахстане.

### **3. Практическое создание 3D-модели центра города Астана**

#### **3.1 Подготовка исходных данных**

Создание 3D-модели центра города Астана представляет собой сложный и многоэтапный процесс, в котором особое значение имеет тщательная подготовка исходных данных, преимущественно полученных из открытых источников и онлайн-платформ. Качество, полнота и согласованность собранной информации напрямую влияют на точность, реалистичность и прикладную применимость итоговой модели. На начальном этапе осуществляется поиск и сбор геопространственных данных, служащих основой для построения точной геометрии. Для моделирования территории, включающей такие объекты, как Байтерек, Акорда и Дворец мира и согласия, необходимы цифровые модели рельефа, топографические карты и векторные данные, доступные через OpenStreetMap (OSM), Sentinel Hub, Google Earth и публичные геопорталы, такие как eGov.kz. Векторные данные, включая контуры зданий, дорог и водоёмов, извлекаются из OSM через Overpass Turbo в формате .osm или .shp. Спутниковые снимки высокого разрешения (до 0,5 м) скачиваются с Google Earth, USGS EarthExplorer или Sentinel-2 (с разрешением 10 м) и используются как основа для анализа структуры застройки и создания текстур (рисунок 3.1). Дополнительные материалы включают топографические планы масштаба 1:10 000 и 1:25 000, публикуемые на казахстанских кадастровых порталах. В случаях, когда данные нуждаются в верификации, проводится перекрестная проверка с градостроительной документацией и новостными источниками. Спутниковые снимки служат альтернативой аэрофотосъемке и применяются для построения ортофотопланов, наложения текстур и визуальной проверки моделей. Эти изображения загружаются в форматах GeoTIFF или JPEG и геопривязываются к системе координат WGS84 в среде QGIS с использованием контрольных точек, таких как углы зданий знаковых объектов. В графических редакторах, например GIMP, изображения проходят предварительную обработку: коррекцию цвета, удаление облаков, повышение чёткости. Однако детализации фасадов этих снимков часто не хватает, поэтому дополнительно собираются архитектурные данные. Для этого используются фотографии и видеоматериалы из Wikimedia Commons, Instagram, YouTube, а также архитектурные сайты, такие как ArchDaily, где можно найти чертежи, эскизы и описания. Эти источники позволяют воссоздать характерные элементы объектов, включая форму, пропорции, материалы и текстуры. Генеральные планы и схемы с городских сайтов помогают выстроить логические пространственные связи между зданиями. Данные, собранные из множества источников, проходят ручную обработку, после чего базовые формы зданий моделируются в Blender с соблюдением масштабов и высот, таких как, например, 97 метров у Байтерека. Для систематизации и объединения информации используются геоинформационные системы, в частности QGIS, где происходит импорт, геопривязка, выравнивание по координатам и дальнейший анализ. Данные

приводятся к системе координат WGS84, а затем очищаются от дубликатов, пересечений, исправляются ошибки в атрибутах и уточняются назначения объектов. В QGIS также происходит атрибуция объектов: зданиям присваиваются типы, уточняются материалы фасадов, добавляются отсутствующие элементы городской инфраструктуры. Для создания реалистичных текстур фасадов используются высококачественные изображения стеклянных, металлических и каменных поверхностей, собранные с Flickr, Wikimedia и других платформ. Эти изображения обрабатываются в GIMP или Photoshop, где устраняются перспективные искажения, убираются тени, отражения и лишние элементы вроде деревьев или пешеходов. Готовые изображения затем используются в Blender, где через UV-развёртку точно накладываются на 3D-модели зданий.



Рисунок 3.1– Бесплатные данные

Для текстур ландшафта — травы, тротуаров, набережных — применяются бесплатные материалы из библиотек, таких как Textures.com, адаптированные под визуальные особенности города. После завершения сбора и обработки информации проводится финальная проверка: сравнение данных с последними спутниковыми снимками, исключение дублирующих объектов и подготовка файлов к использованию в Blender. Все элементы конвертируются в совместимые форматы, например: fbx или obj. Такая комплексная и детализированная подготовка исходных данных на базе открытых ресурсов позволяет создать достоверную, масштабную и визуально качественную 3D-модель центра Астаны без привлечения дорогостоящих методов полевой съёмки и специализированного оборудования.



### 3.2 Использование Blender 2025 и плагина WebGIS

Blender 2025 года, включающий версии 4.4, 4.5 LTS и начальные сборки 5.0, предоставляет расширенные возможности для 3D-моделирования, визуализации и интеграции с геоинформационными системами. Одним из ключевых инструментов в этом процессе является плагин BlenderGIS, активно развиваемый сообществом (рисунок 3.2). Он обеспечивает прямую работу с геопространственными данными внутри среды Blender, что делает его особенно эффективным для построения 3D-моделей городской инфраструктуры, архитектурных объектов и рельефа местности.



