

3. *Controller* (Контроллер) интерпретирует действия пользователей, управляет маршрутизацией запросов и координирует работу модели и представления.

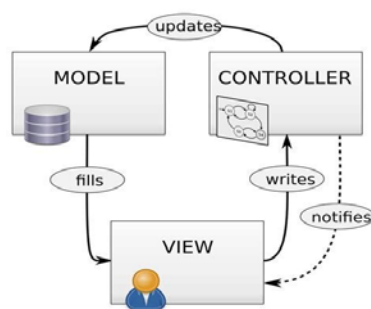


Рис. 1. Схема архитектуры программного комплекса

Информационная модель системы включает в себя семь ключевых сущностей базы данных, декомпозированных до третьей нормальной формы для обеспечения целостности и исключения избыточности: *users*, *clients*, *employees*, *orders*, *order_logistics*, *order_execution* и *acts*. Данная структура позволяет эффективно хранить технические характеристики оборудования, историю обслуживания и навигационные параметры. Безопасность данных и разграничение прав доступа для различных ролей (клиент, менеджер, директор, инженер, водитель) обеспечивается модулем *Spring Security*.

При проектировании системы особое внимание уделено автоматизации документооборота. После завершения работ инженером и фиксации статуса выполнения в мобильном интерфейсе, система автоматически генерирует акт выполненных работ. Клиенту в личном кабинете предоставляется возможность верификации документа и постановки простой электронной подписи.

Внедрение специализированной системы интеллектуального планирования позволяет существенно повысить эффективность работы сервисных инженеров за счет:

- группировки объектов по территориальному признаку, что сокращает нецелевой пробег транспорта;
- строгого учета временных окон и обеденных перерывов заказчиков, исключая простои персонала;
- автоматизации контроля статусов заявок в режиме реального времени.

Таким образом, разработанный программный продукт представляет собой системное решение для автоматизации бизнес-процессов сервисного предприятия, сочетающее в себе математически обоснованную оптимизацию логистики и современную многоуровневую архитектуру веб-приложения.

МЕТОДЫ ГЕНЕРАЦИИ ЛАНДШАФТА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СИМУЛЯТОРАХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

И. В. Морозько

Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель И. И. Суторьма

Рассмотрена процедурная генерация ландшафта для использования в симуляторах БПЛА, алгоритмы процедурной генерации, преимущества их использования в разработке

программного обеспечения, области их применения, существующие подходы и методы их оптимизации.

Ключевые слова: алгоритмы, процедурная генерация, разработка программного обеспечения, оптимизация, БПЛА, симуляторы.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) активно применяются в военной, гражданской и научной сферах. Ключевым этапом их разработки и тестирования является моделирование полетов в симуляторах. Эффективность симуляции напрямую зависит от достоверности виртуального окружения, в частности, ландшафта. Однако создание вручную больших, разнообразных и физически корректных 3D-сцен требует огромных ресурсов. В связи с этим возникает задача подбора оптимальных методов процедурной и полупроцедурной генерации ландшафта, способных обеспечить баланс между реализмом, производительностью и вариативностью для задач симуляции БПЛА.

Генерация виртуального ландшафта – это совокупность алгоритмов, данных и инженерных решений, направленных на автоматическое или полуавтоматическое создание трехмерных моделей рельефа и окружающей среды для визуализации, симуляции и интерактивного взаимодействия. В контексте компьютерных тренажеров задача генерации выходит за рамки «красивой картинки»: требуется обеспечить согласованность с физикой, предсказуемость поведения, масштабируемость, возможность интеграции с моделями сенсоров и сетевыми сценариями, а также соответствие эксплуатационным требованиям [1].

Для процесса генерации виртуального ландшафта можно выделить два основных этапа с их алгоритмами: генерация виртуальной поверхности и трехмерная визуализации (представление) генерируемой виртуальной поверхности. Алгоритмы генерации виртуальной поверхности объединяют методы, с помощью которых можно получить данные (координаты в трехмерном пространстве, высота в определенной точке, биом и т.п.), которые уже могут быть представлены в виде трехмерной плоскости через алгоритмы трехмерной визуализации. Методы делятся на несколько категорий, отличающиеся по принципам работы и областям применения:

Среди классических алгоритмов генерации можно выделить процедурные шумы (градиентные, клеточные, волновые) и фрактальные методы. Шум Перлина, Simplex, алгоритм Diamond-Square, фрактальная сумма шумов (fBm) – эти методы генерируют естественно выглядящие формы рельефа с контролируемой статистикой (спектральным составом) и масштабируемостью. Их используют как базовый слой для создания горных хребтов, холмов и равнин. Процедурные шумы удобны для генерации больших областей с малыми затратами памяти (хранится лишь сид генерации и параметры), однако при использовании «чистого» шума часто требуется постобработка (эрозия, сглаживание, добавление геоморфологических признаков или добавление фрактального броуновского движения) для достижения правдоподобия [2].

Диаграммы Вороного (относится к алгоритмам клеточного шума) и алгоритмы на их основе применяют для генерации плато, распределения биомов и структур ландшафта, особенно в сочетании с процедурными правилами (L-systems) для растительности и гидрографии. Эти методы удобны для создания контролируемых, но разнообразных карт рельефа и распределения объектов [3].

Вышеперечисленных алгоритмов генерации часто может быть недостаточно для генерации реалистичных ландшафтов, поэтому часто используются эрозионные и физические модели формирования рельефа. Эрозионные модели имитируют ре-

альные геоморфологические процессы: гидравлическая эрозия (сток воды, перенос осадков), термическая эрозия (осыпание склонов), ветровая эрозия и седиментация. Эти модели применяют как методы постобработки шумовых карт или как отдельные модули в научных симуляторах. Подобными моделями достигается высокая степень реализма форм рельефа и возможность моделирования сценариев изменения ландшафта во времени (оползни, образование долин), однако вычислительная стоимость (особенно при высокой разрешающей способности), сложность параметризации и необходимость калибровки под реальные данные часто ограничивает их использование [4]. Для реального времени применяют упрощенные или GPU- ускоренные версии, либо выполняют расчеты офлайн и затем визуализируют результаты.

