

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет геосистем и технологий»
(СГУГиТ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА И ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

**Молодежная научно-практическая
конференция**

19 ноября 2024 года

Сборник научных докладов

Новосибирск
СГУГиТ
2025

УДК 528.952:001.89

И62

И62 Инженерная графика и трехмерное моделирование. Молодежная научно-практическая конференция : сборник научных докладов (19 ноября 2024 г., Новосибирск). – Новосибирск : СГУГиТ, 2025. – 57 с. – Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-907998-01-8

В сборнике опубликованы научные доклады студентов, магистрантов, аспирантов высших учебных заведений, принимавших участие в молодежной научно-практической конференции «Инженерная графика и трехмерное моделирование».

Материалы публикуются в авторской редакции

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ

УДК 528.952:001.89

ISBN 978-5-907998-01-8

© СГУГиТ, 2025

ОРГАНИЗАТОР:

Сибирский государственный университет
геосистем и технологий

КООРДИНАТОРЫ:

Руководитель научно-исследовательской деятельности студентов СГУГиТ

Татьяна Юрьевна Бугакова

Аспирант кафедры картографии и геоинформатики

Никита Сергеевич Головачев

ОРГКОМИТЕТ:

Руководитель научно-исследовательской работы студентов ИГиМ

Ольга Геннадьевна Павловская

Руководитель научно-исследовательской работы студентов ИОиОТ

Елена Юрьевна Кутенкова

Руководитель научно-исследовательской работы студентов ИКиП

Анатолий Викторович Ершов

Размещено на сайте СГУГиТ

[https://sgugit.ru/student/research-work/
conference-engineering-graphics-and-three-dimensional-modeling/](https://sgugit.ru/student/research-work/conference-engineering-graphics-and-three-dimensional-modeling/)

И. В. Павлов, Н. С. Головачев, Я. Г. Пошивайло

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОЦИФРОВКИ ТЕРРИТОРИИ И ЗДАНИЙ НА ПРИМЕРЕ ГЛАВНОГО КОРПУСА СГУГИТ

Моделирование и оцифровка объектов занимают важное место в современном мире, решая широкий спектр прикладных и научно-исследовательских задач.

В настоящее время сканирование при помощи оборудования с системой LiDAR, занимает ведущую роль в процессе оцифровки архитектурных объектов. Неоспоримые преимущества данного метода заключаются в высокой автоматизации процесса съемки, избыточности входных данных, которые после обработки предоставляют широкий спектр возможностей, а также информативное и наглядное представление модели объекта.

Однако многие из технологий, даже при наличии дорогостоящего оборудования, могут применяться только узкопрофильными специалистами и недоступны для массового использования рядовыми гражданами, что существенно затрудняет внедрение точных измерений в общественно-значимые проекты с обширной площадью работ и ограниченным финансированием.

В настоящее время существуют четыре основных технологии сканирования для создания 3D моделей:

- тахеометрическая съемка;
- лазерное сканирование;
- LiDAR (обнаружение и определение дальности с помощью света);
- фотограмметрия.

Отдельно следует отметить, что существуют комбинированные методы создания моделей, которые используют преимущества сразу нескольких технологий. Например, сочетание LiDAR и фотограмметрии позволяет объединить высокую точность дистанционных измерений, с текстурами, полученными при помощи фотограмметрии.

Данное исследование направлено на оценку эффективности трех методов: тахеометрической съемки, LiDAR сканирования совмещенного с фотограмметрией и применения нейросетей для автоматической обработки фотограмметрических данных.

В эксперименте будут учитываться: экономическая составляющая, трудозатраты, квалифицированность пользователя, возможность использования методов в труднодоступных и закрытых помещениях, время на проведения работ и точность оцифровки готовой модели.

Это исследование позволит сделать выводы о возможностях использования данных методов в условиях ограниченного финансирования и для массового применения в социальных и общественно-значимых проектах.

Метод тахеометрической съемки подразумевает под собой использование профессионального геодезического оборудования – тахеометр. Электронные тахеометры оснащаются программным обеспечением для информативного вывода данных на панель для пользователя, тем самым объект подгружается поэтапно в реальном времени и, соединя координатные точки 3D поли-линией, можно получить оцифрованный объект в виртуальном пространстве.

Преимущества данного метода:

- высокая точности построенной 3D модели, порядка 1-2 мм;
- работа в широком спектре температур, освещенности, влажности;
- классическая технология геодезических работ, отработанная за долгие годы и знакомая многим специалистам в отрасли.

Недостатки приведенной технологии моделирования:

- низкая трудоемкость, съемка требует большое количество времени;
- необходимость в специализированных знаниях и умениях;
- высокая степень влияния человеческого фактора, могут быть пропущены или не точно сняты различные детали объекта;
- дорогостоящее оборудование, цена одного комплекта может достигать нескольких миллионов рублей.

Метод, совмещающий LiDAR-сканирование и фотограмметрию, позволяет создать более детализированную 3D-модель, объединяя преимущества обеих технологий. LiDAR обеспечивает точные измерения геометрии объекта, создавая облако точек, которое передает форму объекта. Одновременно фотограмметрия добавляет фотореалистичную текстуру граням модели, используя серию фотографий, снятых с разных ракурсов.

Преимущества данного метода:

- высокая скорость съемки;
- возможность автоматической обработки данных с минимальными настройками;
- возможность работы в сложных условиях освещённости;
- снижение потребности в дополнительных описаниях для последующей обработки за счет интеграции «серых данных».

Недостатки приведенной технологии моделирования:

- необходимость использования специализированного оборудования и программного обеспечения для совмещения данных;
- сложность обработки больших объемов данных, что требует мощных вычислительных ресурсов;
- зависимость от погодных условий;
- большие объемы «сырых» данных для обработки.

Фотограмметрия – метод, при котором для создания 3D-моделей используются последовательности фотографий объекта. Специальное программное обеспечение обрабатывает снимки, анализируя их с разных углов, и определяет пространственные координаты объекта.

Преимущества метода:

- доступность, так как требует лишь камеры и специализированного ПО, что снижает затраты на оборудование;
- возможность автоматической обработки и интерпретации данных с помощью нейросетей, что сокращает трудозатраты;

Недостатки метода:

- зависимость от качества и количества исходных изображений, что может ограничивать точность результатов;
- сложная обработка данных для объектов с однообразной текстурой или в условиях плохого освещения;
- необходимость дополнительных вычислительных ресурсов для обработки больших объемов данных, особенно при использовании нейросетей.

В экспериментальной части исследования была произведена тахеометрическая съемка лестничного пролета и арки 4 этажа главного корпуса СГУГиТ. Система координат была взята условная, с точкой отсчета $X=100$, $Y=200$. Геодезическое оборудование было представлено в виде тахеометра GeoMax Zoom25 с точностью измерения 5 угл.сек. и алюминиевого штатива Geomax СТР104. Съемка объекта была обработана в программном обеспечении для проектирования и моделирования Autodesk AutoCAD 2018.



Рис. 1. Тахеометрическая съемка объекта

В результате обработке данных по точкам съемки, была представлена оцифрованная часть лестничных ступень и арочного проема с точностью построения объектов до 2 мм (Рис. 2).

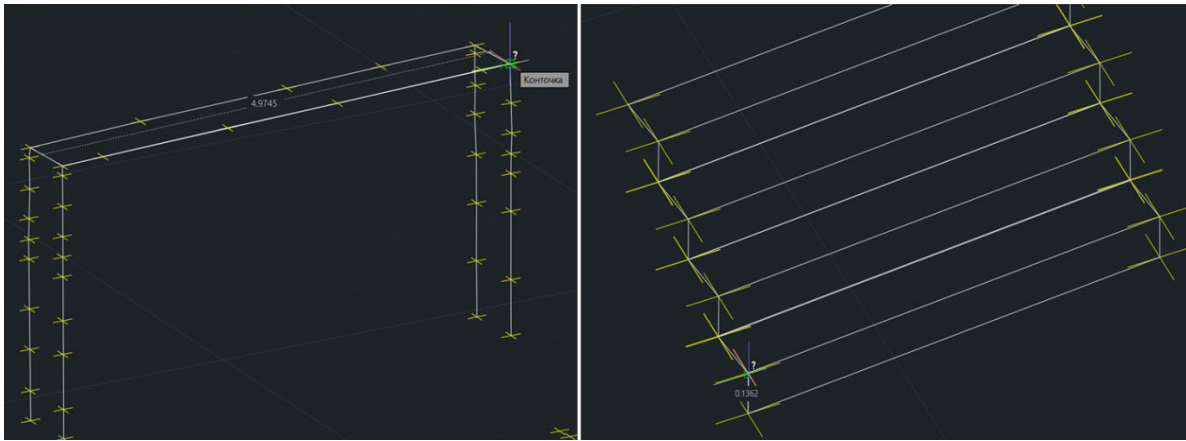


Рис. 2. Модель арочного проема и ступень лестниц

Повторная съемка объекта выполнялась с помощью мобильного устройства iPhone 14 Pro, оснащенного LiDAR-сканером. Процесс сканирования был выполнен в реальном времени, а данные были автоматически сохранены на устройстве для последующего экспорта в GLTF формате (Рис. 3). Точность LiDAR-сканера в iPhone 14 Pro варьируется в зависимости от условий сканирования, но, в среднем, достигает порядка 1-5 см для измерений на расстояниях до 5 метров.



Рис. 3. LiDAR съемка объекта

На третьем этапе для создания 3D-модели объекта была использована нейросеть Luma AI, позволяющая воссоздать текстуру и форму за счет обработки множества изображений, снятых с различных ракурсов. Luma AI использует технологию Neural Radiance Fields (NeRF) для создания 3D-моделей на основе фотографий или видео. Точность получаемых моделей зависит от качества и количества исходных изображений, а также от сложности объекта.

В рамках данного эксперимента, при сравнении ключевых элементов модели с реальными объектами, точность получилась одной из самых низких, порядка 5-10 см (Рис. 4). Итоговые результаты представлены в таблице 1.

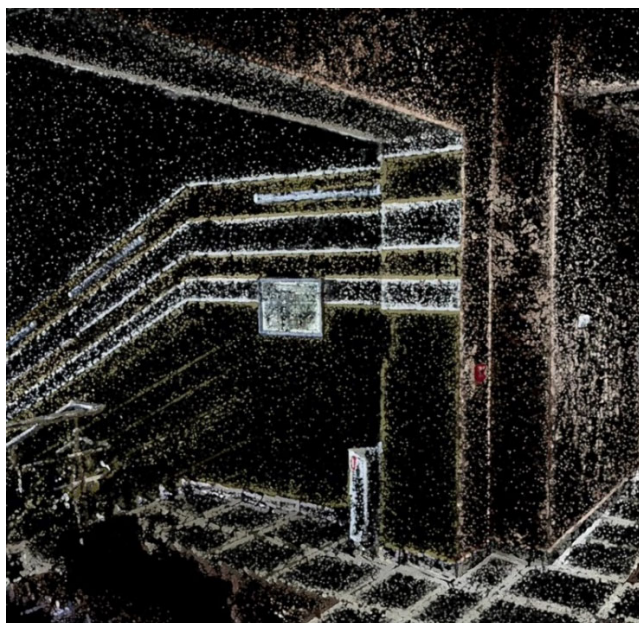


Рис. 4. Обработка фотограмметрической съемки нейросетью

Таблица 1

Сравнительная таблица

Параметр	Тахеометрическая съемка	LiDAR-сканирование с фотограмметрией	Фотограмметрия с нейросетями
Точность	Высокая (1-2 мм)	Средняя (1-5 см)	Низкая (5-10 см)
Скорость выполнения	Низкая, требуется значительное время	Высокая, данные собираются быстро	Средняя, зависит от количества изображений
Оборудование	Тахеометр и штатив	LiDAR-сканер и камера	Камера и специализированное ПО
Требования к квалификации	Высокая, необходимы профессиональные навыки	Средняя, требуется знание работы с LiDAR и ПО	Низкая, процесс автоматизирован благодаря нейросетям
Экономическая составляющая	Высокая стоимость оборудования	Средняя, при использовании оборудования с небольшим радиусом действия	Низкая, требуется лишь камера и доступное ПО
Объем данных для обработки	Умеренный	Большие объемы данных	Большие объемы данных
Зависимость от условий съемки	Независим от условий освещения	Зависит от погодных условий для фотограмметрии	Зависит от освещенности и текстуры объекта
Основные преимущества	Высокая точность, классическая технология	Высокая детализация, возможность работы в сложных условиях	Доступность, автоматизация обработки
Основные недостатки	Длительность, трудоемкость, человеческий фактор	Высокие затраты, большие объемы данных, погодные условия	Низкая точность, ограниченность в условиях съемки

Классические методы геодезической съемки, несмотря на их высокую точность и надежность, остаются дорогими и требуют значительных навыков для выполнения работ, что ограничивает их применение в массовых и общественно значимых проектах.

С другой стороны, самые современные методы нейросетевой обработки фотограмметрических данных представляют собой более доступный подход, хотя их точность пока никак не может сравниться с профессиональными инструментами. Стоит отметить, что возможные перспективы нейросетей в фотограмметрии велики, и дальнейшее развитие может существенно повысить качество и автоматизацию обработки данных. Например, использование дешевых дронов оснащенных только камерой, без дорогостоящего набора сенсоров со стабилизацией.

Мобильное LiDAR-сканирование, с использованием сенсоров, встроенных в смартфоны, обладает потенциалом для применения в социальных проектах, таких как создание карт городской территории для оценки доступности маршрутов маломобильными гражданами.

Точность мобильных LiDAR-сенсоров в 3-5 см достаточна для выявления значительных препятствий, хотя при такой погрешности могут оставаться незамеченными менее выраженные неровности.

На данный момент мобильные LiDAR-сканеры ещё не могут быть установлены на доступные по цене дроны, что ограничивает возможности автоматизации съемки. Тем не менее, распространение LiDAR в мобильных устройствах делает эту технологию всё более доступной для широкого круга пользователей и задач.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Что такое лидар [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/667dbd719a79476ed74553b3> (дата обращения: [28.10.2024]).

© И. В. Павлов, Н. С. Головачев, Я. Г. Пошивайло, 2025

В. Р. Костылева, А. Н. Дорошенко

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

ТЕПЛОПЕЛЕНГАТОР – ДАЛЬНОМЕР

Основная цель статьи – рассмотреть возможности трехмерного моделирования на примере тепlopеленгатора-дальномера, разобрать функциональное назначение прибора и изучить его разновидности.

Дальномеры используются для бесконтактного дистанционного измерения расстояния до объекта. Они применяются в геодезии, фотографии, военном деле, астрономии и других областях [1]. Виды дальномеров:

- лазерные;
- ультразвуковые;
- оптические;
- радиолокационные;
- световые;
- нитевые.

Отдельно существуют приборы, в которые устанавливается дальномер, например, тепlopеленгатор.

Тепlopеленгатор-дальномер относится к многоканальному авиационному комплексу (Мак), предназначенных для определения пуска и приближения ракеты противника по ее тепловому следу.

Принцип работы тепlopеленгатора со встроенным дальномером основан на использовании направленных оптических систем, которые улавливают инфракрасное излучение от объекта и концентрируют его на приемнике излучения. Затем система сканирования обеспечивает просмотр воздушного, космического или наземного пространств, а электрические сигналы усиливаются и обрабатываются с помощью специального оборудования.

Угловые координаты засекаемого объекта определяются с помощью специальных компьютерных программ, по положению пятна на экране индикатора, которое возникает при попадании излучения от объекта на приемник излучения.

Встроенный дальномер позволяет измерять расстояние до объекта, анализируя время прохождения сигнала от источника до приемника и обратно [2].

Плюсы тепlopеленгатора-дальномера:

- высокая точность измерений;
- работа в условиях плохой видимости и ночью;
- определение расстояния до объектов, излучающих тепло.

Недостаток тепlopеленгатора-дальномера: более высокая стоимость по сравнению с обычными дальномерами.

3D – модель тепlopеленгатора-дальномера состоит из нескольких деталей и сборочных единиц: зеркальный объектив, включающий главное вогнутое асферическое зеркало и вторичное выпуклое асферическое зеркало, объектив прием-

ного канала лазерного дальномера, первый спектроделитель, коллектив, общий объектив для среднего и дальнего инфракрасных (ИК) диапазонов, второй спектроделитель, объективы среднего и дальнего ИК каналов, иммерсионный приемник отраженного лазерного излучения, приемники среднего и дальнего диапазонов с охлаждаемыми диафрагмами.

Особенности такой оптической системы заключаются в повышении дальности действия лазерного дальномера, расширении функциональных возможностей тепlopеленгатора. Для её компоновки были применены различные виды насыпных конструкций [3] На рисунке 1 представлена схема конструкции тепlopеленгатора-дальномера.