Рисунок 3.2– Blender & GIS

Установка BlenderGIS в Blender 2025 осуществляется путём загрузки актуальной версии плагина (например, 2.2.8 или более новой) с официального репозитория на GitHub. Рекомендуется использовать zip-файл из раздела Releases, так как он содержит проверенные стабильные сборки. Установка плагина производится через меню Edit > Preferences > Add-ons > Install (рисунок 3.3), где выбирается архив, после чего BlenderGIS активируется вручную, и настройки сохраняются. Для полноценной работы, особенно при импорте и обработке растровых данных, может потребоваться установка сторонних зависимостей, таких как библиотека GDAL. Важно отметить, что версии Blender 4.0 и выше вызывают определённые проблемы совместимости с BlenderGIS 2.2.8 из-за изменений в API, особенно при импорте изображений. Для устранения ошибки используется правка файла bgisutils.py, удаляя параметр overrideContext.

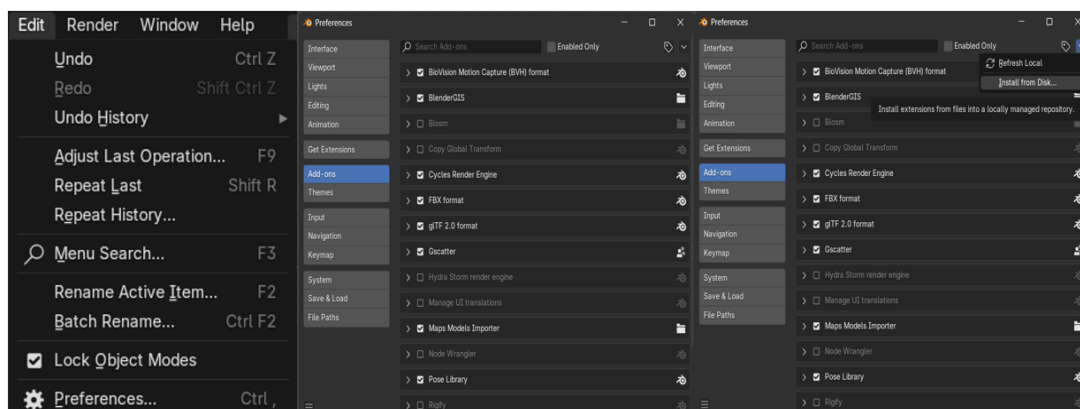


Рисунок 3.3– Добавление плагина в блендер

После установки плагина пользователю становится доступна возможность загрузки геоданных из различных открытых источников. Через функцию GIS > Web geodata > Get OSM можно импортировать векторные данные OpenStreetMap, указав координаты центра Астаны и радиус охвата, что позволяет извлечь контуры зданий, дорог и других объектов. Высотные данные загружаются через GIS > Web geodata > Get SRTM на основе данных NASA или OpenTopography, а спутниковые изображения подгружаются из сервисов Google Maps, Bing Maps и других с помощью GIS > Web geodata > Basemap. Импортированные данные далее преобразуются в 3D-объекты. Цифровая модель рельефа формируется через команду Delaunay triangulation, создавая меш на основе SRTM. Здания создаются путём экструзии контуров на основании атрибутов высоты или вручную, если данные отсутствуют, как, например, в случае с Байтереком, высота которого составляет 97 метров. Текстурирование выполняется с помощью UV-развёртки, где спутниковые изображения накладываются на рельеф и объекты. Использование Blender 4.5 LTS, выпущенного в июле 2025 года, обеспечивает ускоренную обработку сложных сцен благодаря внедрению графического движка Vulkan, что особенно важно при создании обширных городских моделей. Кроме создания и визуализации 3D-моделей, BlenderGIS поддерживает базовую интеграцию с WebGIS-технологиями. Плагин позволяет отображать веб-карты непосредственно внутри интерфейса Blender, используя библиотеки Leaflet и OpenLayers. Готовую модель можно экспортировать в формат glTF, что упрощает её внедрение в веб-приложения и онлайн-карты. При этом сохраняются геореференсные данные, обеспечивающие корректную привязку сцены к системе координат WGS84, принятой в Казахстане и, в частности, в Астане. Практическое значение использования Blender 2025 совместно с WebGIS-плагином заключается в том, что этот инструмент делает процесс создания 3D-моделей более доступным, гибким и наглядным. Возможность работать с открытыми геоданными, моделировать здания и рельеф в единой среде, использовать визуализацию в реальном времени и экспортировать результат для публикации в интернете позволяет значительно

сократить затраты ресурсов, ускорить реализацию проектов и повысить эффективность городского планирования и представления информации.

