

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет информатики и  
радиоэлектроники

УДК 004.021:004.928

РЯЗАНЦЕВ  
Дмитрий Дмитриевич

**АЛГОРИТМ ПОИСКА ПУТИ В ИГРОВОМ ПРИЛОЖЕНИИ**

**ДИССЕРТАЦИЯ**  
на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 7-06-0612-03— Системы управления информацией

Научный руководитель  
к.т.н., доц.  
Жиляк Надежда  
Александровна

Минск, 2025

## **ВВЕДЕНИЕ**

Игровая индустрия стремительно развивается, предъявляя всё более высокие требования к реалистичности поведения персонажей в виртуальных мирах. Одной из важнейших задач в данной области является обеспечение эффективного алгоритма поиска пути, позволяющего персонажам адаптивно и точно перемещаться в игровых пространствах, включая трёхмерные и динамически изменяемые среды. Одной из ключевых составляющих любой игры является алгоритм поиска пути для достижения конечной точки. Этот алгоритм определяет, как персонажи или объекты перемещаются по игровому миру, обходят препятствия и взаимодействуют с окружающей средой. От его эффективности зависит реалистичность поведения персонажей, плавность геймплея и общее впечатление от игры. Алгоритм должен быть быстрым и точным, чтобы обеспечивать мгновенный отклик и адаптироваться к динамическим изменениям в игровом пространстве. Разработка новых или улучшение существующих алгоритмов поиска пути может привести к значительному научному вкладу. Она не только повышает качество игр, но и продвигает вперед области искусственного интеллекта, робототехники и навигационных систем. Инновации в этой сфере способны открыть новые горизонты в создании более сложных и захватывающих виртуальных миров.

Актуальность темы определяется необходимостью создания высокопроизводительных и масштабируемых решений, способных обеспечить мгновенный отклик и точное поведение персонажей в условиях ограниченных вычислительных ресурсов.

Целью диссертационного исследования является: разработать алгоритм оптимизации поиска пути виртуальным объектом с целью достижения им конечной точки в игровом пространстве и сокращением выделенного времени для обработки и поиска оптимального пути.

Для достижения заданной цели поставлены и решены следующие задачи:

- выполнен анализ алгоритмов поиска пути в игровых приложениях;
- исследованы преимущества и недостатки, каждого отдельного алгоритма;
- разработан алгоритм оптимизации поиска пути виртуальным объектом с целью достижения им конечной точки в игровом пространстве;
- сокращено выделенное время для обработки и поиска оптимального пути. Реализовать алгоритм оптимизации поиска пути виртуальным объектом с целью достижения им конечной точки в игровом пространстве.

Достоверность научных результатов подтверждается соответствием теоретических выкладок и результатов разработки программного средства.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Связь работы с крупными научными программами и темами.**

Диссертационное исследование выполнено в соответствии указа Президента Республики Беларусь от 7 апреля 2022 г. №136 «Об органе государственного регулирования в сфере цифрового развития и вопросах цифровизации».

### **Цель и задачи исследования.**

Целью магистерской диссертации является: разработать алгоритм оптимизации поиска пути виртуальным объектом с целью достижения им конечной точки в игровом пространстве и сокращением выделенного времени для обработки и поиска оптимального пути.

Для достижения данной цели были решены следующие задачи:

- выполнить анализ алгоритмов поиска пути в игровых приложениях;
- исследовать преимущества и недостатки, каждого отдельного алгоритма;
- разработать алгоритм оптимизации поиска пути виртуальным объектом с целью достижения им конечной точки в игровом пространстве;
- сократить выделенное время для обработки и поиска оптимального пути. Реализовать алгоритм оптимизации поиска пути виртуальным объектом с целью достижения им конечной точки в игровом пространстве.

В данной диссертационной работе объектом исследования являются игровые приложения. Предметом исследования является алгоритм поиска оптимального пути в игровом приложении.

### **Апробация результатов диссертации.**

Результаты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы, а так же материалы, полученные в ходе исследования темы диссертационной работы докладывались и обсуждались на: международной научной конференции (Минск: БГУиР, 2023) [1–A], международной научно-технической конференции (Минск: БГТУ, 2023) [2–A], международной научной конференции (Минск: БГУиР, 2024) [3–A], 61-й студенческой научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (Минск: БГУиР, 2025) [4–A], международной научно-технической конференции (Минск: БГТУ, 2025) [5–A], и опубликованы в виде тезисов в материалах к перечисленным выше конференциям. Имеется одна справка о внедрении НИР в учебный процесс, в частности результаты НИР внедрены в курс лабораторных работ по дисциплине «Игровые движки» для специальности 1-40 05 01 12 «Информационные системы и технологии (в игровой индустрии)».

### **Личный вклад соискателя.**

Все результаты и положения, выносимые на защиту, получены автором лично. Научный руководитель принимал участие в постановке задачи, определений возможных путей из решений, в предварительном анализе, обсуждении результатов и практических исследований, проведенных автором лично.

### **Научная новизна.**

Предложен алгоритм, сочетающий модифицированный A\* с динамическими оптимизациями, такими как:

- использование бинарной кучи для ускорения обработки приоритетов;
- кэширование маршрутов для повторного использования;
- локальное обновление графа и перерасчёт при изменениях в среде;
- минимизация аллокаций памяти при многократных запросах пути.

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав основной части, заключения и библиографического списка, оформленного в порядке упоминания источников. Общий объем диссертации составляет 76 страниц, из них 2 страницы занимает библиографический список.

Во введении обоснована актуальность темы, определены цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость. Кратко проанализированы ключевые проблемы в области навигации виртуальных объектов.