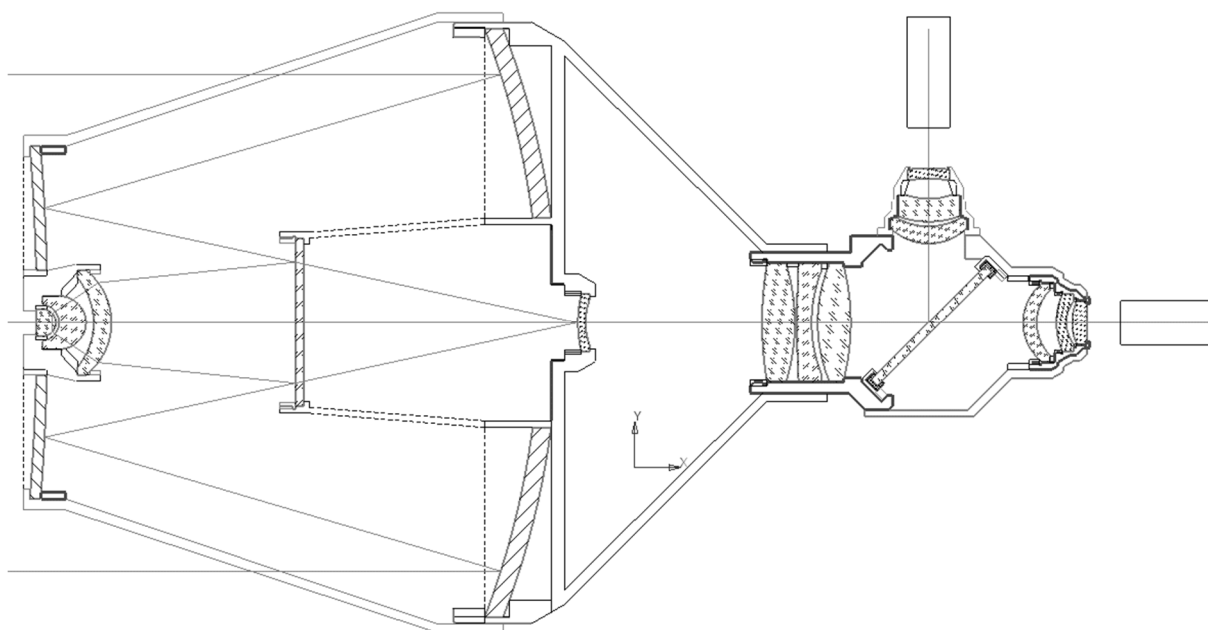


Рис. 1. Разработка конструкции тепlopеленгатора-дальномера

Характеристики двухспектрального тепlopеленгатора:

- диаметр входного зрачка – 700 мм;
- угловое поле в пространстве предметов 0.84° ;
- относительное отверстие 1:2;
- спектральный диапазон от 3 до 5 мкм, от 8 до 12 мкм.

Конструкция тепlopеленгатора-дальномера позволяет повысить дальность действия лазерного дальномера и расширить область применения устройства.

Материалом для асферических зеркал был использован алюминий с серебряным покрытием. Серебро подходит по спектральному диапазону, поскольку у него коэффициент отражения 98 % в диапазоне от 450 до 2000 нм. Все оправы выполнены из алюминия.

Тепlopеленгатор-дальномер состоит из оправы для вогнутых, асферических зеркал, линзы-коллектива и спектроделителя, а также оправ для объективов. Все

разработки велись в приложении САПР «КОМПАС» во фрагменте [4]. Внешний вид тепlopеленгатора-дальномера представлен на рисунке 2.

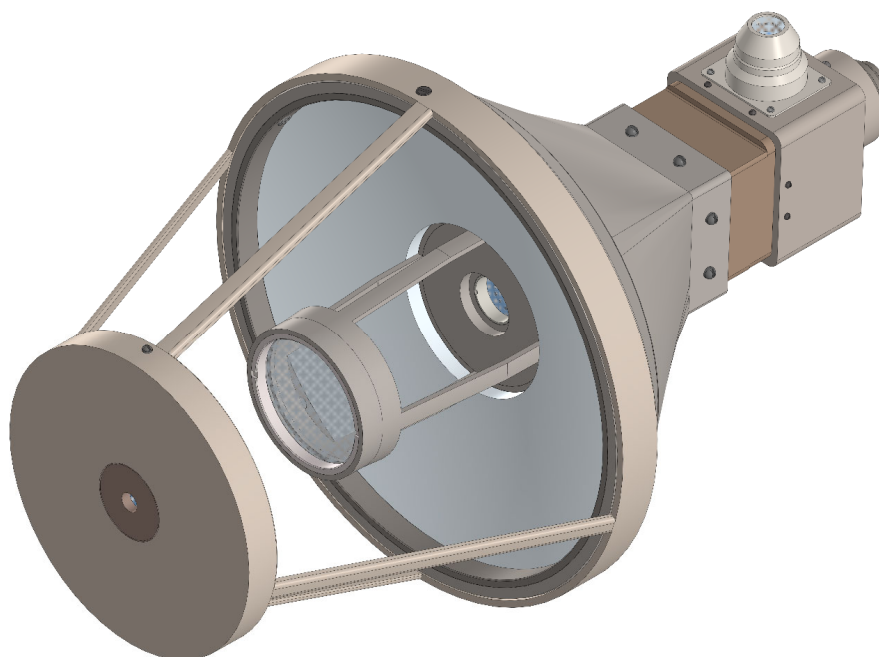


Рис. 2 Внешний вид Тепlopеленгатора-дальномера

Материалами оптической системы тепlopеленгатора-дальномера служат крон, сульфид цинка, сверх тяжелый крон, тяжелый флинт и тяжелый крон. На рисунке 3 изображен тепlopеленгатор-дальномер, моделирование которого выполнялось с учетом схем.

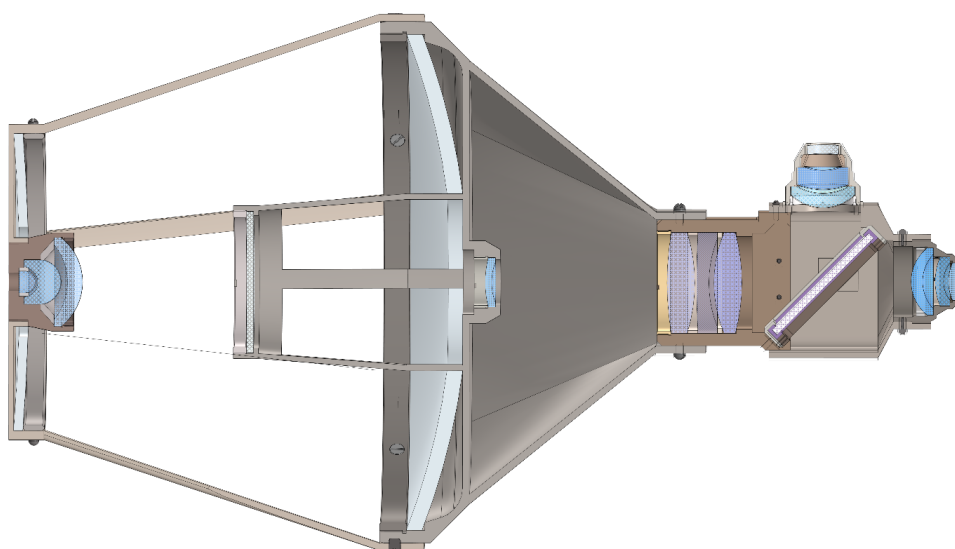


Рис. 3. Модель тепlopеленгатора-дальномера в разрезе

Компас – 3D предоставляет обширные возможности для работы с 3D – моделями. С использованием этой программы можно оптимизировать конструкции приборов, отдельных деталей и улучшить технические характеристики, что в итоге приведет к повышению эффективности и точности измерений.

Модель тепlopеленгатора, можно улучшить, заменив наклонное зеркало, на сенсор, который будет работать в двух диапазонах длин волн. Это упростит конструкцию и снизит стоимость прибора. В перспективе 3D – модель дальномера допустимо применить в качестве макета в образовательных целях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дальномер, виды и работа. Статья. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tehpribory.ru/glavnaia/pribory/dalnomer.html?ysclid=m28ghcb8cr444202859>
2. RU 150182 U1. Тепlopеленгатор-дальномер. Патент. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://yandex.ru/patents/doc/RU150182U1_20150210
3. М.Я. Кругер, В.А. Панов, В.В. Кулагин, Г.В. Погарев, Я.М. Кругер, А.М. Левинзон, Справочник конструктора оптико–механических приборов. – Москва: Красный печатник, 1963. – 377 с.
4. КОМПАС-3D [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kompas.ru/>

© В. Р. Костылева, А. Н. Дорошенко, 2025

К. С. Батырова, А. А. Нестерчук, И. А. Никулин, К. А. Есипова
Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ГЕОДАНЫХ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Быстрое развитие современных информационных технологий, в частности, мобильных устройств приводит к активному их внедрению во многие отрасли геопространственной индустрии [1]. Технологии, ранее не предназначавшиеся для использования в картографии и геоинформатике, так или иначе становятся перспективными инструментами для решения прикладных задач [2–4]. Одной из них становится технология дополненной реальности, которая в синтезе с инструментами трехмерного моделирования и программами векторной графики способны увеличить объем содержания традиционной аналоговой карты и при необходимости обновить её [5–7].

Довольно часто при проектировании дорожной сети требуется также иметь профиль местности. Решение задачи в режиме реального времени с помощью современных мобильных технологий позволит сократить время и трудозатраты на производство геодезических работ. Целью данного исследования ставилось разработать прототип мобильного приложения дополненной реальности, воспроизводящего информацию о цифровой модели рельефа с переключением на профиль картографируемой местности.

При проведении исследования применялись методы векторной графики и средства иммерсивной визуализации. В качестве исходных материалов выступала топографическая карта масштаба 1:200 000 Андриюшино (рис. 1) [8].

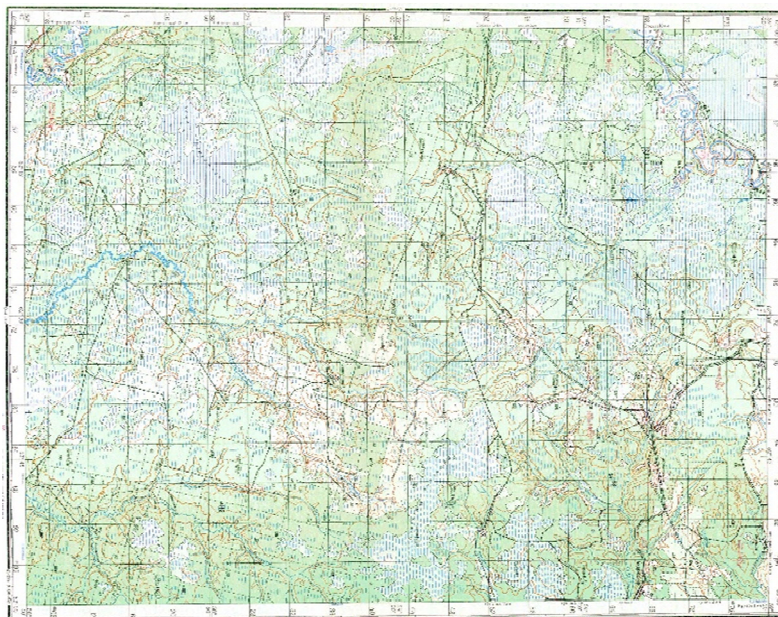


Рис. 1. Карта Андриюшино 1:200 000

Экспериментальные исследования производились с применением программы векторной графики Inkscape, геоинформационной системы (ГИС) Quantum GIS (QGIS), программы дополненной реальности Qualcomm Vuforia и средства разработки Unity Engine [9–12].

Проектирование приложения дополненной реальности начиналось с выбора аналоговой карты – топографической карты Андриюшино. Ввиду того, что карта мелкомасштабная, то в качестве маркера была использована эмблема (рис.2). Для достижения целей этого исследования было необходимо найти подходящее программное обеспечение и наборы данных ГИС. Важно было обработать входные данные ГИС, такие как растительный покров, топографические карты и цифровую модель рельефа (ЦМР) для конкретной области. Слои данных ЦМР были получены из открытых источников геоданных [13].



Рис. 2. Маркер

Выбор подходящих форматов для визуализации данных имеет решающее значение. Поскольку существует множество доступных форматов данных, каждый из которых обладает определёнными преимуществами, определение наиболее подходящих форматов для этого исследования стало критически важным. Для разработки прототипа приложения, демонстрирующего возможность использования технологии дополненной реальности для визуализации ГИС, основное картографическое покрытие было получено из наборов данных DEM. Пример используемых наборов данных показан на рис. 3. Для этого проекта и требуемых результатов были выбраны растровые данные [14–18].

В процессе работы созданы элементы дополненной реальности с импортом растрового изображения цифровой модели рельефа – матрицы высот SRTM (рис. 3). Рассматриваемый участок территории потребовал произвести обработку снимков в ГИС QGIS, заключающуюся в выборе необходимого фрагмента матрицы высот.

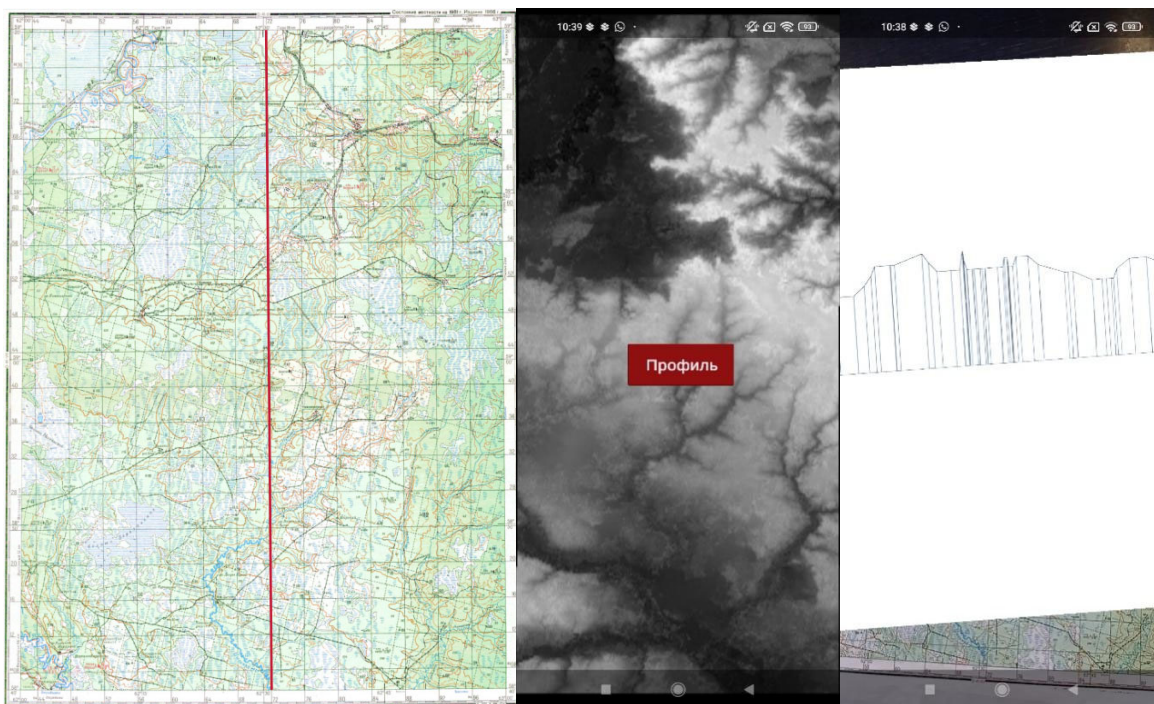


Рис. 3. Прототип мобильного приложения с визуализацией матрицы высот SRTM и переключением на профиль местности

Итогом выполненной работы по расширению функций аналоговой карты элементами дополненной реальности становится созданный прототип приложения дополненной реальности Terrain, иллюстрирующий геопространственную информацию на аналоговой карте. В совокупности эти программные инструменты обеспечивают комплексную обработку цифровой модели рельефа: от подготовки и анализа данных в QGIS до захватывающей визуализации и интерактивных возможностей в Unity Engine. Такая интеграция позволяет пользователям получать более глубокие знания, принимать обоснованные решения и эффективно передавать сложную пространственную информацию с помощью визуально привлекательных и интерактивных средств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лисицкий Д. В., Комиссарова Е.В. Новый аналого-цифровой метод формирования и использования картографического отображения геопространства с применением мультимедийных средств // InterCarto. InterGIS. ГИС-поддержка устойчивого развития территорий: Материалы международной конференции. Москва: Издательство Московского университета, 2020. Т. 26, № 1. – С. 361–374. – DOI 10.35595/2414-9179-2020-1-26-361-374.
2. К. С. Батырова, Я. Г. Пошивайло История дополненной реальности и перспективы ее применения в картографии, [Текст] / Я. Г. Пошивайло, К. С. Батырова // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26. – № 5. – С. 99–107
3. К. С. Батырова, Я. Г. Пошивайло Разработка картографического AR-приложения: основные этапы и возникающие проблемы // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIX Международный научный конгресс, 17–19 мая 2023 г., Новосибирск : сборник материалов в 8 т. Т. 1: Международная научная конференция «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск : СГУГиТ, 2023. № 2. – С. 111–116 с.