### 3.3 Этапы создания 3D-модели

Создание 3D-модели центра города Астана представляет собой многоступенчатый процесс, включающий интеграцию геопространственных данных, моделирование, текстурирование, визуализацию и экспорт. На первом этапе осуществляется сбор и подготовка исходной информации. В качестве источников используются открытые геоданные, включая векторные слои с контурами зданий и дорог из OpenStreetMap, которые импортируются в формате .osm с помощью плагина BlenderGIS. Для построения рельефа применяются цифровые модели высот, полученные через функцию GIS > Web geodata > Get SRTM (рисунок 3.3), используя данные OpenTopography или NASA SRTM.

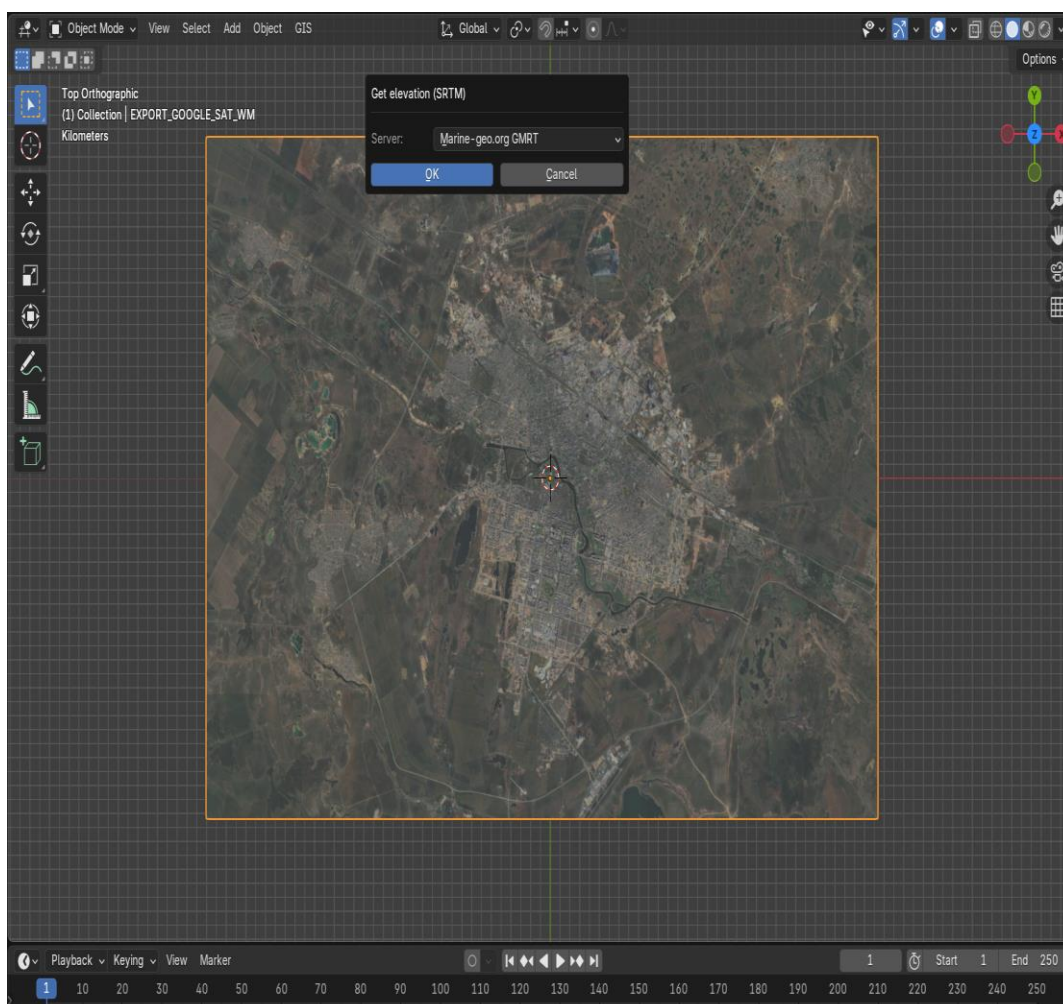


Рисунок 3.3– Создание SRTM



Дополнительно загружаются спутниковые снимки высокого разрешения из Google Earth или Sentinel Hub через инструмент GIS > Web geodata > Basemap (рисунок 3.4).