В случае достижения максимального реализма создаваемых ландшафтов используют фотограмметрию и ортофототекстуры: фотограмметрия и ортофото дают максимально реалистичную визуализацию за счет использования спутниковых и аэрофотоснимков, а также реконструкции 3D-моделей по множеству снимков. В крупных коммерческих авиасимуляторах применяется стриминг фотограмметрии для визуализации всей планеты. Высокий визуальный реализм и соответствие реальным объектам – основные преимущества данного метода, однако даже для создания относительно небольшой площади необходимы большие объемы данных, также существует неоднородность качества по регионам, необходимость предобработки и корректировки (артефакты, несоответствие высот), юридические и лицензионные ограничения на использование данных.

После генерации виртуальной поверхности наступает этап ее визуализации. Для визуализации генерируемого виртуального ландшафта часто используются карты высот, которые представляют рельеф как двумерную сетку значений высоты. Это наиболее простая и широко используемая форма представления рельефа в тренажерах. Преимущества данного подхода заключаются в компактности хранения, простоте рендеринга и интеграции с физическими моделями движения (авиация, автотранспорт), легкости создания LOD (уровней детализации) и стриминга чанков, однако в данном подходе невозможно представление вертикальных нависаний и подземных структур, возникают трудности с моделированием сложных геометрий (пещеры, тоннели), артефакты при сильной дискретизации. В практических системах карты высот часто комбинируют с текстурными слоями, нормальными и картами материалов для повышения визуального качества [5].

В случаях, когда для генерации необходимо объемное представление создаваемой поверхности, могут использоваться воксели (трехмерные пиксели). Воксели позволяют описывать объемную структуру среды, включая подземные объекты, тоннели и разрушаемую геометрию. Воксельные миры дают высокую интерактивность, позволяя реализовывать динамическое разрушение, модификацию местности, симуляцию подземных работ, однако подобная воксельная реализация представления генерируемого ландшафта имеет свои ограничения: большие требования к памяти и вычислениям, необходимость сложных структур LOD и компрессии, сложность интеграции с традиционными рендерерами и физическими движками. В практических военных и инженерных тренажерах воксели применяют локально (в зонах интереса) в гибридных архитектурах [6].

Подбор метода генерации ландшафта для симуляторов БПЛА должен осуществляться исходя из конкретных целей тренажера. Для задач первичного обучения пилотов визуальному пилотированию достаточно процедурных методов. Для отработки тактических сценариев или испытания навигационных систем требуется

гибридный подход с интеграцией реальных данных, обеспечивающий необходимый уровень достоверности и интерактивности.

Литература

1. Процедурная генерация / Wikipedia. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Процедурная_генерация (дата обращения: 09.03.2026).
2. Малышев, И. А. Методы динамической процедурной генерации ландшафта / И. А. Малышев, К. А. Кивва // Вектор научной мысли. – 2025. – № 5 (22).
3. Диаграмма Вороного и ее применения. – URL: <https://habr.com/ru/articles/309252/> (дата обращения: 30.03.2026).
4. Симуляция эрозии в 3D-рельефе. – URL: <https://habr.com/ru/articles/533990/> (дата обращения: 30.03.2026).
5. Андриевский, Т. Э. Некоторые вопросы генерации реалистичных ландшафтов / Т. Э. Андриевский, Б. Г. Мирвелов // Научный Лидер. – 2022. – № 20 (65).
6. Цветков, В. Я. Технология генерации виртуальных ландшафтов с применением метода вокселизации и волюметрических данных / В. Я. Цветков, В. А. Мордвинов, В. Т. Матчин // Образовательные ресурсы и технологии. – 2023. – № 1 (42). – С. 91–99.

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СОЗДАНИЯ УЧЕБНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ

Д. А. Шаблинский

Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель О. Д. Асенчик

Представлено программное средство для автоматизированного формирования учебных материалов на основе больших языковых моделей с интеграцией извлеченных знаний по технологии Retrieval-Augmented Generation. Описаны архитектура оркестрации в виде графа состояний, многоуровневая верификация ответов и результаты апробации. В ходе экспериментов по дисциплине «Нереляционные базы данных» подтверждено преимущество атомарной декомпозиции задач над монолитной генерацией.

Ключевые слова: большие языковые модели, Retrieval-Augmented Generation, RAG, автоматизация образовательного контента, многоэтапная верификация, рекурсивная генерация, семантические метрики.

Современные образовательные процессы требуют регулярного обновления и расширения учебных материалов. Развитие больших языковых моделей (LLM) и подхода генерации, дополненной извлечением (Retrieval-Augmented Generation, RAG), открывает возможности для автоматизации генерации образовательного контента [1].

Однако прямое применение LLM может приводить к галлюцинациям, несогласованности разделов и отсутствию встроенных механизмов верификации. В работе предложено программное средство, минимизирующее эти риски за счет многоуровневой оркестрации, интеграции внешних знаний через RAG и рекурсивного структурирования материалов.

Научная новизна заключается в методике адаптивной рекурсивной генерации, направленной на сохранение семантической последовательности и снижение дублирования определений в смежных главах. Разработанная архитектура на базе ориентированных графов состояний позволяет уменьшить проявления галлюцинаций за счет контура обратной связи и автоматизированной кросс-верификации знаний.