4. Пошивайло Я.Г., Батырова К.С. Анализ и систематизация технических средств и технологий дополненной реальности в картографии // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2024. – Т. 335. – № 3. – С. 154–162. DOI:
5. Pavelka K Jr., Landa M. Using Virtual and Augmented Reality with GIS Data // *ISPRS International Journal of Geo-Information*. – 2024. – Vol. 13, № 7. – P. 241. – DOI 10.3390/ijgi13070241.
6. Karcher A., Arnold D., Kuhlenkötter B. Quality methods in virtual and augmented reality with a focus on education: a systematic literature review // *Management Review Quarterly*. – 2024.
7. Сукачева Д.П., Пирогова М.А. Дополненная реальность для разработки интерактивных описаний лабораторных работ // Сборник трудов Международной научно-технической конференции. – Москва, 2020. – С. 218-219.
8. *Топографические карты Генштаба / Карты листа О-41 (Екатеринбург) / Карты масштаба 1:200000 (двухкилометровки) / Лист О-41-IX, Андриюшино* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://varvar.ru/top/o-41/o-41-IX.html>
9. *Официальный сайт Unity* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://id.unity.com/ru/conversations/00a08144-4e9d-489d-a7ae-1e697f6e9061008f>
10. *Официальный сайт Inkscape* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://inkscape.org/ru/>
11. *Официальный сайт Quantum GIS* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://qgis.org/ru/site/>
12. *Официальный сайт Vuforia* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://developer.vuforia.com/vui/auth/login?url=node%2F4815019>
13. *Официальный сайт EarthExplorer* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://earthexplorer.usgs.gov/>
14. Alekhya V., Jose S., Lakhanpal S., Khan I., Paul S., Mohammad Q. *Integrating Augmented Reality in Architectural Design: A New Paradigm* // *E3S Web of Conferences*. – 2024. – P. 505.
15. Gobbetti, E., Marton, F., Remondino, F. (Eds.) *3D Reconstruction and Augmented Reality: Proceedings of the 4th International Symposium on 3D Reconstruction and Augmented Reality in Archaeology and Cultural Heritage* // CRC Press. – 2016.
16. Huang W., Xiang H., Li Sh. The application of augmented reality and unity 3D in interaction with intangible cultural heritage // *Evolutionary Intelligence*. – (2019). – № 17. – P. 1-9.
17. Miracle A., Joy A., Damola P., Adebowale A. *AUGMENTED REALITY (AR) AND AI INTEGRATION IN GEOSPATIAL VISUALIZATION* // *The International Executive*. – 2024. – P. 1–13.
18. Xiao, J., Li, Q., Ma, L., & Zhang, F. Augmented reality applications for geospatial data visualization and analysis // In 2018, the 9th International Workshop on Computer Science and Engineering (WCSE) – 2018.

© К. С. Батырова, А. А. Нестерчук, И. А. Никулин, К. А. Есипова, 2025

К. Д. Антонников, К. Д. Кайгородов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУТ)

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА «ВИРТУАЛЬНЫЙ МУЗЕЙ» В СРЕДЕ UNREAL ENGINE

В последние годы виртуальная реальность и новые технологии играют весомую роль в образовании и культуре. Проект «Виртуальный музей» нацелен на создание инновационного пространства, где пользователи смогут погрузиться в уникальные экспозиции, прямо со своего компьютера. Используя среду разработки Unreal Engine, мы предлагаем не только обзорные экскурсии, но и возможность интерактивного взаимодействия с объектами, что позволяет пользователям получить новые знания и опыт.

С развитием технологий музеи сталкиваются с новыми вызовами и возможностями, под которые им необходимо адаптироваться.

Многие музеи начали оцифровывать свои коллекции, создавая базы данных с изображениями и подробной информацией о каждом экспонате. Это позволяет не только сохранить культурное наследие, но и сделать его доступным для широкой аудитории через интернет.

Для удобства посетителей, крупные музеи заказывают разработку мобильных приложений. С помощью таких приложений посетители могут получать дополнительную информацию о экспонатах, рекомендации по маршруту, а также участвовать в играх и квестах, что делает посещение музея более увлекательным.

Для тех, кто не может посетить музей, по каким-либо причинам, внедряются образовательные программы с использованием онлайн-технологий, таких как онлайн-курсы и вебинары. Это позволяет предоставить доступ к знаниям широкой аудитории и способствует более глубокому пониманию выставленных экспонатов.

Успех внедрения новых технологий зависит от уровня подготовки сотрудников музеев. Необходима постоянная подготовка и обучение персонала, чтобы они могли эффективно использовать новые инструменты и адаптироваться к изменениям.

Виртуальный музей ArtHistory представляет собой инновационное пространство, где посетители могут исследовать культурные и исторические объекты без необходимости физического присутствия. ArtHistory предлагает интерактивный опыт, позволяя пользователям перемещаться по секциям, которые разбиты на залы, в которых собраны различные экспонаты, а также переносится в то время, когда эти экспонаты «проживали свою жизнь». Рассматривать экспонаты с разных сторон и получать дополнительную текстовую или аудиоинформацию о каждом экспонате. Виртуальная реальность открывает новые горизонты для сохранения культурного наследия, делая его доступным для широкой аудитории независимо от их местоположения. Это особенно важно в условиях ограниченного доступа к

реальным музеям, вызванного пандемиями или географической удаленностью. Виртуальные музеи также позволяют создавать уникальные экспозиции, которые в реальной жизни смоделировать может быть крайне проблематично, объединить объекты из разных уголков мира в одном пространстве, что делает эту область невероятно интересной и перспективной для развития.

Виртуальный музей ArtHistory имеет ряд преимуществ перед физическими музеями и выставками:

- виртуальный музей может быть доступен для любой аудитории в любой точке мира, разрушая физические и географические барьеры;

- пользователи могут взаимодействовать с экспонатами, получать дополнительную информацию.

- возможность интеграции текстовых, аудио и видеоматериалов, что способствует более глубокому пониманию искусства и культуры.

- использование технологий Unreal Engine обеспечивает высокое качество графики и визуальные эффекты, приближая опыт к реальному посещению.

- виртуализация редких и уязвимых объектов искусства помогает сохранить их для будущих поколений.

Эти преимущества делают виртуальный музей ArtHistory не только современным и доступным инструментом для распространения искусства, но и мощным средством для образования, сохранения культурного наследия и взаимодействия с аудиторией.

В рамках проекта вы сможете погрузиться в среду обитания доисторических видов, например понаблюдать за плезиозаврами, как представлено на рисунке 1.



Рис. 1. Плезиозавр в виртуальной среде обитания

В ходе разработки виртуального музея возникла необходимость декомпозиции интегрированного материала, из-за чего появилось понятие секций. Секция – это раздел, который объединяет в себе уровни по различным признакам. В результате были выделены следующие секции: История, Доисторический мир и Галерея.

История – продемонстрирует различные исторические события, которые формировали историю человечества.

Доисторический мир – покажет различных животных, которые населяли нашу планету ещё до появления человека.

Галерея – объединит в себе произведения искусства, которые, возможно, уже никогда не удастся увидеть вживую, а также различные скульптуры, архитектурные объекты, музыку и многое другое.

На разработку секции «Доисторического мира» было отведено около двух месяцев, и в результате были созданы пять комнат:

- среда обитания плезиозавра;
- среда обитания тираннозавра;
- среда обитания мамонта;
- среда обитания саблезубого тигра;
- среда обитания птеродактиля.

Примеры локаций из секции «Доисторического мира» можно увидеть на рисунках 2 и 3.



Рис. 2. Локация со средой обитания мамонтов



Рис. 3. Локация со средой обитания мамонтов птеродактилей

Были применены технологии blueprint для реализации системы быстрого перемещения по музею и доступа к информационной карте [2].

Также были применены Niagara system для реализации систем частиц, таких как, например, снег и огонь [3].

Для нахождения различных объектов и материалов был использован плагин Quixel Bridge Plugin [4].

В ходе разработки и реализации проекта виртуального музея на платформе Unreal Engine мы стремились создать уникальное пространство, которое объединяет искусство, культуру и современные технологии. Виртуальный музей представляет собой не только доступный контент для широкой аудитории, но и интерактивное взаимодействие с произведениями искусства, которое доставляет новые впечатления и знания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

2. Epic Games. Datasmith. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.unrealengine.com/en-US/datasmith> (дата обращения: [28.10.2024]).

3. Epic Games. Programming and Scripting Blueprints. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.unrealengine.com/4.26/en-US/ProgrammingAndScripting/Blueprints/> (дата обращения: [28.10.2024]).

4. Epic Games. Niagara Overview. [Электронные ресурсы]. Режим доступа: <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/overview-of-niagara-effects-for-unreal-engine> (дата обращения: [28.10.2024]).

5. Epic Games. Quixel Bridge Plugin for Unreal Engine. [Электронные ресурсы]. Режим доступа: <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/quixel-bridge-plugin-for-unreal-engine> (дата обращения: [28.10.2024]).

© К. Д. Антонников, К. Д. Кайгородов, 2025

С. Е. Иванов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

ИССЛЕДОВАНИЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ГОРНОГО И ВСХОЛМЛЕННОГО РЕЛЬЕФА ПО РАСТРОВЫМ КАРТАМ

Как известно, трехмерные модели активно применяют в строительстве, архитектуре, в сельском хозяйстве, медицине, образовании, при осуществлении мониторинга и управления объектами, в том числе в туризме [1].

Цифровую модель рельефа (ЦМР) представляют в виде: структурных линий (изолиний с постоянным или переменным шагом); регулярной или нерегулярной сетки (матрицы). И в процессе 3D - моделирования выполняется интерполяция и визуализация поверхности. При интерполяции применяют следующие методы: Делоне; Кригинга; Шепарда; полиномиальное и кусочно-полиномиальное сглаживание [2, 3].

Считают, что одна из проблем 3D-моделирования рельефа является поиск способа создания качественной поверхности территории по минимальному количеству рельефных точек [2].

Отмечают, что метод Кригинга позволяет сформировать качественную ЦМР даже тогда, когда низкая плотность исходных точек рельефа. Несмотря на имеющие успешные разработки в рассматриваемой научной и практической области вопрос поиска оптимального способа векторизации рельефа при создании 3D- карт, проработан недостаточно полно [2, 3, 4, 5].

В этой связи работа, посвященная 3D-моделированию рельефа по аналоговым растровым картам, является актуальной.

Целью работы является исследование подходов векторизации рельефа по аналоговым растровым картам.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- анализ методики создания ЦМР в геоинформационной системе Surfer;
- разработка компьютерной технологии 3D-моделирования с помощью геоинформационных систем MapInfo и Surfer;
- исследование способов векторизации горного рельефа по растровой карте.

В качестве объекта исследования были выбраны карта масштаба 1:200 000 на территорию села Малая Сья, Ширинский район, Республики Хакасия и фрагмент карты масштаба 1:25 000 всхолмленной территории. На первой карте высота сечения рельефа составляла $h_p = 20,0 м$, а на второй - $h_p = 5,0 м$.

Предметом исследования является разработка подхода векторизации горного и всхолмленного рельефа для 3D моделирования поверхности.

Методами исследования являлись геоинформационный, картометрический, Кригинг и статистический.

Гипотеза работы заключается в том, что применение метода Кригинга при создании цифровой модели рельефа позволит сократить объем векторизации го-

ризонтей по растровым картам с минимальными потерями точности 3D модели поверхности.

Карта масштаба 1:200 000 на территорию Малая Сья была получена с помощью SAS Planet, а учебная карта масштаба 1:25 000 была отсканирована с разрешением 600 dpi. Затем произвели трансформирование с помощью программного модуля Кредо Transform.

Векторизацию выполнили в геоинформационной системе MapInfo с помощью команды «Символ». Здесь следует отметить, что геоинформационная система Surfer [6] обладает возможностью векторизации карт, но этот инструмент не очень удобный при большом объеме рельефных точек, а также затруднительно реализовать качественный контроль векторизации.

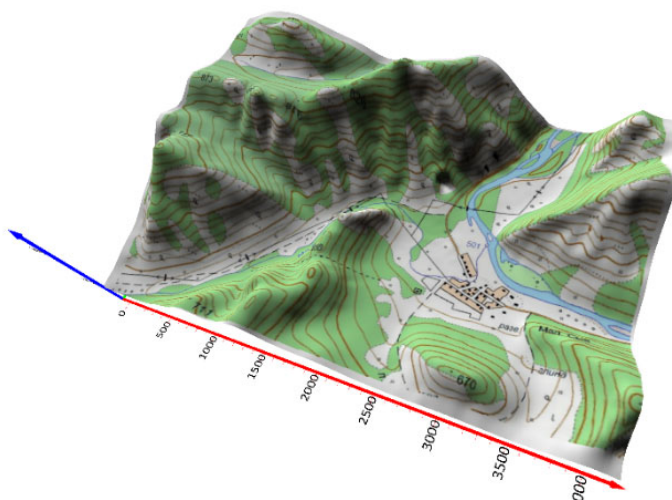


Рис. 1. 3D базовая модель рельефа карты масштаба 1:200 000

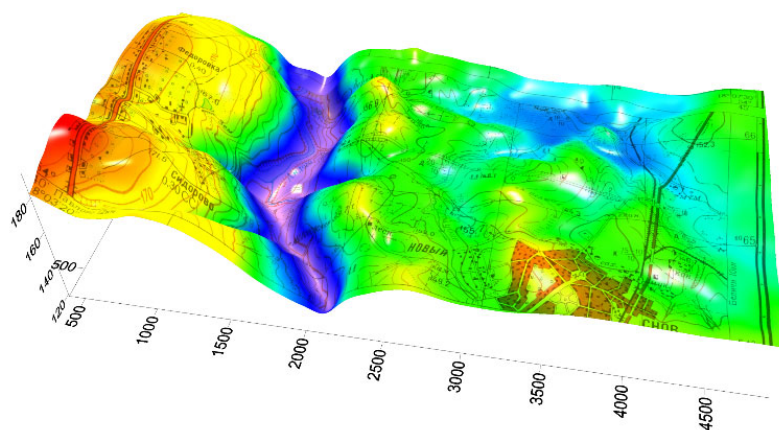


Рис. 2. 3D базовая модель рельефа карты масштаба 1:25 000

В процессе эксперимента для каждой карты была создана базовая (эталонная) модель. Здесь векторизация всех основных горизонталей осуществлялось с

высокой степенью плотности. Общее количество рельефных точек для карты масштаба 1:200 000 составило 3148, а для масштаба 1:25 000 – 2795. 3D базовые модели, совмещенные с растровыми картами представлены на рис. 1 и 2.

Далее создали четыре варианта модели для карты масштаба 1:200 000 и три модели для карты масштаба 1:25 000 путем исключения горизонталей из процесса векторизации, т.е. с шагом векторизации равный высоте сечения рельефа h_p (Таблица 1 и 2) Векторизация рельефа в пятом варианте и четвертом для первой и второй карты соответственно производили в следующем порядке:

- вершина горы (холма);
- основание вершины горы (холма);
- подножье горы (холма);
- создание структурных линий по характерным местам рельефа и формам: седловина, лощина, тальвеги, обрывы, промоины.

В таблице 1 и 2 этот вариант векторизации обозначен 4*.

Оценку подходов векторизации выполнили путем сопоставления трех координат равномерной сетки [6], полученная в базовой модели с соответствующим вариантом векторизации модели.

Общее количество узлов сетки в вариантах моделей для первой карты составило 7000, а для второй – 5300. По отклонениям рассчитали средние квадратические погрешности абсцисс (m_x), ординат (m_y) и отметки (m_H) (Таблица 1 и 2).