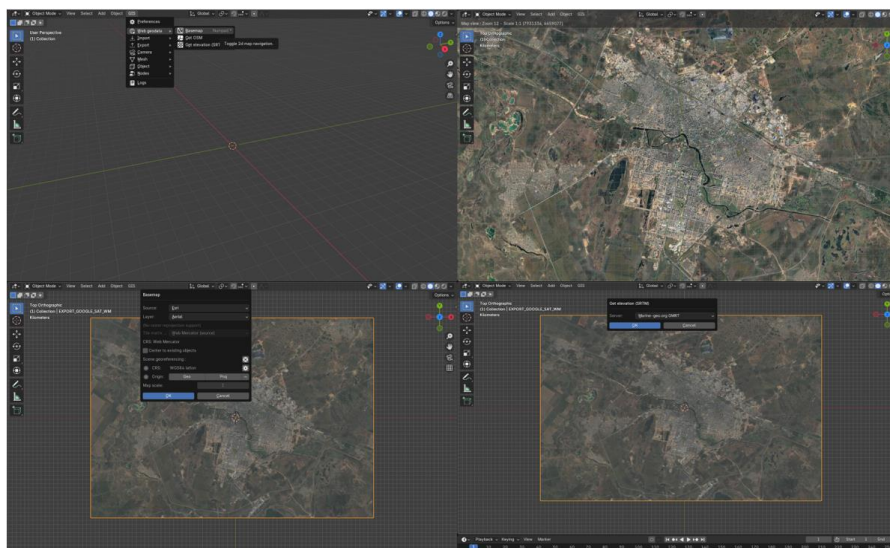


Рисунок 3.4— Установка базовой карты

Для уточнения архитектурных деталей применяются фотографии и эскизы фасадов, найденные на Wikimedia Commons или в социальных сетях (Приложение Б). После подготовки данных в Blender формируется базовая 3D-сцена. Рельеф генерируется на основе ЦМР, преобразуемых в 3D-меш через Delaunay triangulation. Инфраструктура — дороги, парки и другие элементы — создаются автоматически на основе OSM-данных, импортируемых через GIS > Import > OSM (рисунок 3.5).

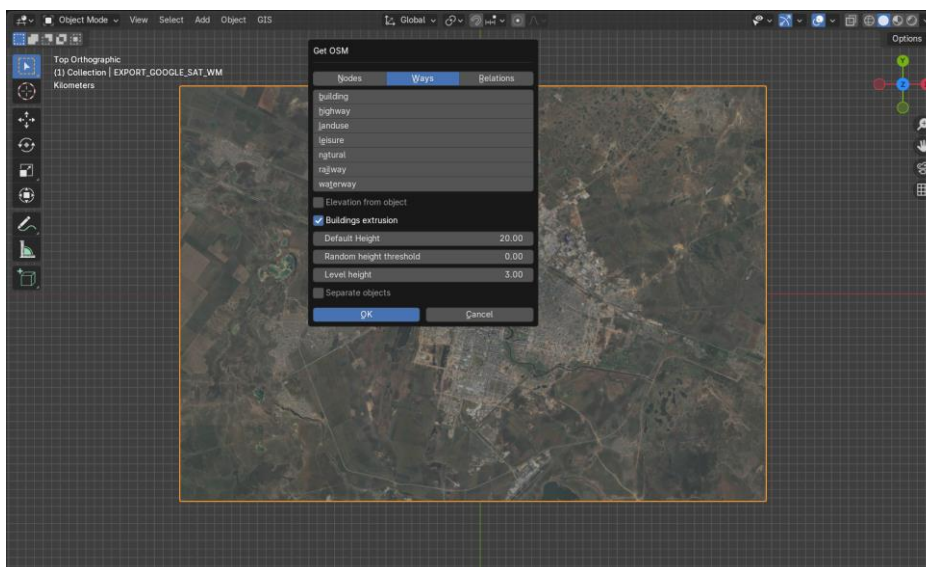


Рисунок 3.5— Импорт OSM

Для повышения производительности сцены применяется модификатор Decimate, позволяющий уменьшить число полигонов без заметной потери качества. На этапе моделирования зданий применяются два подхода: простые здания создаются путём экструзии контуров по заданной высоте, тогда как ключевые архитектурные объекты, такие как резиденция Акорда или Дворец мира и согласия, прорабатываются вручную с использованием полигонального моделирования. Для зданий второго плана применяются низкополигональные модели с градацией детализации (LOD), что позволяет снизить нагрузку на систему при сохранении визуальной целостности сцены. Следующим шагом является текстурирование, которое придаёт реалистичность всей модели. К рельефу применяются спутниковые изображения через UV-развёртку, а для зданий используются фасадные фотографии, предварительно обработанные в графическом редакторе GIMP для устранения искажений и создания бесшовных текстур. Текстуры и материалы назначаются через Shader Editor с использованием PBR-шейдеров (Physically Based Rendering), доступных в Blender 2025, обеспечивающих реалистичное поведение материалов. После завершения моделирования и текстурирования выполняется рендеринг сцены. Визуализация в реальном времени осуществляется через движок Eevee, а для получения фотореалистичных изображений используется движок Cycles. Освещение сцены настраивается с помощью функции Light Linking, позволяющей точно управлять световыми источниками для ключевых объектов. В постобработке применяются узлы Compositor, такие как Clamp и Blackbody, которые позволяют выполнить цветокоррекцию, повысить визуальную глубину и добавить эффекты освещения. Финальный этап заключается в экспорте модели в формат glTF через меню File > Export > glTF 2.0 с сохранением геопривязки и текстурных слоёв. Благодаря возможностям BlenderGIS модель может быть наложена на динамические веб-карты, такие как OpenLayers или Leaflet, и опубликована на веб-ресурсах. Это делает модель пригодной для использования в градостроительных презентациях, демонстрации архитектурных решений, виртуальных экскурсиях и туристических веб-приложениях, предоставляя пользователям удобный и визуально насыщенный инструмент взаимодействия с городской средой.

