

ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ»

НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ СОРЕВНОВАНИЕ «ШАГ В БУДУЩЕЕ, МОСКВА»

регистрационный номер

название факультета

название кафедры

название работы

Автор:

фамилия, имя, отчество

наименование учебного заведения, класс

Москва – 2021

АННОТАЦИЯ

В настоящее время миллионы людей используют смартфоны и системы навигации GPS для ориентации в незнакомых местах. Однако, когда прямая видимость между устройством и спутником GPS заблокирована, данные системы навигации не работают или работают с малой точностью, поэтому они не подходят для использования внутри помещений.

Существует множество больших офисных зданий, торговых центров, вокзалов и других помещений, в которых использование систем, осуществляющих навигацию и ориентацию, будет востребовано. Использование в таких системах элементов дополненной реальности сделает навигацию проще и понятнее для пользователей.

В рамках работы будет разработана мобильная система навигации с элементами дополненной реальности. Для построения карты помещения и определения местоположения внутри него планируется использование метод SLAM (simultaneous localization and mapping). Для определения оптимального маршрута до цели будет использоваться алгоритм A^* .

СОДЕРЖАНИЕ:

1. ВВЕДЕНИЕ	4
2. СРАВНЕНИЕ ПРИМЕНЯЕМЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ С ИЗВЕСТНЫМИ.....	5
2.1 Методы позиционирования объекта внутри помещения.....	5
2.1.1 Системы, основанные на технологии Wi-Fi	5
2.1.2 Системы, основанные на технологии Bluetooth	5
2.1.3 Комбинированные системы позиционирования.....	6
2.1.4 Системы, основанные на компьютерном зрении.....	7
2.2 Методы построения оптимального маршрута до цели.....	8
2.2.1 Использование алгоритма Дейкстры	8
2.2.2 Использование алгоритма Беллмана-Форда.....	8
2.2.3 Использование алгоритма Флойда-Уоршелла	9
2.2.4 Использование алгоритма Левита	9
2.2.4 Использование алгоритма A*.....	9
2.3 Методы отображения построенного маршрута до цели для пользователя.....	11
2.3.1 Отображение маршрута на карте помещения	11
2.3.2 Отображение маршрута с использованием элементов дополненной реальности.....	12
4. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ АВТОРСКОГО ПРОДУКТА	13
5. РЕЗУЛЬТАТЫ	15
6. СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	16

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время миллионы людей используют смартфоны и системы навигации, связанные со спутниками GPS, для определения своего местоположения и ориентации в незнакомых местах. Однако, когда прямая видимость между устройством и спутником частично или полностью заблокирована, данная методика позиционирования не работает или работает с малой точностью, поэтому она не подходит для использования внутри помещений.

Существует множество больших офисных зданий, торговых центров, вокзалов и других помещений, в которых использование систем, осуществляющих навигацию и ориентацию, будет востребовано.

Цель работы – разработать эффективную модель системы точной навигации пользователя внутри зданий, в которых навигация востребована.

Задачи исследования:

- Рассмотреть особенности систем позиционирования, предназначенных для работы в помещениях.
- Провести сравнительный анализ существующих методов позиционирования объектов в помещениях.
- С использованием полученной информации разработать модель системы, определяющей местоположение объекта, находящегося внутри помещения.
- Провести сравнительный анализ существующих методов построения маршрутов до цели в помещениях.
- Провести сравнительный анализ существующих методов простого и удобного отображения маршрутов до цели для пользователей системы.
- На основании выбранного метода реализовать мобильную систему навигации внутри помещений.

2. СРАВНЕНИЕ ПРИМЕНЯЕМЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ С ИЗВЕСТНЫМИ

2.1 Методы позиционирования объекта внутри помещения

Спутники GPS передают свои сигналы с высокой точностью, но то, что получает пользователь, зависит в основном от окружения, в котором находится приёмник. Даже самые высокочасные приёмники могут получить сильно искажённые данные о позиционировании в основном из-за следующих причин: использование внутри помещений, крытое или подземное использование. Всё это блокирует спутниковый сигнал, поэтому появляются подобные искажения [1].

Существует множество различных подходов к позиционированию объектов внутри помещений. Чаще всего в коммерческом использовании встречаются системы, основанные на технологии Wi-Fi и Bluetooth.

2.1.1 Системы, основанные на технологии Wi-Fi

В основе таких систем позиционирования находятся алгоритмы трилатерации и измерения RSSI сигналов Wi-Fi точек. По RSSI вычисляется расстояние между передатчиком и пользователем, затем по алгоритмам трилатерации вычисляется местоположение объекта.