Первая глава «Теоретические основы алгоритмов поиска пути в игровых приложениях» посвящена анализу классических и современных методов навигации. Рассмотрены алгоритмы Дейкстры, A\*, D\* Lite, Jump Point Search (JPS), их преимущества и ограничения. Особое вниманиеделено применению алгоритмов в 3D-пространствах, включая воксельные структуры, навигационные сетки (NavMesh) и динамические среды. Проведен сравнительный анализ производительности, точности и адаптивности методов.

Вторая глава «Разработка оптимизированного алгоритма поиска пути для игровых приложений» содержит описание предложенного гибридного алгоритма на основе A\* с динамическим перепланированием. Изложены: критерии оптимальности, модификации алгоритма: интеграция бинарной кучи, кэширование путей, локальное обновление графа, методология подготовки данных: преобразование 3D-игрового пространства в навигационную сетку, учет динамических препятствий, метрики оценки: время выполнения, потребление памяти, гладкость пути.

Третья глава «Реализация и тестирование алгоритма в игровом движке Unity» включает: описание архитектуры демонстрационного приложения с 3D-средой, интеграцию алгоритма в Unity с использованием C# и инструментов NavMesh, результаты тестирования: сравнение производительности базового A\* и оптимизированной версии на картах разной сложности, анализ эффективности в динамических сценариях.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненная диссертационная работа посвящена решению важной прикладной задачи — оптимизации алгоритма поиска пути для виртуальных объектов в игровом приложении. Разработка таких алгоритмов является крайне востребованной в современной индустрии компьютерных игр, особенно в условиях стремительного роста размеров игровых миров и повышения требований к производительности систем реального времени.

В ходе исследования были проанализированы существующие подходы к поиску пути в графовых структурах, включая алгоритмы Дейкстры, A\*, Jump Point Search (JPS), D\* Lite и их модификации. Особое внимание уделено специфике применения этих методов в игровых приложениях, использующих трёхмерное пространство и динамически изменяющиеся условия окружения. Обоснована необходимость доработки и оптимизации базовых алгоритмов для улучшения производительности, уменьшения времени отклика и повышения адаптивности к изменяющимся условиям.

Разработан и реализован оптимизированный алгоритм, основанный на A\*, с включением следующих улучшений:

- внедрение бинарной кучи для ускорения работы приоритетной очереди;
- кэширование ранее найденных маршрутов для повторного использования;
- механизм локального обновления графа при динамических изменениях в игровом мире;
- минимизация затрат на алокацию памяти за счёт повторного использования структур данных.

Алгоритм был интегрирован в игровое приложение, созданное на движке Unity, и протестирован в различных сценариях с использованием сложных игровых карт и динамически возникающих препятствий. Проведённое тестирование показало значительное снижение времени поиска пути по сравнению с классической реализацией A\*, особенно на больших картах и в условиях высокой нагрузки. Предложенное решение подтвердило свою эффективность, устойчивость и применимость в реальных игровых проектах.

Разработанное программное обеспечение может быть использовано разработчиками игр, включая инди-команды и малые студии, благодаря своей универсальности, лёгкости интеграции и невысоким требованиям к ресурсам. Кроме того, алгоритм может найти применение за пределами игровой

индустрии — в системах моделирования, робототехнике и автономной навигации.

Таким образом, в диссертационной работе достигнута поставленная цель — разработан, обоснован и реализован адаптивный алгоритм поиска пути, обеспечивающий эффективную навигацию виртуальных объектов в условиях ограниченных ресурсов и высокой динаминости среды. Полученные научные и практические результаты подтверждают актуальность и значимость проведённого исследования.

Работа представляет собой завершённое научно-техническое исследование, обладающее теоретической новизной и высокой практической ценностью. Её результаты могут служить основой для дальнейших разработок в области алгоритмического обеспечения игр и интеллектуальных навигационных систем.

## **СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ**

1. Д.Д. Рязанцев, Н. А. Жиляк // Информационные технологии и системы 2023 (ИТС 2023): материалы Международной научной конференции, Минск, БГУИР, 2023 - С. 159–160.
2. Н. Д. Рязанцев, Д. Д. Рязанцев, Н. А. Жиляк // Минские научные чтения-2023. Технологическая независимость и конкурентоспособность Союзного государства, стран СНГ, ЕАЭС и ШОС : Сборник статей VI Международной научно-технической конференции, Минск, БГТУ, 2023 г. : в 3 т. Т. 2 – С. 370–375
3. Д. Д. Рязанцев, Н. Д. Рязанцев, Н. А. Жиляк // Минские научные чтения-2023. Технологическая независимость и конкурентоспособность Союзного государства, стран СНГ, ЕАЭС и ШОС : сборник статей VI Международной научно-технической конференции, Минск, БГТУ, 2023 г. : в 3 т. Т. 1 – С. 179–183.
4. Д. Д. Рязанцев, Н. Д. Рязанцев // Информационные технологии и системы 2024 (ИТС 2024): материалы международной научной конференции, Минск, БГУИР, 2024 г. – С. 115–118.
5. Д. Д. Рязанцев, Н. Д. Рязанцев, Н. А. Жиляк // 61-ая студенческая научно-техническая конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, БГУИР, 2025 г. (в печати)
6. Н. Д. Рязанцев, Д. Д. Рязанцев, Н. А. Жиляк // 61-ая студенческая научно-техническая конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, БГУИР, 2025 г. (в печати)
7. Д. Д. Рязанцев, Н. Д. Рязанцев, Н. А. Жиляк // Международной научно-технической конференции, Минск, БГТУ, 2025 г, Минск, БГУИР, 2025 г. (в печати)
8. Н. Д. Рязанцев, Н. Д. Рязанцев, Н. А. Жиляк // Международной научно-технической конференции, Минск, БГТУ, 2025 г, Минск, БГУИР, 2025 г. (в печати)