### **3.4 Технические и методологические сложности**

Создание 3D-модели центральной части города Астана с использованием Blender 2025 и плагина BlenderGIS представляет собой многослойный и технически сложный процесс, сопровождающийся рядом методологических и технологических трудностей (рисунок 3.6). Одной из ключевых проблем стала обработка больших объемов данных. Площадь моделируемой территории составляет около 10–15 км<sup>2</sup> и включает в себя плотную городскую застройку, транспортные магистрали и элементы ландшафта. Импорт векторных данных из OpenStreetMap с помощью BlenderGIS приводит к формированию сцен с

миллионами полигонов, что существенно нагружает систему. Дополнительно к этому, работа с растровыми спутниковыми изображениями высокого разрешения, объём которых может достигать сотен мегабайт, требует значительных вычислительных ресурсов как для загрузки, так и для наложения текстур. Для минимизации нагрузки применялись модификаторы, такие как Decimate, а также сжатие изображений в формат JPEG.



Рисунок 3.6– Технические методические сложности

Технические сложности сопровождались и проблемами совместимости между версией Blender 2025 и плагином BlenderGIS 2.2.8. Изменения в API Blender вызывали сбои в работе плагина, особенно при импорте данных, что решалось либо установкой временных патчей, либо использованием стабильных предыдущих версий Blender. Не меньшую трудность представляла точность геопривязки исходных данных: слои OSM зачастую содержали устаревшую или неполную информацию о контурах зданий, а цифровая модель рельефа на базе данных SRTM имела разрешение лишь около 30 метров, чего недостаточно для детализированной визуализации рельефа городской среды. Для повышения точности применялась перекрёстная проверка с помощью спутниковых снимков Google Earth и ручная корректировка геоданных в среде QGIS. С методологической точки зрения одной из главных задач стало достижение баланса между визуальной реалистичностью и производительностью. Моделирование ключевых архитектурных объектов — таких как монумент Байтерек и резиденция Акорда — требовало высокой детализации и применения текстур высокого разрешения, тогда как второстепенные элементы, расположенные на периферии сцены, оптимизировались с помощью упрощения



геометрии. Такой подход реализовывался через технологию LOD (Level of Detail), где каждый объект имеет несколько уровней детализации в зависимости от его значимости и удаленности. Отдельной задачей стало обеспечение фотореалистичности текстур, при том что фотографии из открытых источников, таких как Wikimedia Commons или социальные сети, часто имели искажения, низкое разрешение и отсутствовали в бесшовном формате. Для решения этих проблем применялась предварительная обработка изображений в GIMP, позволяющая корректировать перспективу и создавать бесшовные текстуры. Важным вызовом оказалось и управление общей структурой сцены, содержащей сотни объектов: здания, дороги, деревья, инфраструктурные элементы. Для поддержания порядка в проекте была внедрена иерархическая структура через использование коллекций в Blender, а при экспорте в формат glTF выявлялись проблемы с потерей метаданных и искажением структуры сцены. Для преодоления этих и других затруднений были приняты следующие меры: внедрение Vulkan backend в Blender 4.5 LTS, обеспечившего прирост производительности при визуализации, разбиение сцены на модули для упрощения рендеринга, регулярная проверка данных из разных источников для повышения точности, активное использование документации и форумов сообщества BlenderGIS, а также автоматизация повторяющихся задач с помощью Python-скриптов внутри Blender. В совокупности, эти подходы позволили повысить стабильность проекта, обеспечить его гибкость и заложить основу для дальнейшего масштабирования и интеграции в более крупные цифровые платформы.

### **3.5 Итоговые результаты и рекомендации**

Создание 3D-модели центра города Астана с использованием Blender 2025 и плагина BlenderGIS демонстрирует потенциал open-source инструментов для реализации сложных геопространственных проектов. Проект был нацелен на создание детализированной геопривязанной 3D-сцены центра Астаны с использованием данных из OpenStreetMap, спутниковых снимков Google Earth и цифровых моделей рельефа (ЦМР) из OpenTopography. В результате была успешно создана модель, точно отражающая топографию и расположение объектов центра города. Знаковые здания, такие как Байтерек и Акорда, были смоделированы с высокой степенью детализации, что придало модели реалистичность и визуальную привлекательность. Модель была экспортирована в формат glTF, что позволило интегрировать её в веб-приложения через WebGIS. Для обеспечения высокой производительности были применены техники оптимизации, такие как уровни детализации (LOD) и модификатор Decimate, что сократило количество полигонов без ущерба для качества. Использование Blender 2025 и плагина BlenderGIS продемонстрировало их эффективность для работы с геоданными: BlenderGIS упростил импорт данных OSM, ЦМР и спутниковых снимков, автоматизировав значительную часть начальной