Модель такой системы была рассмотрена в исследовательской работе «Wi-Fi Indoor Positioning System Based on RSSI Measurements» [2]. Для демонстрации идеи было создано мобильное приложение для операционной системы Android, которое измеряло RSSI сигнал ближайших Wi-Fi точек. Данные об уровне сигнала отправлялись на сервер, который вычислял местоположение объекта. Средняя величина ошибки в системе составляла 1.99 метра.

Основным недостатком данного метода является необходимость размещения большого количества Wi-Fi точек, что может обойтись достаточно дорого в больших офисных зданиях или торговых центрах.

2.1.2 Системы, основанные на технологии Bluetooth

В такой реализации вместо Wi-Fi точек выступают специальные Bluetooth маяки. В здании, в котором необходимо обеспечить навигацию, эти маяки

размещаются таким образом, чтобы в каждой точке был доступен сигнал хотя бы трех из них. Приложение, установленное на устройстве, вычисляет RSSI маяков, которые находятся в зоне видимости и, зная их координаты, производит вычисление текущего местоположения.

Предусматривается, что маяки будут располагаться на стенах или потолках. Для простоты эксплуатации они обычно питаются от батарейки. Благодаря использованию современной реализации технологии Bluetooth – Bluetooth Low Energy – время работы одного маяка может быть в пределах от 1 до 5 лет.

Коммерческая реализация данного подхода доступна для покупки у компании Estimote [3].

Основной недостаток данного метода такой же, как и в системах, основанных на технологии Wi-Fi: затраты на приобретение большого количества Bluetooth маяков.

2.1.3 Комбинированные системы позиционирования

Существуют реализации систем позиционирования, совмещающие в себе оба рассмотренных ранее подхода. Например, компания Accuware [4] создала систему, которая анализирует и Wi-Fi точки, и Bluetooth маяки вокруг, чтобы определить местоположение объекта. Объединение двух методов в одном позволило Accuware добиться точности позиционирования в 1 метр.

Ещё одной компанией, предоставляющей внутренние системы позиционирования для коммерческого использования является Insiteo [5]. Система, реализованная этой компанией, анализируется не только Wi-Fi точки и Bluetooth маяки, но также учитывает данные акселерометра и компаса. Это позволяет дополнительно увеличить точность позиционирования.

Однако несмотря на эти улучшения в точности позиционирования, проблема с затратами на приобретение оборудования станет даже больше, чем в системах, использующих отдельно технологии Wi-Fi и Bluetooth.