Таблица 1

Результаты исследования векторизации горного рельефа

№	Кол-во рельеф. точек	Шаг векторизации, h_p	Средняя квадратическая погрешность, м			$\frac{m_H}{h}$, %	Коэффициент вариации, %
			X	Y	H		
1	2401	2	0.3	0.6	2.4	12	21
2	1941	2,5	0.3	0.6	2.4	12	21
3	1482	3	0.4	0.8	5.8	29	29
4	1199	3,5	0.4	0.8	8.8	44	31
5	1085	4*	0.4	0.8	8.6	43	31

Из таблицы 1 следует, что средняя квадратическая погрешность планового положения ЦМР по отношению к базовой модели не превышает 0.5 % от точности отображения нечетких контуров на первой карте.

В первой и второй модели средняя квадратическая погрешность не превышает 12 % векторизации горизонталей с шагом $(2-2,5)h_p$, т.е. не приводит к существенному снижению качества 3D-модели поверхности. При этом объем работы соответственно уменьшается на 30 и 60 %. Дальнейшее уменьшение количества рельефных точек приводит к существенному снижению качества 3D-мо-

дели поверхности. В варианте векторизации 4* приводит к сокращению объема векторизации в 2,9 раза, чем в базовой модели, а точность понижается на 43 %.

Также следует отметить весьма важный момент: вариационный ряд изменчивости отклонений для всех вариантов векторизации относительно базовой модели является значительной.

Анализ результатов исследования всхолмленной местности, представленная на второй карте (Рис. 2) показал, что точность ЦМР в плане понижается в зависимости от шага векторизации от 22 до 61 % от точности отображения нечетких контуров. И по высоте ЦМР становится грубее на 28 – 110 % относительно h_p (Таблица 2).

Таблица 2

Результаты исследования векторизации всхолмленного рельефа

№	Кол-во рельеф. точек	Шаг векторизации, h_p	Средняя квадратическая погрешность, м			$\frac{m_H}{h}$, %	Коэффициент вариации, %
			X	Y	H		
1	1966	2	3,3	2,1	1,4	28	6
2	1583	3	3,3	4,9	2,9	58	24
3	932	4	3,3	10,2	5,5	110	32
4	1500	4*	3,3	0,0	1,2	24	3

В четвертом (4*) варианте векторизации горизонталей наблюдается повышение точности в 1,2, 2,4 и 4,6 раза, чем соответственно в первом, во втором и третьем вариантах векторизации. И этот вариант позволяет сократить объем векторизации в 1,9 раза по отношению к базовой модели.

Анализ значений коэффициентов вариации показывает, что изменчивость отклонений для первого и четвертого (4*) варианта векторизации относительно базовой модели является незначительной, а для второго и третьего – значимо (Таблица 2).

На основании результатов исследования применения метода Кригинга при создания цифровой модели рельефа можно сделать следующие выводы:

– при сокращении объема векторизации горного рельефа в 1,3 – 1,6 раза точность 3 D модели поверхности понизиться на 12 %. При этом изменчивость вариационного ряда отклонений от модели рельефа на карте будет неоднородно;

– при сокращении объема векторизации всхолмленного рельефа в 1,4 – 1,9 раза точность 3 D модели поверхности понизиться на 24–28 %. При этом изменчивость вариационного ряда отклонений от модели рельефа на карте будет однородно;

– векторизация отдельных элементов форм рельефа и структурных линий вместо векторизации горизонталей можно рекомендовать для всхолмленного рельефа.

Таким образом, метод Кригинг позволяет сократить объем векторизации при формировании цифровой модели рельефа с минимальными потерями в точности.

Научная новизна работы заключается в методических рекомендациях по векторизации горного и всхолмленного рельефа.

Полученные модели могут быть использованы на практических занятиях по географии, топографии и картографии.

Дальнейшие исследования могут быть в области поиска научно-технического обоснования выбора метода и фильтров от характера рельефа и качества исходных данных для моделирования ЦМР.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Усенков, Д. Ю. 3D-технологии в сфере туризма / Д. Ю. Усенков // Научный вестник МГИИТ. – 2015. – № 5(37). – С. 45-55.

2. Хлебникова Т. А. Моделирование и пространственный анализ в ГИС. Цифровое моделирование трехмерных видеосцен [Текст] : учебно-метод. пособие. – Новосибирск : СГГА, 2014. – 61 с.

3. Хромых В.В., Хромых О.В. Цифровые модели рельефа: учеб.-метод. пособие. – Томск: «ТМЛ-Пресса», 2007. – 178 с.

4. Аманова А. К., Широкова Т. А., Комиссаров А. В. Разработка методики трехмерного моделирования объектов ситуации и рельефа городской территории по данным наземного лазерного сканирования г. Томска // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2010. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-metodiki-trehmernogo-modelirovaniya-obektov-situatsii-i-reliefa-gorodskoy-territorii-po-dannym-nazemnogo-lazernogo> (дата обращения: 12.04.2024).

5. Елшина Т. Е., Кокорина И. П., Сысоев А. В. Создание и использование 3D-модели горного рельефа для геоинформационного обеспечения туризма// Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2021. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sozдание-i-ispolzovanie-3d-modeli-gornogo-reliefa-dlya-geoinformatsionnogo-obespecheniya-turizma> (дата обращения: 07.04.2024).

6. Силкин К.Ю. Геоинформационная система Golden Software Surfer 8: учеб.-метод. пособие для вузов. – Воронеж: Воронежский государственный университет: Изд-во –полиграфический центр, 2008. – 66 с.

© С. Е. Иванов, 2025

ИНТЕГРАЦИЯ КЛАССИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ ИИ В АРЕНА-ШУТЕРЕ

В основе арена-шутеров, таких как Quake, лежит уникальная физическая модель движения персонажа, которая стала визитной карточкой жанра. Она обеспечивает не только высокий темп игры, но и глубину благодаря таким техникам, как *strafe-jumping*. Во множестве игровых движков лежит уже реализованная модель перемещения персонажа с реалистичным поведением. Из-за попыток точного следования базовым правилам возникают проблемы при попытках адаптации классической физики Quake. Стандартные физические системы движка не учитывают такие аспекты, как управление ускорением через углы движения или компенсация трения в прыжках, потому необходимо модифицировать физический движок, либо симулировать похожее поведение с помощью имеющихся инструментов движка.

Для этого жанра игр свойственно упрощенное, но прямое соответствие в восприятии аватара и игрока. Ключевая структурная характеристика этого отождествления – упрощение окружающего пространства. Набор возможностей сравнительно небольшой, и набор типов объектов для применения этих возможностей тоже невелик. Эти типы объектов, как правило, сами по себе обладают некоторыми заранее заданными возможностями. Как правило, ожидаем увидеть в шутерах от первого лица следующие ситуации и условия:

- центральная фигура аватара, с которой игрок, будет сильно ассоциировать себя (потому что видит мир глазами этого персонажа);
- перемещение по опасной или неизученной среде;
- набор враждебных агентов, удаление которых из окружающего пространства – основной краткосрочный акт игрового процесса;
- относительно линейная история, в ходе развития которой игроку предлагается решить некий конфликт;
- способности передвигаться, менять направление взгляда, прыгать, бегать, приседать, красться и стрелять;
- большой выбор способов удалять агентов из окружения.

Приняв все это во внимание, мы можем провести прямую линию от DOOM к более современным воплощениям вышеописанных принципов. Однако с точки зрения дополнительных возможностей даже в этом списке игры различаются [1].

Начать нужно с анализа физической модели игры и адаптации кода физики Quake под возможности Unreal Engine 5.

Расчёты начинаются с преобразования движений в «желаемое направление» (*wish dir*), которое использует скалярное произведение значений векторов движения вбок и значений векторов движения вперёд и нормализует результат (Рис.1).

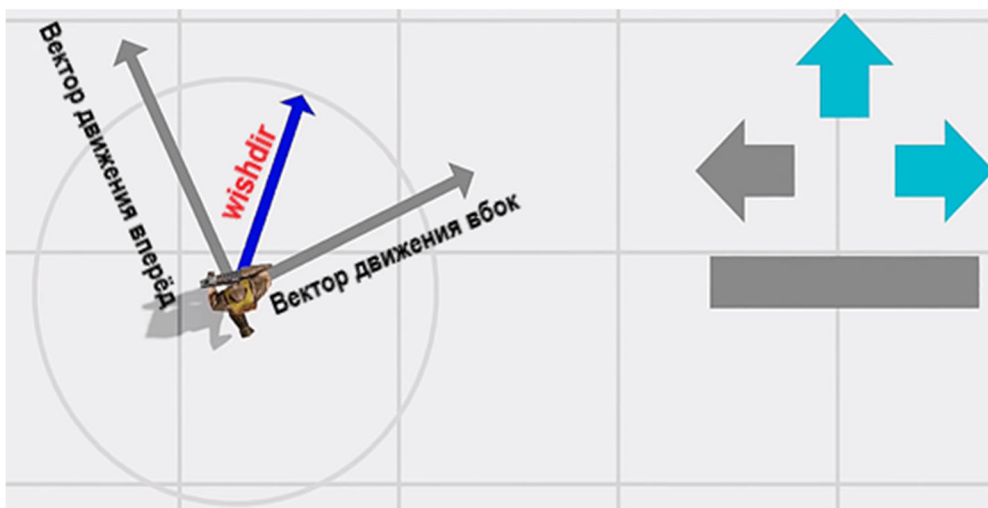


Рис. 1. Построение вектора wishdir

Добавляемая скорость рассчитывается как проекция вектора ускорения на wish dir. Это позволяет игроку управлять ускорением с помощью манипуляций мышью и использования техники «Strafe jump» (Рис. 2).

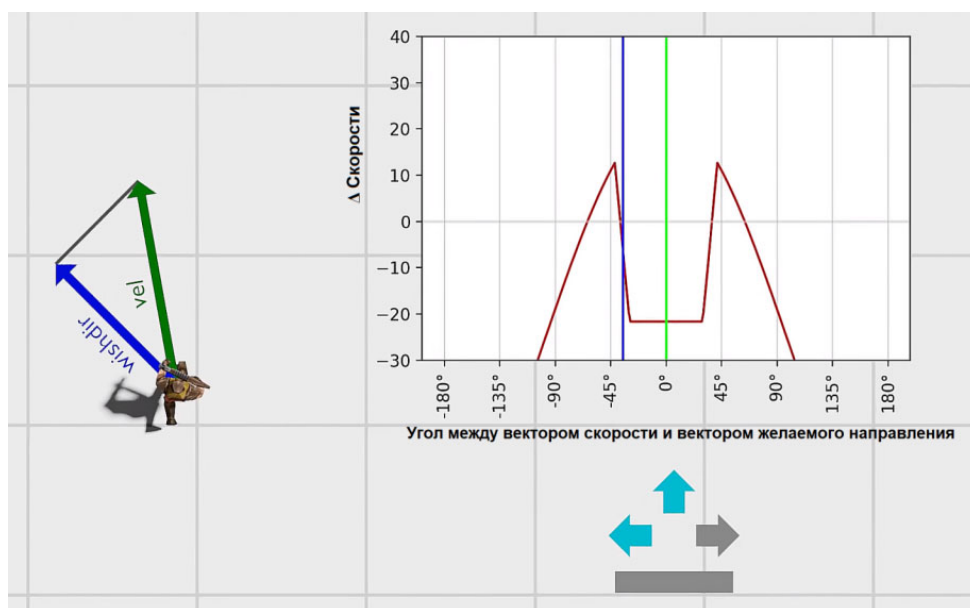


Рис. 2. График зависимости угла между wishdir и vel

«Strafe Jump» позволяет набирать скорость за счет сопровождаемого своевременными прыжками поворота мыши и нажатий на клавиши передвижения в сторону перемещения мыши при падении. Такая физическая модель передвижения персонажа открывает бездну возможностей в левел-дизайне. Однако, высокая набираемая скорость достигается при падении персонажа, потому при касании земли она теряется (Рис. 3).

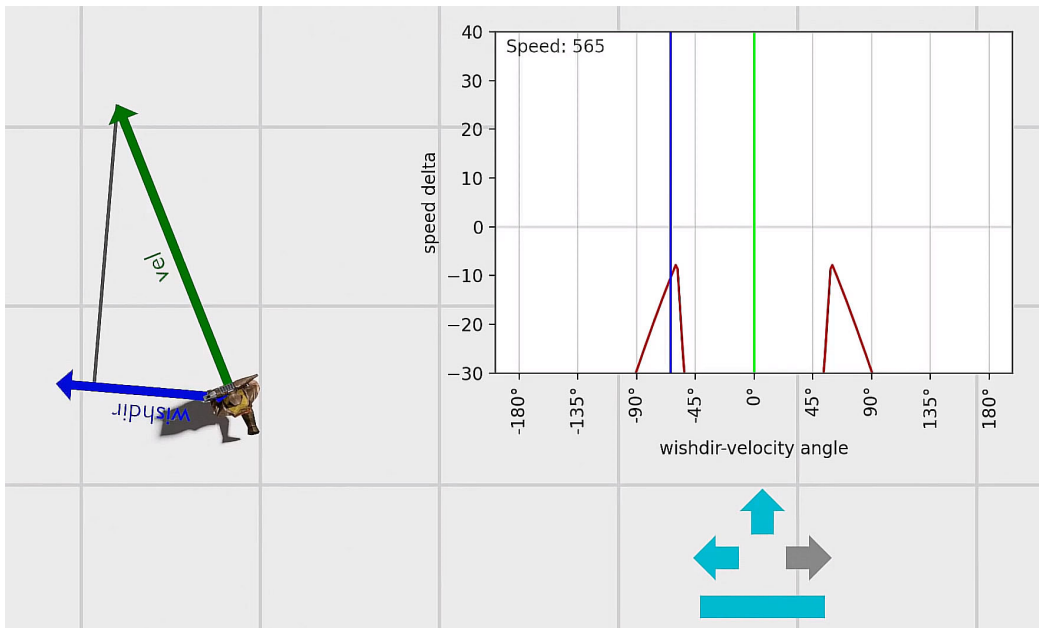


Рис. 3. Потери набираемой скорости при касании земли

В проекте реализована физическая модель перемещения персонажа путём использования blueprint. Был создан вектор wishdir, создан алгоритм для расчёта набираемой скорости (Рис.4), упрощено использование strafe jump за счёт обеспечения возможности оставлять в «буфере» прыжок в любой момент.

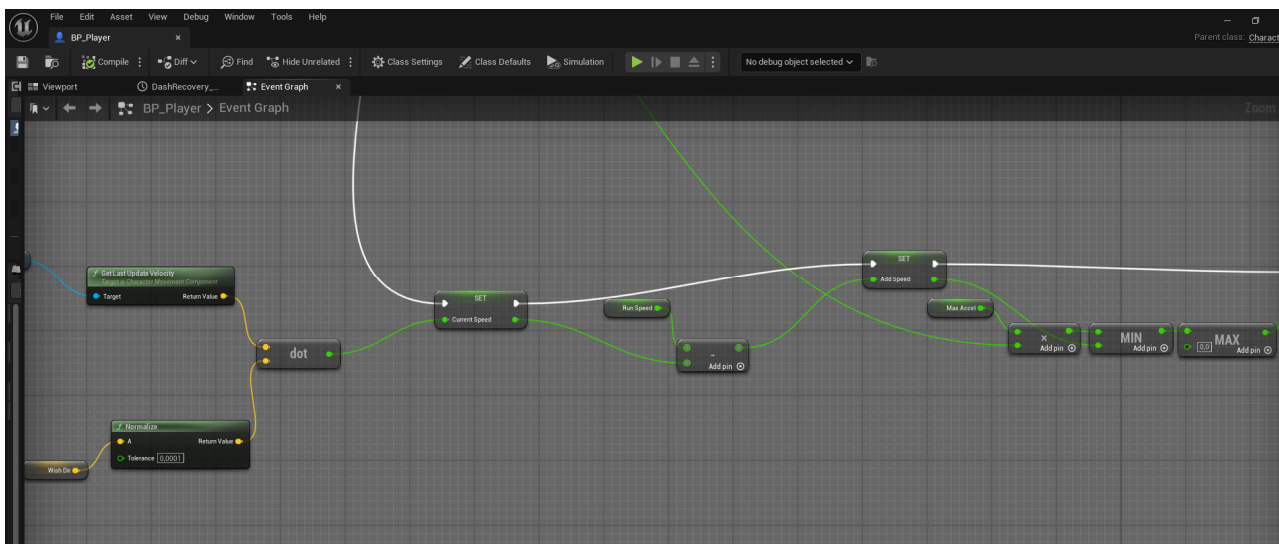


Рис. 4. Алгоритм для расчёта набираемой скорости

Основная задача ИИ – наполнение игрового мира, создание живой и динамичной среды. ИИ помогает создавать игровые циклы(геймлуп), включающий в себя вышеперечисленные требования к игре подобного жанра.