настройки. Внедрение поддержки Vulkan backend в Blender 4.5 LTS значительно повысило производительность рендеринга, что было критически важно для обработки больших сцен. Новые узлы в Compositor улучшили постобработку текстур, что привело к более реалистичному виду поверхностей. Несмотря на успехи, проект столкнулся с рядом ограничений: данные OSM для Астаны часто содержали неполные атрибуты, что затрудняло моделирование; открытые источники, такие как спутниковые снимки Sentinel-2 и ЦМР SRTM, оказались недостаточно точными для создания высокодетализированных моделей; работа с моделью требовала мощного оборудования из-за высоких вычислительных нагрузок; экспорт в glTF иногда приводил к потере данных, что указывает на проблемы совместимости между Blender и веб-платформами. На основе полученного опыта для будущих проектов рекомендуется проводить перекрестную проверку данных из нескольких источников (OSM, Google Earth, местные базы данных) для повышения точности; использовать техники LOD и модульное разбиение сцены для управления вычислительными ресурсами; следить за обновлениями на GitHub и использовать стабильные версии Blender и BlenderGIS для избежания проблем совместимости; автоматизировать рутинные задачи с помощью скриптов на Python; при экспорте в glTF сохранять метаданные для минимизации потерь информации; использовать образовательные ресурсы, такие как документация BlenderGIS и форумы сообщества, для решения технических вопросов. Модель центра Астаны имеет широкие перспективы применения: в градостроительстве она может использоваться для анализа инфраструктуры и планирования новых объектов; в туризме — для создания виртуальных туров по знаковым местам, таким как Байтерек и Акorda; в образовании — как учебное пособие для курсов по 3D-моделированию и ГИС. Для поддержания актуальности модели рекомендуется регулярно обновлять данные, добавлять аналитические функции, такие как расчёт транспортных потоков, и интегрировать её с системами умного города для расширения функциональности. Для дальнейшего развития проекта целесообразно внедрить систему версионирования геоданных, позволяющую отслеживать изменения инфраструктуры и рельефа центра города Астаны с течением времени, а также интегрировать модель с открытыми муниципальными базами данных по коммунальным сетям, транспортным остановкам и объектам благоустройства для оперативного обновления и коллективного редактирования. Кроме того, стоит рассмотреть использование технологий машинного обучения для автоматической классификации и сегментации объектов на спутниковых снимках и OSM-датасетах, что снизит трудозатраты на ручное исправление атрибутов и позволит быстрее адаптировать модель к динамике городской застройки и сезонным изменениям растительности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дипломная работа, посвящённая технической инвентаризации и государственному учёту объектов недвижимости на примере г. Алматы, а также созданию 3D-модели центра города Астаны, продемонстрировала комплексный подход к применению современных геопространственных технологий в решении актуальных задач градостроительства и цифровизации городской среды (Приложение А). В рамках исследования были рассмотрены теоретические основы государственного учёта и технической инвентаризации недвижимости, проанализированы автоматизированные информационные системы государственного кадастра, а также описан процесс проведения технической инвентаризации на конкретном участке в г. Алматы. Практическая часть работы, связанная с созданием 3D-модели центра Астаны, показала высокую эффективность использования open-source инструментов, таких как Blender 2.75 и плагин BlenderGIS, для работы с геопространственными данными. Созданная 3D-модель центра Астаны, включающая знаковые объекты, такие как Байтерек и Акорда, была разработана на основе данных из открытых источников (OpenStreetMap, спутниковые снимки Google Earth, ЦМР из OpenTopography) и интегрирована с WebGIS для веб-визуализации. Применение техник оптимизации, таких как LOD и модификатор Decimate, позволило создать детализированную, но производительную модель, пригодную для использования в градостроительстве, туризме и образовательных целях. Несмотря на технические и методологические сложности, такие как ограниченная точность данных OSM, проблемы совместимости BlenderGIS и высокая вычислительная нагрузка, предложенные решения (перекрёстная проверка данных, автоматизация процессов, использование Vulkan backend) обеспечили успешное выполнение проекта. Полученные результаты подчёркивают значимость открытых технологий в условиях ограниченных ресурсов, что особенно актуально для Казахстана в рамках программы «Цифровой Казахстан». Разработанная модель центра Астаны может служить основой для анализа инфраструктуры, планирования новых объектов, создания виртуальных туров и образовательных программ. Рекомендации, включающие регулярное обновление данных, использование модульных сцен и автоматизацию процессов, создают перспективы для масштабирования подобных проектов в будущем. Таким образом, работа подтверждает потенциал геопространственных цифровых технологий для решения задач цифровизации городской среды, обеспечивая экономичность, доступность и высокую функциональность при реализации проектов в области геодезии, картографии и управления недвижимостью.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Широкова А.А. Введение государственного земельного кадастра в Республике Казахстан. Тюменский индустриальный университет, 2016. – 202 с.
2. Черныш А.С., Даниленко Е.П. Основы технической инвентаризации объектов недвижимости. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2014. –152 с.
3. Быкова Е.Н., Павлова В.А. Техническая инвентаризация объектов капитального строительства: учебное пособие. СПб.: Издательство «Лань», 2014. – 160 с.
4. Blender Foundation. Blender 4.4 Release Notes. URL: <https://www.blender.org/download/releases/4-4/> (дата обращения: 05.06.2025).
5. Blender Foundation. Blender 4.5 LTS Release Notes. URL: <https://www.blender.org/download/releases/4-5/> (дата обращения: 05.06.2025).
6. Domlysz. BlenderGIS: GitHub Repository. URL: <https://github.com/domlysz/BlenderGIS> (дата обращения: 05.06.2025).
7. OpenStreetMap Contributors. OpenStreetMap Data for Astana. URL: <https://www.openstreetmap.org> (дата обращения: 05.06.2025).
8. NASA. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Data. URL: <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/> (дата обращения: 05.06.2025).
9. Google Earth. Satellite Imagery for Astana. URL: <https://earth.google.com> (дата обращения: 05.06.2025).
10. Sentinel Hub. Sentinel-2 Imagery. URL: <https://www.sentinel-hub.com> (дата обращения: 05.06.2025).
11. QGIS Development Team. QGIS User Guide. URL: [https://docs.qgis.org/3.28/en/docs/user\\_manual/](https://docs.qgis.org/3.28/en/docs/user_manual/) (дата обращения: 05.06.2025).
12. Казахстанская государственная программа «Цифровой Казахстан». URL: <https://digital.kz> (дата обращения: 05.06.2025).
13. ArchDaily. Architectural Projects in Astana. URL: <https://www.archdaily.com> (дата обращения: 05.06.2025).
14. Textures.com. Free Texture Library. URL: <https://www.textures.com> (дата обращения: 05.06.2025).
15. Wikimedia Commons. Photographs of Astana Landmarks. URL: <https://commons.wikimedia.org> (дата обращения: 05.06.2025).