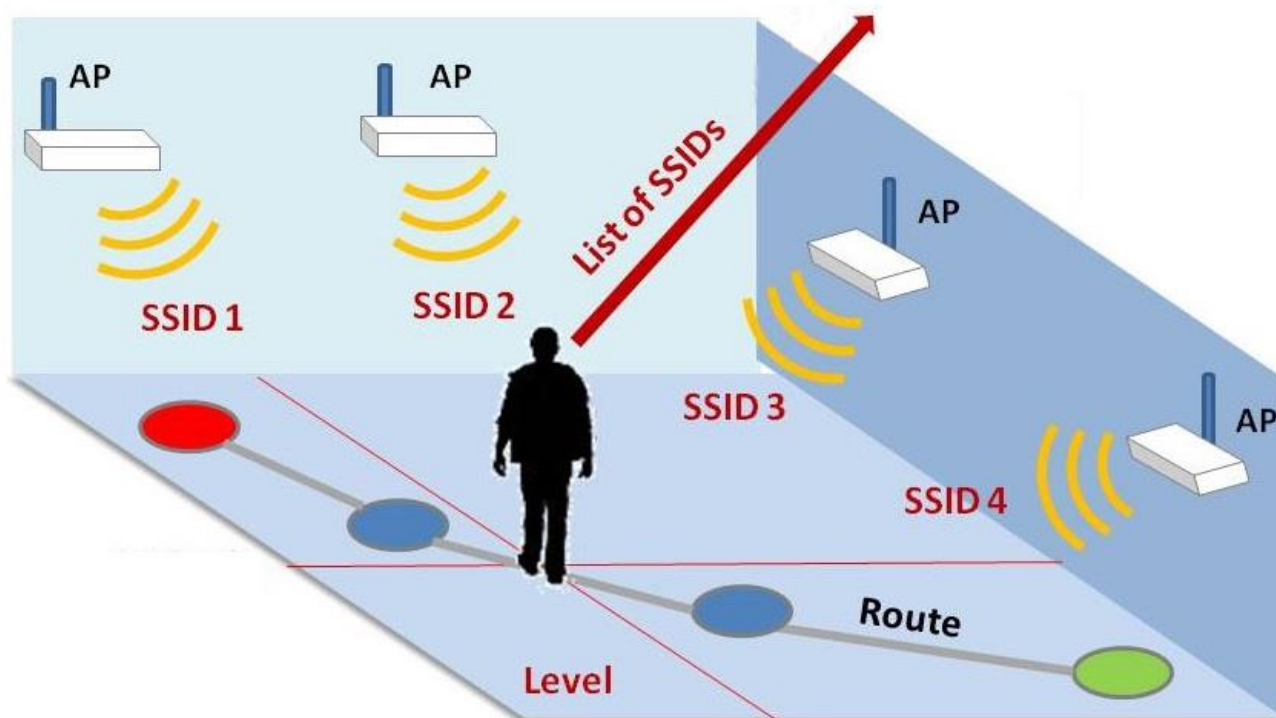


Рисунок 1 — Схема работы систем позиционирования, использующих Wi-Fi точки

2.1.4 Системы, основанные на компьютерном зрении

Методом позиционирования внутри помещений с использованием компьютерного зрения является метод SLAM (simultaneous localization and mapping) [6]. Данный метод использует данные с камеры на объекте и, используя математические алгоритмы, составляет карту помещения и определяет положения этого объекта.

Данный метод не требует затрат на установку оборудования, что сразу решает основной недостаток систем, рассмотренных ранее, а также имеет схожую точность позиционирования объекта. В качестве камеры может быть использована камера смартфона пользователя. Таким образом появляется возможность создания системы в виде приложения для смартфона, за счёт чего количество желающих и имеющих возможность использования системы возрастает. Данное преимущество является решающим для больших помещений, поэтому в данной научной работе для позиционирования пользователя внутри помещения используется данный метод.



Рисунок 2 — Пример работы метода SLAM

2.2 Методы построения оптимального маршрута до цели

Для построения оптимального маршрута до цели можно использовать алгоритмы нахождения наименьшего пути в графе.

2.2.1 Использование алгоритма Дейкстры

Алгоритм Дейкстры изобретён нидерландским учёным Эдсгером Дейкстрой в 1959 году. Он находит кратчайшие пути от одной из вершин графа до всех остальных. Этот алгоритм работает только для графов без рёбер отрицательного веса. Алгоритм Дейкстры широко применяется в программировании и технологиях, например, его используют протоколы маршрутизации OSPF (Open Shortest Path First) [7] и IS-IS (Intermediate System to Intermediate System) [8].

2.2.2 Использование алгоритма Беллмана-Форда

Алгоритм Беллмана-Форда — алгоритм поиска кратчайшего пути во взвешенном графе. За небольшое время алгоритм находит кратчайшие пути от одной вершины графа до всех остальных. В отличие от алгоритма Дейкстры, алгоритм Беллмана-Форда допускает рёбра с отрицательным весом. Этот

алгоритм предложен независимо Ричардом Беллманом и Лестером Фордом. Алгоритм маршрутизации RIP (Routing Information Protocol) [9], основанный на алгоритме Беллмана-Форда, был впервые разработан в 1969 году, как основной для сети ARPANET (Advanced Research Projects Agency Network) [10].

2.2.3 Использование алгоритма Флойда-Уоршелла

Алгоритм Флойда-Уоршелла осуществляет поиск кратчайших путей во взвешенном графе с положительным или отрицательным весом ребер. За одно выполнение алгоритма будут найдены длины (суммарные веса) кратчайших путей между всеми парами вершин. Хотя он не возвращает детали самих путей, можно реконструировать пути с помощью простых модификаций алгоритма.

Алгоритм Флойда-Уоршелла является эффективным для расчёта всех кратчайших путей в плотных графах, когда имеет место большое количество пар рёбер между парами вершин.

2.2.4 Использование алгоритма Левита

Алгоритм Левита позволяет найти кратчайшие пути от заданной вершины до всех остальных вершин. В сравнении с методом Дейкстры метод Левита проигрывает в том, что некоторые вершины приходится обрабатывать повторно, а выигрывает на более простых алгоритмах включения и исключения вершин из множества вершин, расстояние до которых вычисляется на текущем шаге алгоритма. Экспериментально установлено, что для графов с «геометрическим» происхождением, то есть для графов, построенных на основе транспортных сетей и реальных расстояний, метод Левита оказывается наиболее быстрым. Он выигрывает и по размеру программы.