Для реализации патрулирования я использовал Spline – набор точек, по которым перемещается агент, логику которого можно описать с помощью Behavior Tree (Дерево поведения). Также был реализован базовый класс противника с компонентом AIcontroller, чтобы управлять им через ИИ (Рис. 5)

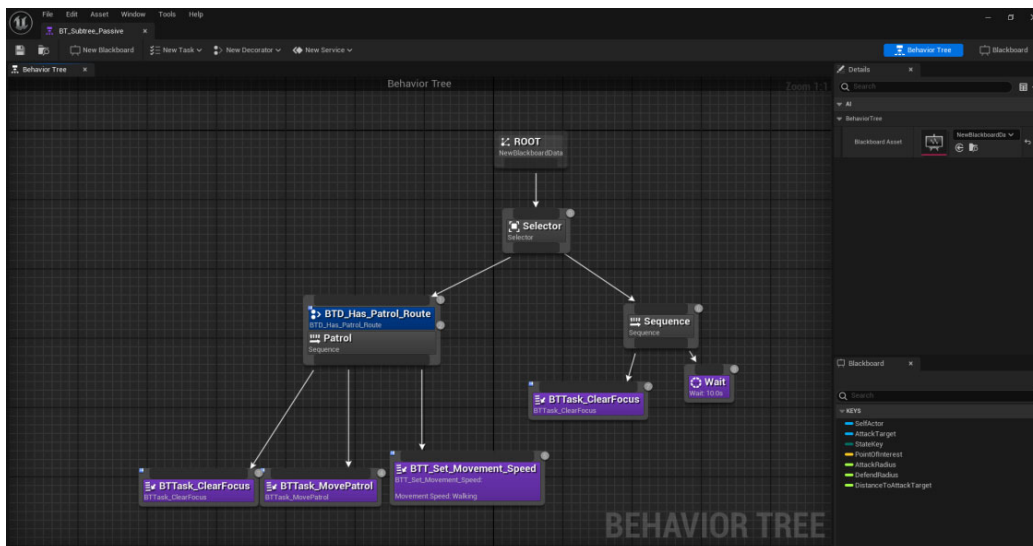


Рис. 5. Дерево поведения для патрулирования

Для обнаружения игрока использован компонент AI Perception, данный компонент позволяет реализовывать для ИИ персонажей аналоги человеческих чувств, таких как зрение и слух. С подобной системой ИИ будет искать персонажа пользователя в виртуальном пространстве, в радиусе виртуальной видимости и слышимости, при этом будет учитываться множество факторов, от наличия перекрывающих объектов на дистанции обнаружения, до возможного шума от действий персонажа пользователя или передвижения по разным поверхностям (Рис. 6)



Рис. 6. Отладка AI Perception

В классе противников были реализованы различные функции атаки, например для противника ближнего боя – атака на маленькой дистанции и атака в прыжке для сокращения дистанции (Рис.7).

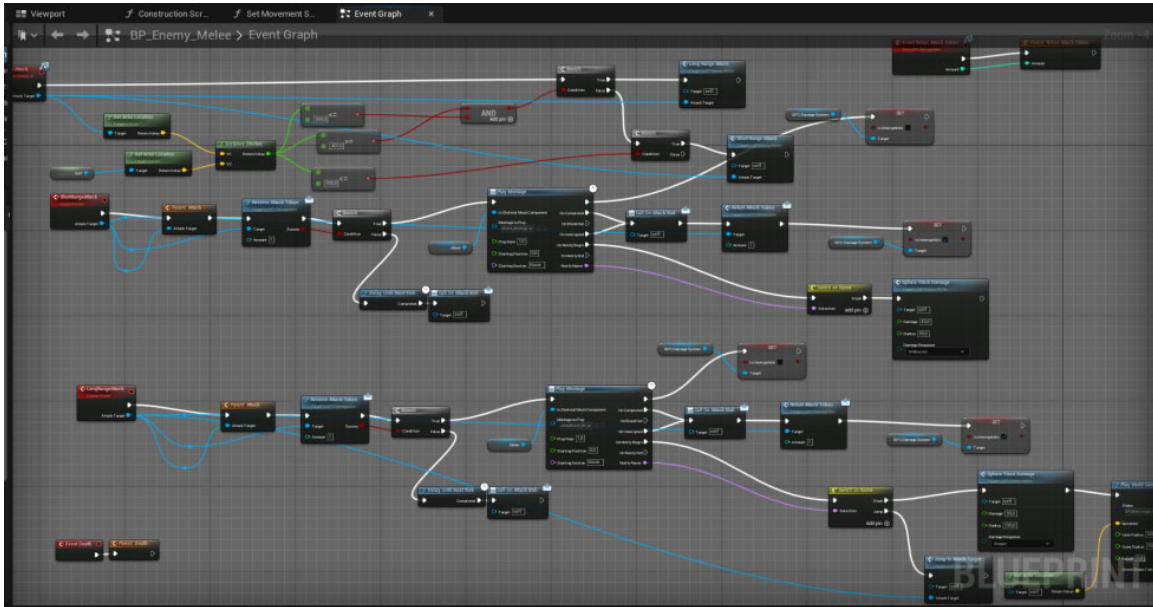


Рис. 7. Реализованная в Blueprint функция атаки

С помощью деревьев поведения удалось реализовать логику для 4 типов противников, а также контекстное поведение в зависимости от обстановки.

Каждый из представленных ИИ персонажей имеет свои уникальные характеристики, дистанцию обнаружения и способы взаимодействия с персонажем игрока.

Подобная система способна заинтересовать потенциального пользователя разнообразием возможных способов взаимодействия (Рис.8).

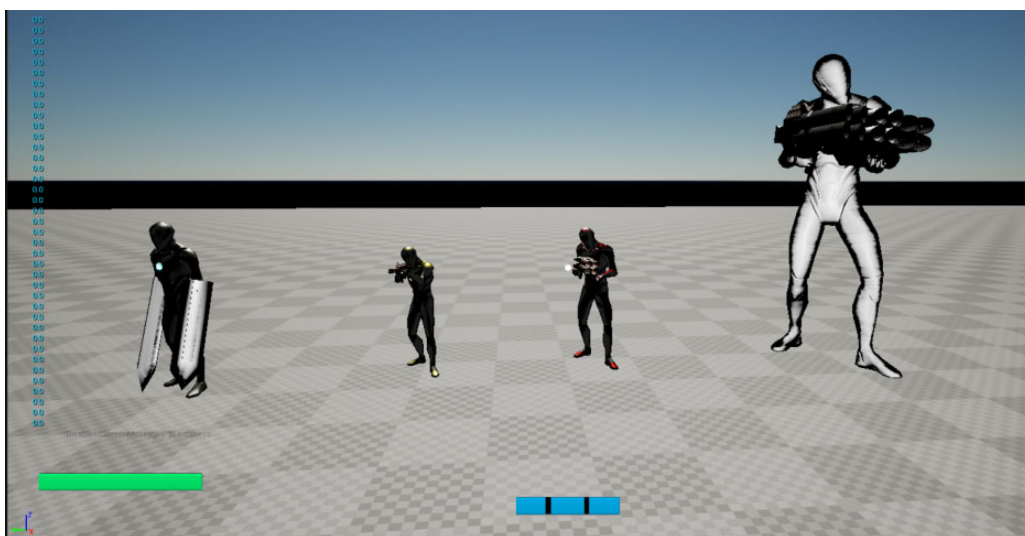


Рис. 8. Различные типы противников

В ходе работы удалось получить большой, масштабируемый фреймворк для создания проекта в стилистике шутера. В рамках последующей работы планируется доработка механик, оптимизация моделей поведения ИИ и добавление новых типов персонажей. Также для улучшения опыта взаимодействия планируется разработка более качественных моделей персонажа и окружения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пинчбек, Дэн. DOOM. Как в битвах с демонами закалялся новый жанр / Дэн Пинчбек ; [перевод с английского М.Бочарова и др.]. — Москва : Эксмо, 2021. — 368 с. — (Легендарные компьютерные игры). ISBN 978-5-04-114255-1

2. Куксон, Арам. Разработка игр на Unreal Engine 4 за 24 часа / Арам Куксон, Райан Даулингсока, Клинтон Крамплер ; [перевод с английского М.А. Райтмана]. — Москва : Эксмо, 2019. — 528 с. : ил. — (Мировой компьютерный бестселлер. Геймдизайн). ISBN 978-5-04-103162-6

3. The code behind Quake's movement tricks explained (bunny-hopping, wall-running, and zig-zagging)// [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://www.youtube.com/watch?v=v3zT3Z5apaM> (дата обращения: 20.11.2024).

© М. А. Родыгин, 2025

П. Ф. Бжицких, А. А. Шрамков, В. П. Цыплаков

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ В МАРКЕТИНГЕ

3D-моделирование достаточно новая сфера профессиональной деятельности. В наше время она используется в маркетинге крупных и мелких компаний, в визуализации проектов зданий, парков, городов, а также в развлекательных сферах, таких как видеоигры и кинематограф.

Рассматривая данные направления, было принято решение углубиться в сферу маркетинга и визуализацию продукции.

Рекламные компании используют 3D-визуализацию в своих проектах так как физический мир и все, что в нем наблюдается, являются трехмерным. 3D-модель товара обеспечивает восприятие всех трех его измерений, а современные онлайн-платформы предоставляют возможности для проведения виртуальных обзоров по продукту или услуге в режиме реального времени.

Пользуясь сайтами производителей товаров, 3D-модель привлекает клиентов качественной визуализацией продукции, проработанным дизайном, чем и «цепляет» взгляды современных пользователей. Находясь в поле огромного количества услуг и разнообразной продукции, клиент может не обратить внимание на устаревшие дизайнерские решения оформления товаров, в данной ситуации новый формат в виде интерактивной 3D-модели смотрится намного более выигрышно. Также, неоспоримым преимуществом является возможность анимации продукта и фона, на котором он расположен, 3D-моделирование позволяет реалистично показать продукт в любом желаемом месте, там, где провести реальную съемку проблематично или материально затратно. Сама анимация не требует больших вложений человеческого ресурса. В основном для качественного 3D-проекта требуется команда из 1 – 3 специалистов профессионального класса, которые смогут сделать свою работу на высоком уровне.

При поиске инвесторов, для стартап проектов, проще использовать 3D-визуализацию, так как можно в полной мере показать все внешние составляющие продукта и не требуется производить технически сложную модель. В качестве примера был разработан проект очков виртуальной реальности в программе Blender, который показан на рисунке 1.

В нашем проекте AR-очков использованы все преимущества 3D-визуализации, такие как наглядная демонстрация внешних и внутренних деталей, и так же представлен готовый дизайн.

Первое что хочется отметить – легкость создание сцены, окружающей продукт в программе Blender в сравнении с затратами ресурсов для съятия продукции в студийных условиях. В особенности облегчения работы с постановкой освещения, программа позволяет использовать неограниченное количество источников и дает возможность в наиболее выгодных направлениях осветить продукт.

Встроенная timeline система использована для анимации при расставлении ее ключевых кадров, которая определяет состояние настроек в данный момент времени и содержит набор параметров для указанной точки на временной шкале в необходимых местах. Это позволило досконально расставить каждую деталь продукта, анимировать движение и показать важные составляющие части модели.



Рис.1. 3D-модель очков виртуальной реальности

© П. Ф. Бжицких, А. А. Шрамков, В. П. Цылаков, 2025

А. В. Пономарёв

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

МЕТОД СОЗДАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ФРЕСОК И ЛЕПНИНЫ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОПТИМИЗАЦИЕЙ

Современное программное обеспечение значительно развивается в области автоматизации и упрощает процесс создания трехмерных моделей окружающего мира, особенно в таких областях, как разработка игровых и мультимедийных приложений, архитектурная и медицинская визуализация. Одним из ключевых инструментов для выполнения этих задач является получение «референса» или исходного изображения, что возможно сделать с помощью камеры мобильного устройства. Фотографию возможно преобразовать в трехмерную модель с помощью встроенных инструментов программного обеспечения «Blender».

Однако полученную трехмерную модель требуется оптимизировать для использования в различных целях. В данном исследовании рассматривается возможность получения трехмерной модели из фотографии фрески или лепнины, что особенно важно для быстрого и достоверного создания моделей объектов искусства, когда в наличии только мобильное устройство.

Для проведения исследования использовалась нейросеть Stable Diffusion для создания картинке фрески, но также, можно использовать мобильное устройство, оснащенное стандартной камерой, в которой не менее 15 мегапикселей. Количество пикселей на изображении напрямую влияет на детализацию трехмерной модели, также необходимо знать точное разрешение картинке.

В этом исследовании использовалась картинка с разрешением 1024 на 1025 пикселей, чего достаточно для средней детализации. Картинку с этими параметрами возможно наложить на базовую плоскость, не меняя размер и развертку плоскости (Рис. 1).

Для преобразования картинке в геометрию нужно подразделить плоскость три раза при помощи команды «Subdivide» и наложить модификатор «Subdivision Surface» в режиме «Simple». С помощью этого модификатора каждый полигон трехмерной модели можно подразделить на меньшие части еще несколько раз. В настройках инструмента можно регулировать количество частей для деления с диапазоном от 1 до 6, это добавляет вариативности, потому что этот параметр можно менять в любое время (Рис. 2).

Общее количество шагов деления может быть любым, однако стоит учитывать, что каждая итерация увеличивает количество полигонов, а значит, при большем их количестве модель будет более детализированная, но менее оптимизированная.

Модификатор «Displace» позволяет выдавливать на высоко-полигональной трехмерной модели любую назначенную текстуру, это может быть фотография или встроенные процедурные текстуры, например, текстура шума «Noise».

После создания текстуры для модификатора «Displace» в разделе «Texture» нужно назначить исходную картинку. Далее, настраивая параметр «Strength», который используется для регулировки силы выдавливания, выполняется подбор значения, лучшим образом отражающего рельеф исходной картинку и при этом не искажающего геометрию в больших масштабах(Рис. 3).

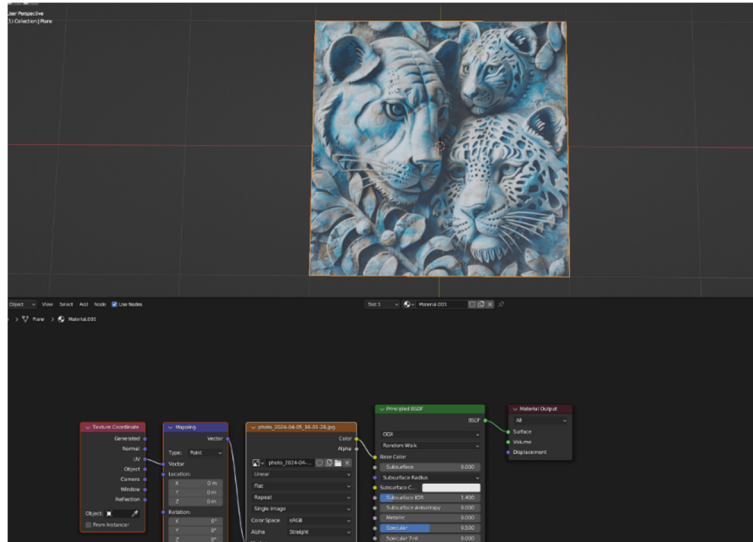


Рис. 1. Наложённая текстура



Рис. 2. Подразделение трехмерной модели

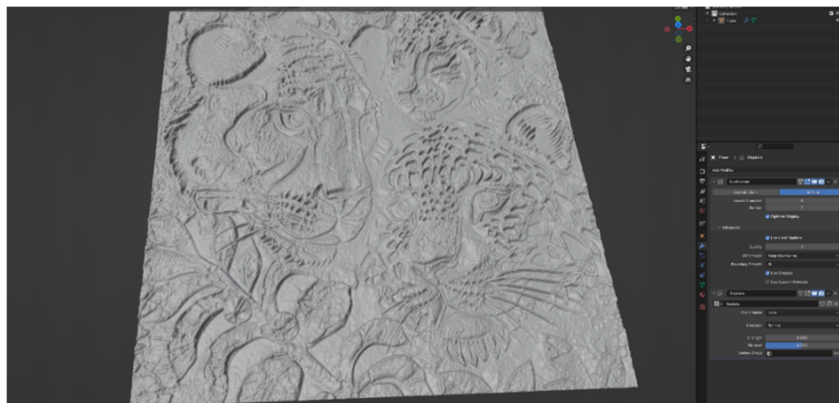


Рис. 3. Геометрическое отображение рисунка

После получения требуемого результата выполняется применение всех модификаторов на трехмерную модель. Если некоторые участки модели содержат острые грани, можно наложить модификатор «Subdivision Surface» в режиме «Catmull-Clark» и применить «Shade Smooth». Для оптимизации сетки можно использовать несколько вариантов, но в случае с подобной трехмерной моделью наиболее удобными станут «Decimate», позволяющий превратить все полигоны в треугольники. С помощью регулировки параметров этого инструмента можно уменьшать количество треугольников, тем самым сокращая количество полигонов геометрии и максимально сохраняя её детализацию. Также, если кроме оптимизации по полигонам нужна оптимизация по сетке, можно использовать встраиваемое дополнение «Quad Remesher» (Рис. 4). Это дополнение создает автоматическую ретопологию модели с более тонкими настройками, но отрицательно влияет на детализацию (Рис. 5).