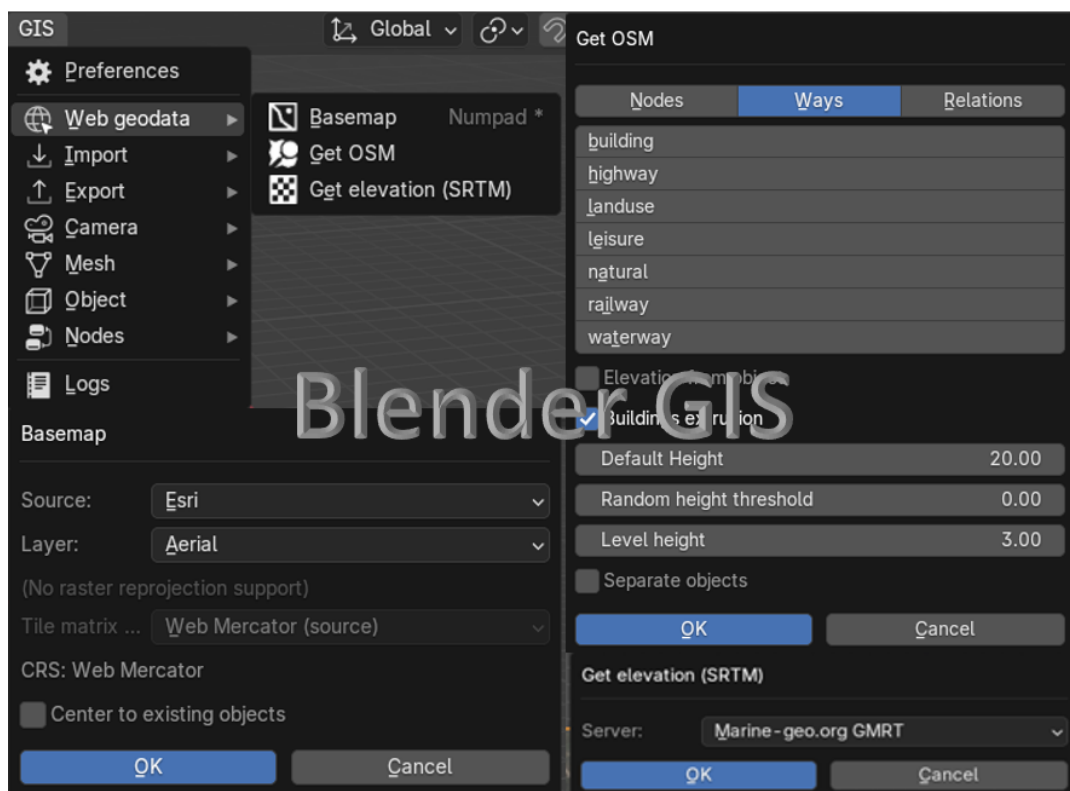
## Приложение А

### Скриншот готово рендера



## Приложение Б

### Установка и настройка плагина WebGis





Отзыв  
на дипломную работу  
студента образовательной программы  
6B07303 «Геопространственная цифровая инженерия»  
Ерлан Бекмахамбет Бахытұлы  
по теме: «Создание 3D модели центра города Астаны»

Дипломная работа Ерлана Бекмахамбета Бахытұлы посвящена созданию 3D модели центральной части города Астаны, что является весьма актуальной задачей в условиях цифровой трансформации городской среды. Тема полностью соответствует современным требованиям в области геоинформатики, градостроительного анализа и 3D-визуализации.

Особое внимание следует уделить качественной технической реализации проекта. Студент успешно применил программное обеспечение Blender с использованием аддона BlenderGIS, интегрировал открытые пространственные данные (OpenStreetMap, SRTM и др.), выполнил корректную привязку и визуализацию объектов городской застройки. Были проанализированы морфология зданий, высотность, плотность и структура застройки, что добавляет исследованию прикладной ценности.

Важной частью работы стало упрощение геометрии сложных объектов с целью оптимизации визуализации, а также обеспечение совместимости различных форматов данных при переносе между средами (например, между GIS и 3D-графикой). Эти аспекты особенно важны при работе с крупными массивами пространственной информации и в условиях, когда требуется баланс между детализацией модели и производительностью.

Работа выполнена на хорошем техническом уровне, отражает самостоятельный подход, хорошее понимание структуры пространственных данных и актуальных инструментов моделирования, демонстрирует уверенное владение инструментами 3D-моделирования.

Дипломная работа Ерлан Б.Б. выполнена на профессиональном уровне, заслуживает оценки 90 и рекомендуется к защите, а студент присвоению академической степени бакалавра.

Научный руководитель  
PhD, старший преподаватель  
кафедры МДиГ,  
КазНУТУ им. К. Сатпаева



Ержанқызы А.

«05» июнь 2025 г.

## РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу

Ерлана Бекмахамбета Бахытулы  
(Ф.И.О. обучающегося)

6B07303 Геопространственная цифровая инженерия  
(шифр и наименование ОП)

На тему: Создание 3D-модели центра города Астаны

### ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Структура дипломной работы включает в себя: введение, три раздела, заключение, список используемых источников литературы и 2 приложения.

Дипломная работа посвящена актуальной теме цифровизации городской среды — созданию трехмерной геопространственной модели, которая имеет важное значение для градостроительства, управления городской инфраструктурой и визуализации архитектурной среды.

В первой главе подробно рассмотрены теоретические основы 3D-моделирования в геодезии и картографии. Автор подчёркивает значимость пространственного моделирования для современных городов и обоснованно связывает его с процессами цифровой трансформации и устойчивого развития городской среды.

Во второй главе анализируется современное программное обеспечение для 3D-моделирования. Особое внимание уделено возможностям среды Blender 2025 и её интеграции с WebGIS. Автор корректно оценивает достоинства и ограничения инструментов, демонстрируя высокий уровень понимания программных технологий.

Практическая часть, изложенная в третьей главе, содержит описание этапов создания 3D-модели центра города Астаны — от подготовки геоданных до визуализации и публикации проекта в WebGIS-среде. Работа выполнена аккуратно, с продуманным подходом к структуре модели и анализом возникающих технических и методологических трудностей.

Следует отметить высокий уровень технической подготовки студента, владение современным программным обеспечением, а также способность применять теоретические знания на практике. Оформление работы соответствует установленным требованиям, иллюстративный материал информативен и хорошо структурирован.

### Оценка работы

Дипломная работа Ерлана Б.Б. выполнена на высоком профессиональном уровне, заслуживает оценки 94 и рекомендуется к защите, а студент — к присвоению академической степени бакалавра.

#### Рецензент

К.т.н., ассоц. профессор-исследователь,  
зав. кафедрой "Геодезия и картография, кадастр"  
КазГАСА





## Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Ерлан Бекмахамбет Бахұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Сравнительный анализ методов построения локального геоида

Научный руководитель: Айнуур Ержанкызы

Коэффициент Подобия 1: 4.6

Коэффициент Подобия 2: 1.3

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 0

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата

09.06.25г.



Заведующий кафедрой

## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Ерлан Бекмахамбет Бахұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Сравнительный анализ методов построения локального геоида

Научный руководитель: Айнуур Ержанкызы

Коэффициент Подобия 1: 4.6

Коэффициент Подобия 2: 1.3

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 0

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- ☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- ☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- ☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- ☐ Обоснование:

Дата 09.06.2022

Дабдурбаб О,  
проверяющий эксперт