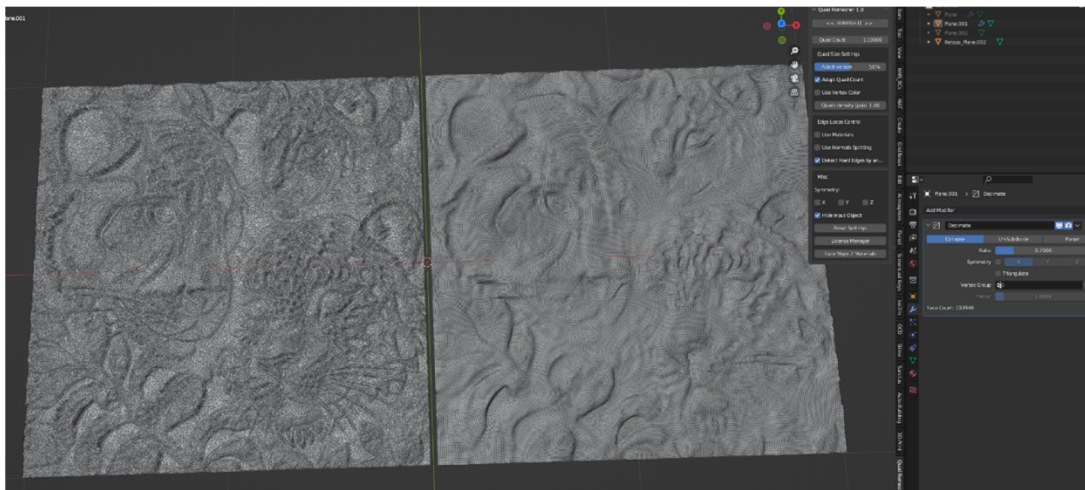


Рис. 4. Сравнение «Decimate» и «Quad Remesher»

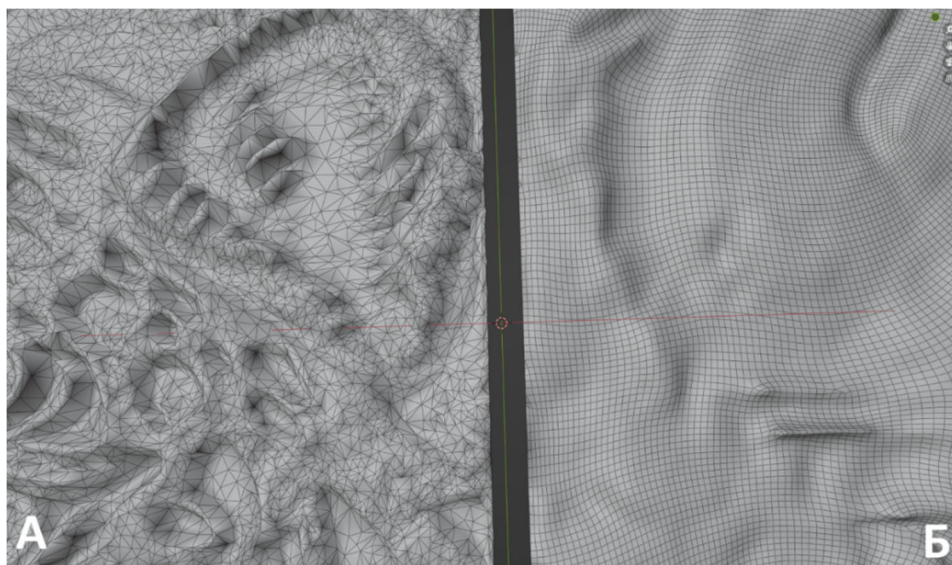


Рис. 5. Сравнение сетки после применения методов:
А) Decimate, Б) Quad Remesher

В ходе работы были рассмотрены основные инструменты и функции редактора трехмерной графики «Blender» на примере создания трехмерной модели настенной фрески по картинке. Выполнен сравнительный анализ, в том числе и в процессе использования методов оптимизации полученной трехмерной модели с помощью встроенных автоматизированных инструментов, а также сторонних дополнений для получения более оптимизированной сетки. Рассмотренные методы, использующиеся в программе «Blender», смогут оптимизировать время обработки модели, которое могло быть более затратным в другом редакторе трехмерной графики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Создание виртуальных 3D-реконструкций объектов историко-культурного наследия / В. А. Немтинов, А. Б. Борисенко, А. А. Горелов, С. В. Трюфилькин. Новосибирск: СГУГиТ, 2015. – 197 с.
- 2 Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : Материалы II Международной научно-практической конференции, Тамбов, 17–19 ноября 2015 года. Том 1. – Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, 2016. – С. 63-69. – EDN VMYHNR.
- 3 Опыт 3D-реконструкции дольменов Республики Адыгея / З. А. Цеева, М. В. Алиев, В. Р. Свистунова, В. А. Зюба // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 1: Регионоведение: философия, история, социология, юриспруденция, политология, культурология. – 2023. – № 2(319). – С. 75-82. – DOI 10.53598/2410-3691-2023-2-319-75-82. – EDN HIQIJT.
- 4 Полубоярова, Н. М. Виртуальная реконструкция караван-сарая Мечетного городища / Н. М. Полубоярова, В. И. Ершов // Труды института математики и информационных технологий Волгоградского государственного университета : Сборник статей
- 5 / Редколлегия: А.Г. Лосев (отв. ред.), А.А. Клячин, В.А. Клячин [и др.]. – Волгоград : Волгоградский государственный университет, 2022. – С. 79-84. – EDN XTSUBA.
- 6 I.A. Romanova, N.M. Poluboyarova. The Virtual Reconstruction of Historical and Cultural Heritage Monuments of the Vodyansky Settlement (2021). Scientific Visualization 13.3: 9 - 21, DOI: 10.26583/sv.13.3.02
- 7 Sommer, E., Koehl, M., and Grussenmeyer, P.: CRAFTING AND MODIFYING RHINE CASTLE MODELS WITH PARAMETRIC MODELING IN BLENDER, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLVIII-2/W4-2024, 405–412, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-2-W4-2024-405-2024>, 2024.
- 8 Calero-Castillo, A. I., Carrasco-Huertas, A., Durbán-García, M., & Durán-Suárez, J. A. (2020). Documentation and virtual reconstruction applied to the restoration of large format pictoric works: the mural canvas painting from the Zambrano pharmacy. Virtual Archaeology Review, 11(23), 141–152. <https://doi.org/10.4995/var.2020.13343>
- 9 Aparicio-Resco, P., García Álvarez-Busto, A., Muñoz-López, I., & Fernández-Calderón, N. (2021). 3D virtual reconstruction of the Gauzón Castle (Castrillón, Principado de Asturias). Virtual Archaeology Review, 12(25), 158–176. <https://doi.org/10.4995/var.2021.14940>

© А. В. Пономарёв, 2025

М. А. Клименко

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

КАК СТИЛЬ ГРАФИКИ В ВИДЕОИГРАХ ВЛИЯЕТ НА ВПЕЧАТЛЕНИЯ ИГРОКА

В настоящее время 2D/3D графика используется в великом множестве программных продуктов: от видеоигр и анимации, до систем автоматизированного проектирования. Если же при использовании САПР модели имеют практическое применение, и тем самым требуют определённые размеры и внешний вид, то в развлекательных сферах стилистика моделей может быть более свободной. В этой сфере графика также может задавать общее «настроение» или нарратив – некоторое последовательное повествование, части которого постепенно дополняют друг друга и складываются в идею, которую преподносит продукт пользователю того или иного возраста. Рассмотрим подобное явление на примере сравнения некоторых видеоигр с разным стилем. В среднем, графику в играх можно оценивать по реалистичности (правдоподобности), и стилизации под сеттинг [1].

King's Bounty: The Legend – приключенческая пошаговая стратегия в жанре фэнтези с элементами ролевой игры [2]. Играя за выбранного героя нужно выполнять внутриигровые задания встреченных персонажей и исследовать фантастический мир, как зачастую бывает в играх подобного жанра (Рис. 1).



Рис. 1. Герой возле королевского замка вне битвы

Используемые цвета яркие, формы плавные, имеется много приукрашивающих элементов, пропорции не всегда реалистичны – собор с синей крышей и за-

мок по соседству не вместят в себя столько людей, сколько должны в реальном мире. Всё это придает некоторую сказочность окружению и некоторую ассоциацию с детскими игрушками. Даже битва в склепе с костяными драконами не выглядит устрашающей, (Рис. 2).



Рис. 2. Битва в склепе с мертвецами

Таким образом, графику King's Bounty: The Legend можно оценить, как упрощённо реалистичную со стилизацией под сказку, доступную ребёнку.

Другая игра - Mount & Blade 2: Bannerlord, относится к жанру Action-RPG от первого лица с элементами стратегии, в которой игрок тоже может повести за собой армию в мире основанному на эпохе средневековья [3]. Однако здесь каждый солдат – отдельный живой человек, гибель каждого ощущается более явно, в отличие от бойцов предыдущей игры, сила армии которой выражаются лишь числом боевых единиц под моделью отряда (Рис. 3).



Рис. 3. Битва в поселении жителей пустыни

В городах и замках всё окружение имеет реалистичные цвета и пропорции, соответствующие средневековью (Рис. 4). Несмотря на обилие сражений от лица игрока, жизнь в городах и селениях вне боёв идёт размеренно и спокойно. Стиль графики реалистичный. Переменная жестокость позволяет играть в данную игру детям среднего школьного возраста.



Рис. 4. Персонаж игрока в городе

Следующей рассмотрим A Plague Tale: Innocence – приключенческий экшен с элементами хоррора [4]. Действия происходят в альтернативной средневековой Франции, охваченной загадочной смертельной чумой и нападениями сверхъестественных крыс, в которой игроку предстоит выживать и скрываться от опасностей в роли юной девушки Амниции вместе с младшим братом, которых лишили семьи (Рис. 5).



Рис. 5. Амниция с братом и встреченным сиротой в окружении крыс

Более того, Амниция может защищаться лишь пращой, оборонять себя и брата можно в основном используя хитрости и уловки. Строения и персонажи имеют реалистичные пропорции, но цвета не яркие, окружение наполнено серостью мрачностью. В игре часто встречается жестокость, поэтому игра не подходит для детей, но драматичность происходящего может быть поддержана сюжетом, в котором другие персонажи помогают спастись двум сиротам и найти надежду на лучшую жизнь (Рис. 6).



Рис 6. Нападение разбойника на брата Амниции

Рассмотрев различные варианты графики в видеоиграх, можно с уверенностью сказать, что стиль графики – достаточно важный элемент передачи событий и настроения игры, к которому нужно подходить комплексно, поскольку это влияет как на игровой опыт, так и на целевую аудиторию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kaino University Жанры игровой графики / Kaino University [Электронный ресурс] // DTF : [сайт]. — URL: <https://dtf.ru/gamedev/1502647-zhanry-igrovoi-grafiki>.
2. Fulqrum Publishing King's Bounty: The Legend / Fulqrum Publishing [Электронный ресурс] // Steam : [сайт]. — URL: https://store.steampowered.com/app/25900/Kings_Bounty_The_Legend/.
3. TaleWorlds Entertainment Mount & Blade II: Bannerlord / TaleWorlds Entertainment [Электронный ресурс] // Steam : [сайт]. — URL: https://store.steampowered.com/app/261550/Mount_Blade_II_Bannerlord/.
4. Focus Entertainment A Plague Tale: Innocence / Focus Entertainment [Электронный ресурс] // Steam : [сайт]. — URL: https://store.steampowered.com/app/752590/A_Plague_Tale_Innocence/.

© М. А. Клименко, 2025

С. В. Воронков

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет ЛЭТИ имени В.И. Ульянова (Ленина) (СПБГЭТУ ЛЭТИ)

УПРАВЛЕНИЕ МУЛЬТИРОТОРНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ В СРЕДЕ С ВНЕШНИМИ ВОЗМУЩЕНИЯМИ

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БПЛА) занимают серьёзную нишу в каждой из отраслей человека. Доставка, мониторинг, анализ, съёмка и выполнение заданий по командам – это всё, в чём может принимать в современном мире устройство, размер которого варьируется от 100 грамм до нескольких сотен килограмм. Размеры, которых могут быть от двух десятков миллиметров, достигая нескольких десятков метров.

Использование беспилотных устройств в таком массовом количестве стало возможным лишь благодаря появлению доступных и универсальных систем управления. Появление относительно недорогих полётных контроллеров (ПК) и программного обеспечения на базе открытого кода позволило каждому энтузиасту войти в мир автоматически пилотируемого полёта. Усовершенствование технологий производства, появления современных и миниатюрных микроэлектромеханических систем (МЭМС), увеличение вычислительных мощностей процессоров и микроконтроллеров для управления, а также разработке новых видов и схем летательных аппаратов (ЛА) обеспечило развитие подобных БПЛА.

Главное отличие мультироторной системы – это универсальность и простота в использовании для конечного потребителя. Человеку не нужно знать тонкости аэродинамики для управления самолётом или особенности пилотирования вертолёта, так как на борту установлена система автоматического управления, которая переводит понятные любому человеку команды для передвижения в алгоритм для управления всей системы.

Целью статьи является процесс моделирования современного БПЛА мультироторного типа в его привычной среде нахождения – т.е. в среде со внешними возмущениями. Будет рассмотрен мультироторный аппарат типа «гексакоптер» и его модель управления. Все абзацы, включая аннотацию и перечень литературы, должны быть выровнены по ширине.

Начнём с того, что гексакоптер – это мультироторный летательный аппарат, который обладает высокой маневренностью в сравнении с самолётом и вертолётom, менее затратный по обслуживанию и ремонту, что в совокупности приводит к более низкой стоимости. Поскольку большинство таких ЛА обладают значительно меньшими масса-габаритными (МГМ) размерами, его динамика становится сильно подвержена внешним погодным возмущениям.

Учитывая, что такой вид БАС появился относительно недавно, то отработка его законов управления осуществляется не только на МГМ основе, но и методами математического и компьютерного моделирования. Такой подход позволяет не только уменьшить экономическую составляющую, но и также получить САУ высокой точности и надёжности.

Основными в применении мультироторные конфигурации состоят из четного числа моторов, расположенных симметрично и имеющих противоположное направление друг с другом. Любая схема располагается на раме, которая состоит из:

- N-го числа моторов (роторов)
- Лучей (количество которых в большинстве случаев совпадает и равно числу моторов)
- Центральной части

Под конфигурацией понимается количество моторов и лучей, которое имеет ВС. От данной классификации зависят не только внешний вид, но и такие неоспоримо важные параметры для БАС как масса, грузоподъемность (тяговооруженность) и скорость полёта.

Для начала рассмотрим все популярные классификации на базе квадрокоптера, поскольку визуально так проще найти различия. На сегодняшний день популярны следующие виды (классификации) рам:

- Н; - X; - Гибрид X; - Вытянутая X; - Plus

На рисунке 1 представлены различные классификации рам.

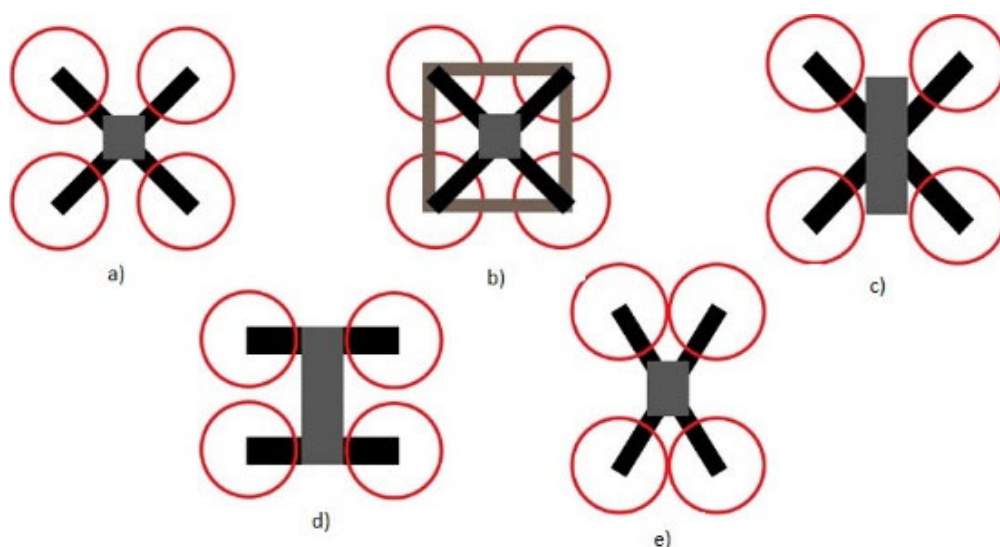


Рис. 1. Рама класса «X» (a), рама класса «квадрат» (b), рама класса «гибрид X» (c), рама класса «H» (d), рама класса «вытянутый X» (e).

Каждый из представленных классов обладает уникальными лётными характеристиками. Начиная от прочностных особенностей, заканчивая динамическими параметрами в полёте. В раме класса X рис.1 (a) главным свойством является продольно- поперечная жёсткость, поскольку составные части, образуя форму буквы X, соединяются воедино или же представляют собой полноценную деталь в виде буквы X. Это позволяет размещать все компоненты исключительно по центру, что положительно влияет на процессы регулирования и практически к отсутствию появления резонанса при полёте.

В раме типа Н рис. 1 (d) основным недостатком является то, что лучи присоединяются к центральной части в форме буквы Н. Это уменьшает жесткость всей конструкции, однако дает просторное и большое тело, в котором удобно размещать электронику. Вес распределяется по одному направлению, что не очень благоприятно влияет на инерцию по тангажу. Т.е. наклоны вперед-назад затрагивают немного больше энергии и силы по сравнению с изменением угла по крену.

Гибридный Х рис.1 (c) как класс очень схожи с классической Х, рамы имеют аналогичный тип соединения лучей, но центральная часть имеет удлиненную форму, как у Н-рамы. По летным характеристикам почти ничем не отличается от рамы типа Х.

Удлиненная Х рис.1 (e) похожа на правильный, классический «Х», однако угол между двумя передними (аналогично для задних) меньше, что добавляет маневренности всей системе.

Квадратная рама рис.1 (e) обладает схожим строением сразу с двумя конфигурациями: расположение моторов совпадает со схемой типа Н или Х, однако за счёт дополнительных рёбер жесткости, которыми соединяются концы лучей, появляется добавочная жёсткость. В результате из плюсов такая схема позволяет увеличить нагрузку на раму, а из минусов увеличится вес пустой рамы без груза.

В раме типа «Плюс» рис.1 (f) строение схоже с типом «Х», но выполнен поворот на 45 градусов по оси рысканья. В результате два луча расположены ровно спереди и сзади тела рамы по ходу движения. Конструкции мультироторных БПЛА.

Рамы могут состоять из 3, 4, 6, 8, 10 и даже больше лучей, однако возможны варианты соосного расположения двигателей на луче, но они используются реже.

На рисунке 2 представлены конструкции квадрокоптера и гексакоптера.



Рис. 2. Конструкция квадрокоптера (a) и гексакоптера (b)

Несмотря на разное количество лучей, набор электроники практически одинаковый для любого мультироторного ЛА. В составе обязательно присутствуют:

Полётный контроллер со встроенной ИИС; Датчики системы питания, включающие датчик напряжения и датчики тока; Бесколлекторный электродви-

гатель; Регулятор оборотов для двигателя (один для каждого мотора); Канал связи; Устройства для навигации (GPS/Глонасс приёмник, магнитометр); Аккумуляторная батарея.

Для описания модели используем кинематическую схему гексакоптера, как частный случай мультироторных летательных аппаратов (рис. 3). Главной особенностью данной схемы является то, что оси OX и OZ пересекают центры двигателей [1].

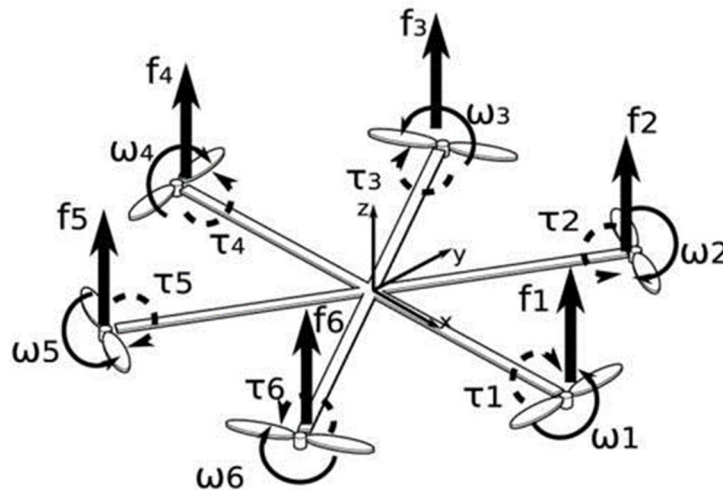


Рис. 3. Кинематическая схема квадрокоптера

Если БЛА спроектирован правильно, его центр масс находится в его геометрическом центре. На кинематической схеме оси $OXYZ$ образуют связанную систему координат, которая жестко связана с БАС, оси $O_oX_{ст}Y_{ст}Z_{ст}$ формируют стартовую систему координат, в которой находится наблюдатель; $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6$ – подъемные силы, возникающие за счет вращения соответствующих винтов со скоростями $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_5, \omega_6$; $M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6$ – реактивные моменты. Ориентация БАС в пространстве определяется тремя углами: углом рыскания ψ – углом между осью OZ и плоскостью $O_oY_{ст}Z_{ст}$, углом тангажа θ – углом между осью OX и плоскостью $O_oX_{ст}Z_{ст}$ и углом крена – углом между осью OY и плоскостью $O_oX_{ст}Y_{ст}$.

Для перемещения БАС в пространстве необходимо изменить требуемый угол (для сложного движения несколько углов). Требуемое изменение угла осуществляется подачей управляющих напряжений на двигатели, которые приводят во вращение воздушные винты. При вращении которых в результате появляются угловые скорости $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_5, \omega_6$, итогом которого формируются подъемные силы $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6$ и, как следствие, возникает результирующая подъемная сила и соответствующие моменты, которые обусловлены реактивным явлением, возникающим от вращения винтов.

Движение в вертикальной плоскости обеспечивается проекцией суммарного вектора подъемной силы P на вертикальную ось, а поворот по углу рыскания –

разностью значений угловых скоростей $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_5, \omega_6$, причем для поворота в положительном направлении необходимо, чтобы угловые скорости ω_2, ω_4 и ω_6 были больше, чем ω_1, ω_3 и ω_5 , а для поворота в отрицательном направлении – наоборот.

Другими словами, поворот по рысканию осуществляется за счет разницы реактивных моментов, которые возникают при вращении двигателей. Изменение углов ориентации обеспечивается из-за разницы в парах подъемных сил: P2, P1, P6 и P3, P4, P5 для угла крена. И сил P2, P3 и P5, P6 для угла тангажа.

Для управления гексакоптером используется ПИД регулятор. Он необходим для установки требуемого угла и высоты БАС. Принципиальная схема регулятора показана на рисунке 4.

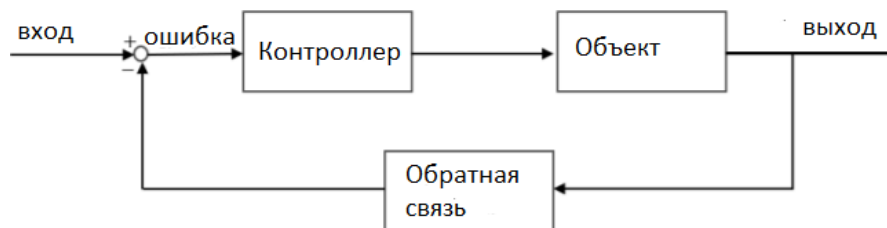


Рис. 4. Принципиальная схема регулятора

Другие виды контроллеров: ПИ контроллер; ПД контроллер; ПИД контроллер.

ПИ контроллер включает в себя пропорциональную и интегральную составляющие. В П-контроллере существует смещение между переменной процесса и заданным значением, и для преодоления этого И-контроллер добавляется к П-контроллеру [4]. В ПИ-контроллере контроллер умножает ошибку на коэффициент усиления K_p , а затем добавляет интегральный член ошибки к пропорциональному. И – интегрирует ошибку за определенный период времени, чтобы получить нулевое значение ошибки. Принципиальная схема ПИ регулятора показана на рисунке 5.

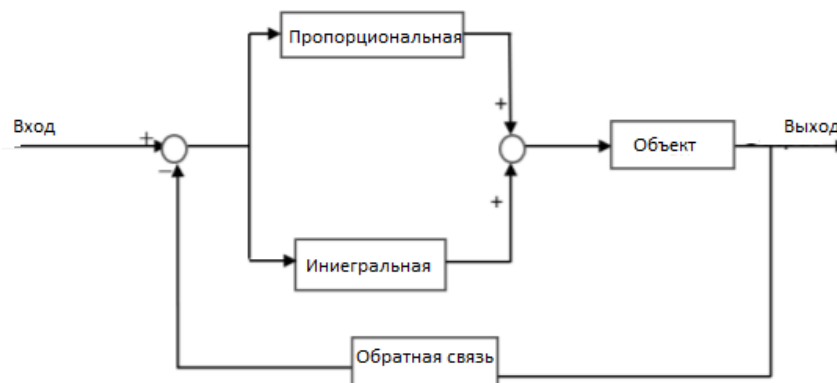


Рис. 5. Принципиальная схема ПИ регулятора

ПД контроллер не умеет предсказывать будущие величины, которую он регулирует. Поэтому для решения этой задачи используется производный контроллер или Д-компонента, поскольку может предвидеть будущее появление (поведение) ошибки. Это сокращает время установления и увеличивает отклик системы. В ПД контроллере умножается ошибка на коэффициент усиления K_p и добавляется интегральное значение производной составляющей. Принципиальная схема ПД регулятора показана на рисунке 6.

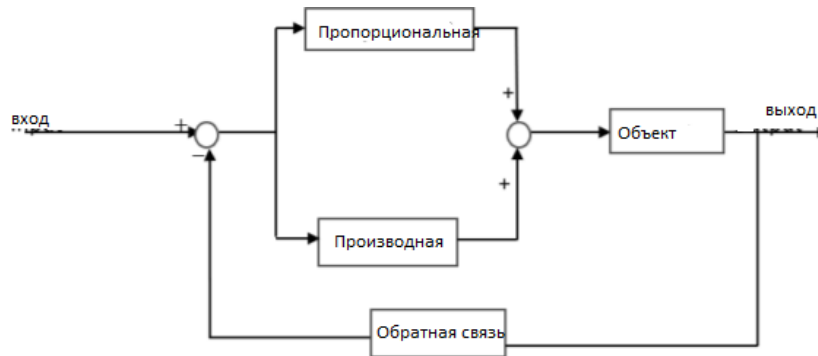


Рис. 6. Принципиальная схема ПД регулятора

И, наконец, ПИД регулятор. Он включает в себя все три компоненты, рассмотренные ранее. Сочетание всех компонентов позволяет получить наилучшую систему для стабилизации и управления системой. Такой набор, стоит отметить, практически не имеет накопления ошибки и позволяет свести перерегулирование почти к минимуму. Принципиальная схема ПИД регулятора показана на рисунке 7.

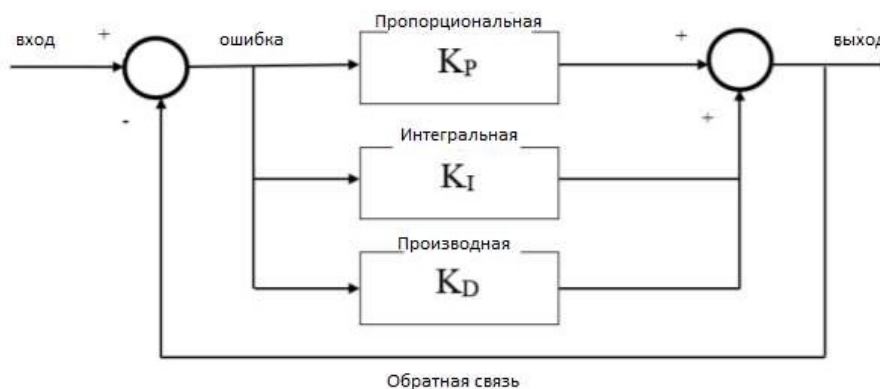


Рис. 7. Принципиальная схема ПИД регулятора

Далее перейдем к построению модели управления гексакоптером. Возьмем за основу готовую систему для линейки контроллеров PX4 от разработчика программного пакета MatLab. Схема приведена ниже/, на рисунке 8.

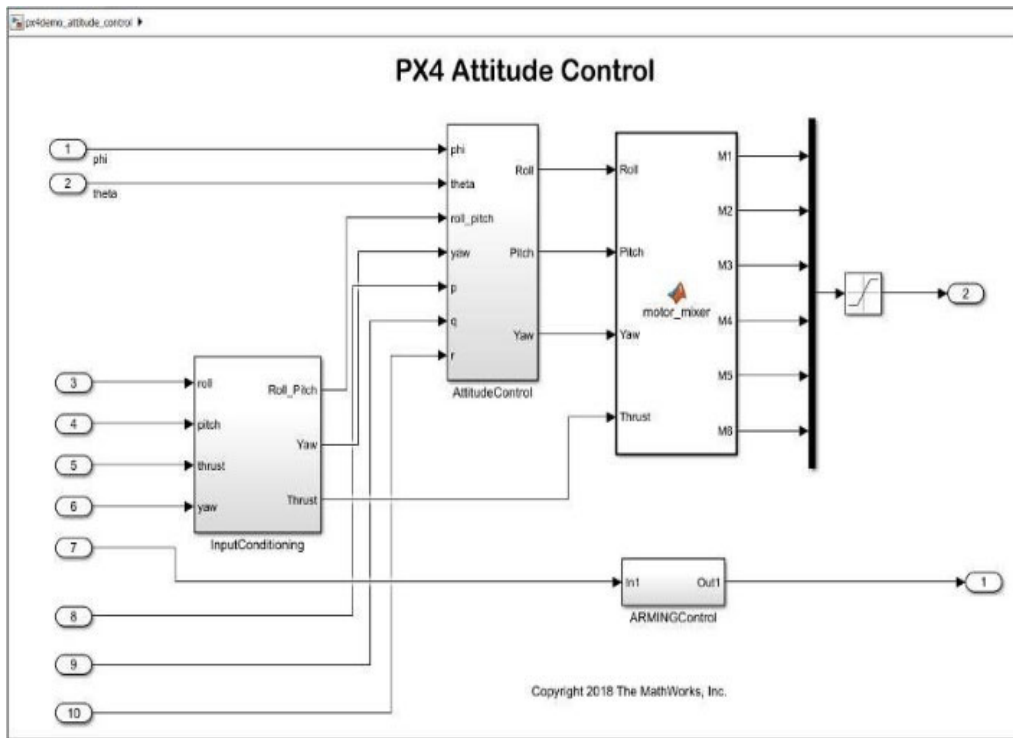


Рис. 8. Схема регулятора гексакоптера

Выполним построение переходных процессов для каждого из углов: крена, тангажа и рысканья, а также добавим изменение высоты.

Для изменения высоты зададим несколько требуемых точек и построим график переходного процесса. На рисунке 9 приведён график. Оранжевым цветом обозначим требуемое изменение, а синим то, как отработала система.

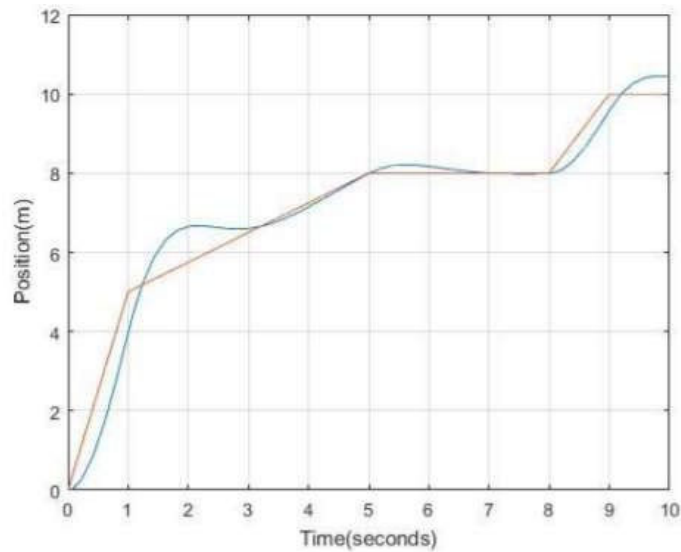


Рис. 9. График переходного процесса по высоте полета

Далее возьмем и изменим угол крена нашей системы. Синим зададим требуемый угол, а оранжевым – результат работы системы. График приведен на рисунке 10.

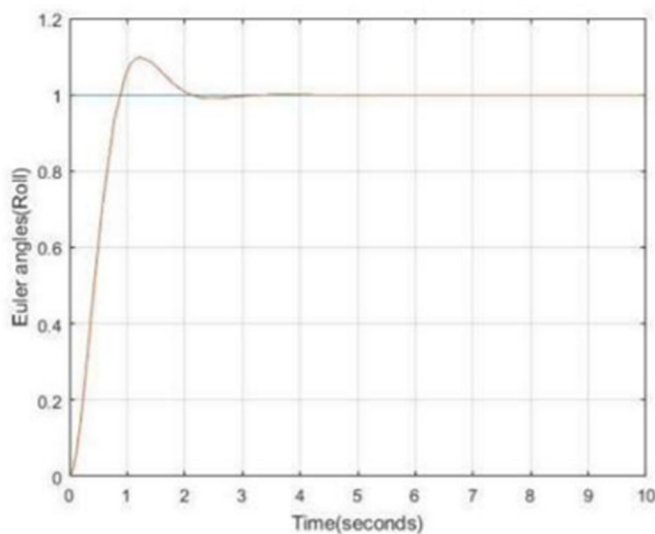


Рис. 10. График переходного процесса по углу крена

Поскольку ни один образец настоящей системы автоматического управления не находится в идеальных для неё условиях, при управлении могут появляться внешние возмущения (воздействия).

К внешней среде системы управления относятся процессы, оказывающие влияние на поведение управляемого объекта. Среда является источником помех измерения, возмущающих воздействий, внешних задающих воздействий. К возмущающим относят воздействия, препятствующие функционированию объекта. Это могут быть силы сопротивления или трения для кинематических механизмов, температура окружающей среды для тепловых процессов и т. д. Возмущающие воздействия объединяются в вектор возмущений.

В случае с мультироторным БЛА это воздействия, оказывающие влияние как на процесс управления (работу автопилота), так и на конструкцию самого ЛА. Однако стоит отметить, что любое из воздействий приходится учитывать при расчёте непосредственно самой системе управления (автопилоту).

Таблица 1 является описательной частью групп и параметров внешних возмущений.

Таким образом, на качестве полёта БЛА сказываются не только погодные или кинематические особенности, но также и программные средства, которые не учитываются как «внешние воздействия», поскольку это уже заложенные в закон регулирования погрешности и не оказывают настолько серьёзных влияний на систему, как те, что перечислены выше.

Перейдём к обзору компонентов системы автоматического управления. Схема компонентов представлена на рисунке 11.

Как и в любой современной системе автоматического пилотирования, микроконтроллер является основным компонентом. В большинстве случаев используется микроконтроллер STM32 от компании STM croelectron cs на базе ядра ARM Cortex.

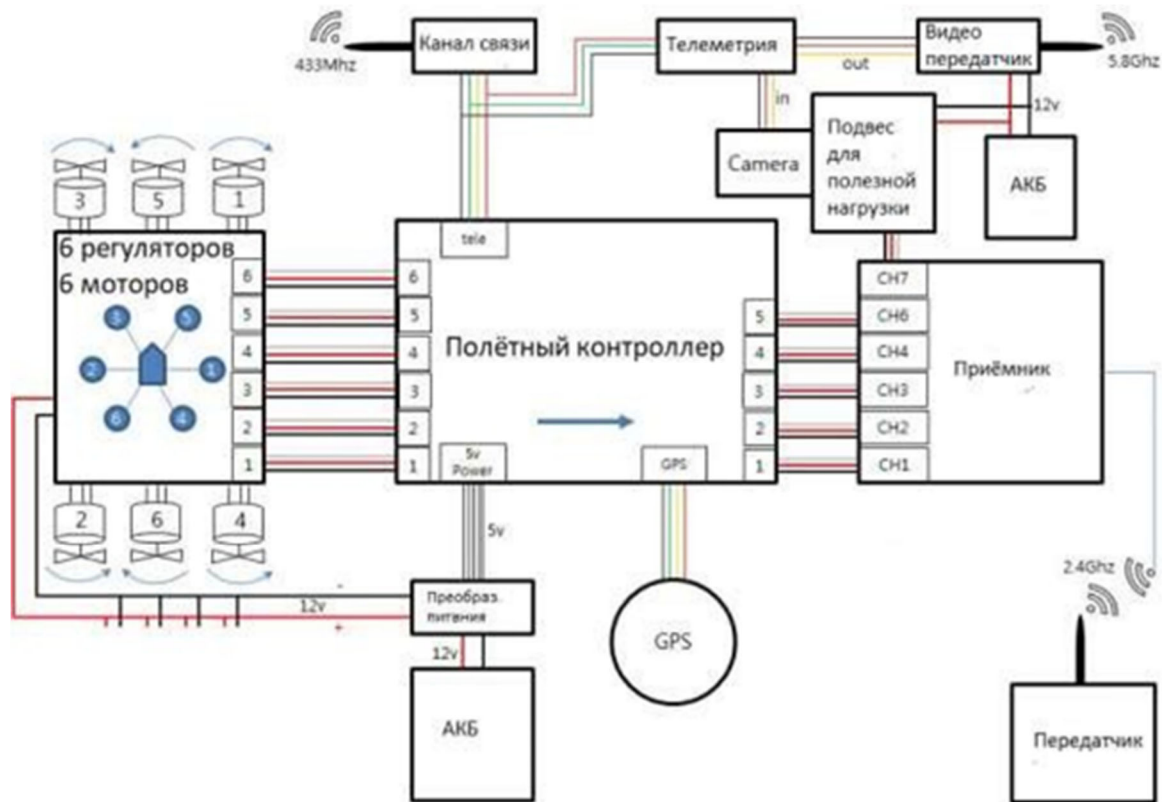


Рис.

11. Структурная схема компонентов системы управления

Наиболее важным сенсором является МЭМС инерциально-измерительная система (ИИС), включающая в себя 3-осевой акселерометр и 3-осевой гироскоп в единой интегральной схеме (ИС), а также 3-осевой магнитометр на отдельной интегральной схеме. В данной системе управления обработка угловых скоростей и ускорений осуществляется с применением фильтрации Калмана непосредственно в самом процессоре датчика и отправку информации об ориентации в пространстве в цифровом формате в виде кватернионов или углов Эйлера с частотой обновления 200 Гц. Цифровой барометр для определения высоты, магнитометр для определения курса и ИИС подключены к процессору по шине I2C.

В качестве внешних портов используются входы и выходы ШИМ для чтения сигналов с приемника и управления контроллерами двигателей, а также входы АЦП для подключения ультразвукового сонара измерения высоты и дифференциального датчика давления измерения скорости, а также мониторинга напряжения и тока батареи. Кроме того, используются два UART порта для подключения модулей GPS и беспроводной телеметрии, также USB интерфейс,

настроенный в режиме виртуального COM порта для отладки и тестирования программного обеспечения.

В данной статье была рассмотрена классификация возможных конструкций и классов мультироторных БАС. Перечислен основной состав и спецификация.

Далее, при работе непосредственно с математической частью, была рассмотрена кинематическая модель шестимоторного мультироторного аппарата с описанием действующих на него сил и моментов, при этом учитывались кинематика и динамика движения.

Спроектировав модель в среде Simulink пакетного продукта MatLab, а также построив графики работы ПИД регулятора, убедились, что данный способ позволяет проводить оценку разрабатываемых систем стабилизации и систем управления летательным аппаратом для БЛА, выполненного по аэродинамической схеме «гексакоптер» без запуска самого квадрокоптера.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. К. Е. Шилов: Разработка системы автоматического управления беспилотным летательным аппаратом мультироторного типа. ТРУДЫ МФТИ. — 2014. — Том 6, № 4
2. Лысухо Г.В., Масленников А.Л. Квадрокоптер: динамика и управление. Политехнический молодежный журнал, 2020, № 05(46). <http://dx.do.org/10.18698/2541-8009-2020-05-000>
3. Чжо Мьят Ту. Моделирование системы автоматического управления квадрокоптером на основе Л1 адаптивного управления // Интернет-журнал
4. «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №6 (2017)
5. А.М. Исаев: Математические модели, численный метод и комплекс программ для повышения дальности полета мультироторного БПЛА малого класса. диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук
6. Л.А. Мироновский, К. Ю. Петрова: ВВЕДЕНИЕ В MATLAB Учебное пособие. СПбГУАП. СПб., 2005
7. М.Ю. Калягин, Д.А. Волошин, А.С. Мазаев: Моделирование системы управления полетом квадрокоптера в среде Simulink и Simscape Multibody. Труды МАИ. Выпуск № 112

© С. В. Воронков, 2025

С. В. Исакова

ГБПОУ НСО «Новосибирский авиационный технический колледж имени Б.С. Галуцака»

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОБЪЕКТИВОВ ПНВ

Для наблюдения за объектами в темное время суток используется такое устройство, как прибор ночного видения (ПНВ), общий вид которого изображен на рисунке 1. В нем есть три основные части: первая – это объектив, вторая – электронно-оптический преобразователь (ЭОП), и третья – окуляр. ПНВ не может работать в полной темноте, поэтому, чтобы увидеть какую-либо картинку, нужен хотя бы слабый источник света. Принцип работы прибора ночного видения заключается в том, что отражённый от предмета свет попадает в объектив, фокусируя изображение на электронно-оптический преобразователь, который многократно усиливает поступившие лучи. После этого полученное изображение предмета можно наблюдать через окуляр.



Рис. 1. Прибор ночного видения

Изучение ПНВ и его компонентов, таких как объектив, достаточно актуально в настоящее время, ведь их используют не только в охоте, но и в военной промышленности. Данная сборочная единица обладает важными характеристиками, которые помогают прибору выполнять свои функции и обеспечивать высококачественное изображение в темноте. Определяющими параметрами объектива являются светосила, угол обзора и разрешающая способность. Все они напрямую влияют на эффективность работы прибора в условиях низкой освещенности.

Также стоит отметить, что его конструкция должна учитывать механические и температурные нагрузки, ведь для надежной эксплуатации важны долговечность и надежность работы устройства. Элементы, используемые в производстве, должны быть устойчивыми к воздействию влаги и пыли, что особенно важно в полевых условиях. Совершенствование оптики и постоянное внедрение новых материалов и технологий способствуют созданию более легких и ком-

пактных моделей, которые, тем не менее, не уступают в качестве традиционным приборам. Следовательно, дальнейшие исследования и разработки в области оптики остаются актуальными и перспективными. Поэтому для моего исследования были выбраны два объектива ПНВ, представленные на рисунке 2:



Рис. 2. Приборы ночного видения: а) «Циклоп-М4»; б) «Циклоп-12».

Целью работы было определить, каким образом был улучшен объектив «Циклоп-М4». Для этого выполнен анализ имеющейся информации, затем из первоначальных данных, представленных в таблице 1, произведен расчет размеров всех компонентов. На основе полученных результатов, были созданы 3D модели сборочных единиц прибора ночного видения, чтобы наглядно увидеть, как был усовершенствован один из объективов.

Таблица 1

Циклоп-М4			Циклоп-12		
R	D	N	R	D	N
94,41	9,7	1,51765	71,94	9,8	1,513895
-57,54	1,6	1,79716	-39,72	0,5	1
-187,07	0,35	1	-38,28	1,3	1,797156
44,98	6,6	1,51765	-124,74	0,5	1
216,8	46,4 перем	1	38,28	6,5	1,5139
16,866	10,4	1,51765	плоскость	31,25 перем	1
33,5		1	15,92	6,8	1,653667
f'=50,1mm		1:1,2	71,94		1
			f'=34,86mm		1:1

Основной корпус объектива «Циклоп-М4» состоит из трёх основных компонентов. Первый и второй компоненты установлены методом насыпной конструкции, а третий – четвертая линза, установлена в отдельной обойме, которая соединена с корпусом при помощи окулярной резьбы. Эта обойма вместе с третьим компонентом всегда имеет фиксированное положение относительно фотокатода ЭОПа, а фокусировка на дистанцию осуществляется подвижкой основ-

ного корпуса с первыми двумя компонентами. Также у объектива имеется наружное кольцо, которое служит ограничителем хода основного корпуса.

Конструкция объектива «Циклоп-12» схожа с конструкцией «Циклоп-М4». В корпусе насыпным методом установлены первые три линзы без применения склейки, четвёртая линза также установлена в обойме, которая соединяется с корпусом, но уже по базовой поверхности с ходовой посадкой. Фокусировка осуществляется подвижкой основного корпуса с первыми тремя линзами относительно обоймы, которая имеет фиксированное положение относительно фотоприёмника. Для того чтобы произвести фокусировку, в обойму вкручивается винт, расположенный сверху. Цилиндрический конец винта входит в латунную втулку, которая, в свою очередь, осуществляет движение по винтовой канавке на корпусе. Также в оптической схеме «Циклоп-12» имеется особенность, которая позволяет производить фокусировку не только подвижкой всего объектива, но и подвижкой только первых трёх линз, при этом четвёртая линза остаётся неподвижной относительно фотоприёмника.

Проанализировав всю имеющуюся информацию можно увидеть, что было изменено относительное отверстие объектива «Циклоп-М4» до значения 1:1, обеспечив увеличение светопропускания в темное время суток. При этом уменьшенное фокусное расстояние значительно сократило габаритные размеры прибора ночного видения. Компактность и легкость конструкции позволили значительно улучшить маневренность устройства. Расклейка первых двух линз позволила увеличить светосилу объектива, что, в свою очередь, значительно улучшило качество изображения, позволяя запечатлеть мельчайшие детали даже в условиях слабого освещения. Инновационный подход к оптической конструкции позволил добиться высокой четкости во всех диапазонах увеличения, что является важным для различных способов эксплуатации, таких как охота, наблюдение за дикой природой и использование прибора в военных целях. Благодаря этим усовершенствованиям, устройство стало более универсальным и эффективным инструментом для пользователей, которым необходима надежная оптика в любых условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Практические достижения в оптико-электронной технике [Текст] / А. В. Медведев, А. В. Гринкевич, С. Н. Князева. Ч. 2. — Ростов Великий (Ярославская область) : ОАО "Ростовский оптико-механический завод", 2009-2010, печ. 2010. — 726, [9] с. : ил., цв. ил., портр., табл.; ISBN 978-5-9901789-2-2.

© С. В. Исакова, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

И. В. Павлов, Н. С. Головачев, Я. Г. Пошивайло. ИЗУЧЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОЦИФРОВКИ ТЕРРИТОРИИ И ЗДАНИЙ НА ПРИМЕРЕ ГЛАВНОГО КОРПУСА СГУГиТ	4
В. Р. Костылева, А. Н. Дорошенко. ТЕПЛОПЕЛЕНГАТОР – ДАЛЬНО-МЕР	10
К. С. Батырова, А. А. Нестерчук, И. А. Никулин, К. А. Есипова. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ГЕОДАНЫХ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ	14
К. Д. Антонников, К. Д. Кайгородов. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА «ВИРТУАЛЬНЫЙ МУЗЕЙ» В СРЕДЕ UNREAL ENGINE.....	18
С. Е. Иванов. ИССЛЕДОВАНИЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ГОРНОГО И ВСХОЛМЛЕННОГО РЕЛЬЕФА ПО РАСТРОВЫМ КАРТАМ	22
М. А. Родыгин. ИНТЕГРАЦИЯ КЛАССИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ ИИ В АРЕНА-ШУТЕРЕ	27
П. Ф. Бжицких, А. А. Шрамков, В. П. Цыплаков. 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ В МАРКЕТИНГЕ	33
А. В. Пономарёв. МЕТОД СОЗДАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ФРЕСОК И ЛЕПНИНЫ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОПТИМИЗАЦИЕЙ.....	35
М. А. Клименко. КАК СТИЛЬ ГРАФИКИ В ВИДЕОИГРАХ ВЛИЯЕТ НА ВПЕЧАТЛЕНИЯ ИГРОКА	39
С. В. Воронков. УПРАВЛЕНИЕ МУЛЬТИРОТОРНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ В СРЕДЕ С ВНЕШНИМИ ВОЗМУЩЕНИЯМИ.....	43
С. В. Исакова. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОБЪЕКТИВОВ ПНВ	53

Научное издание

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА И ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

**Молодежная научно-практическая
конференция**

19 ноября 2024 года

Сборник научных докладов

Ответственный за выпуск *Т. Ю. Бугакова*

Компьютерная верстка *О. И. Голиков*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 24.02.2025. Формат 60 × 84 1/16.

Усл. печ. л. 3,31. Тираж 27. Заказ 19.

Редакционно-издательский отдел СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 10.

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 8.