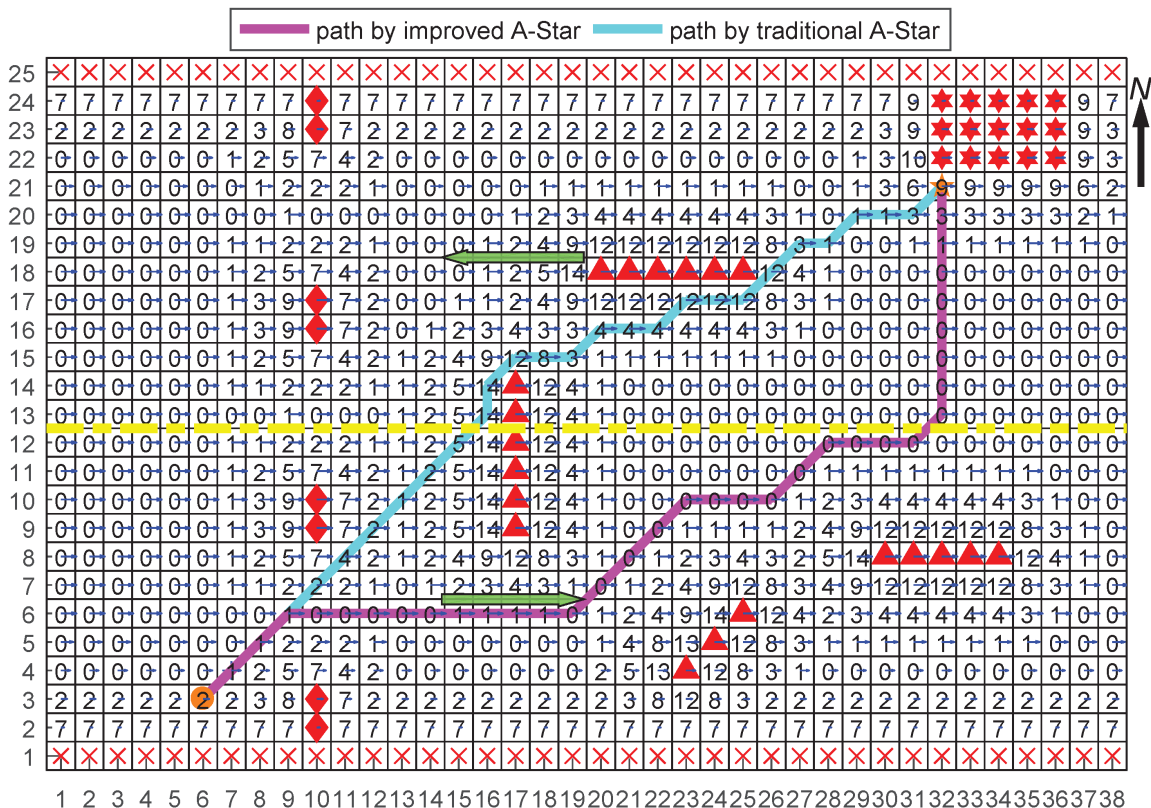
2.2.5 Использование алгоритма A*

Алгоритм A* (A Star) – алгоритм поиска по первому наилучшему совпадению на графе, который находит маршрут с наименьшей стоимостью от одной вершины (начальной) к другой (конечной).

Порядок обхода вершин определяется эвристической функцией «расстояние + стоимость». Эта функция — сумма двух других: функции стоимости

достижения рассматриваемой вершины из начальной и функции эвристической оценки расстояния от рассматриваемой вершины к конечной.

Когда A^* завершает поиск, он, согласно определению, находит путь, истинная стоимость которого меньше, чем оценка стоимости любого пути через любой открытый узел. Но поскольку эти оценки являются оптимистичными, соответствующие узлы можно без сомнений отбросить. Иначе говоря, A^* никогда не упустит возможности минимизировать длину пути [11].



2.3 Методы отображения построенного маршрута до цели для пользователя

Существует несколько различных подходов для отображения построенных маршрутов для пользователей.

2.3.1 Отображение маршрута на карте помещения

Данный метод отображения маршрутов используется почти во всех системах, использующих системы, связанные со спутниками GPS, для навигации на какой-либо местности. В данном методе пользователь видит схематическую или спутниковую карту местности, на которой отображается местоположение пользователя, местоположение цели и специальными линиями показан маршрут: по какой дороге нужно пойти, чтобы дойти до цели кратчайшими путём.

В проектируемой системе при использовании данного метода, можно было бы показывать план здания и этажа, на котором находится пользователь, а вместо дорог использовать коридоры внутри здания.

Однако, в больших торговых центрах или офисных зданиях может быть несколько этажей, поэтому данный метод отображения будет не очень удобен.



Рисунок 4 — Пример отображения маршрута на карте помещения

2.3.2 Отображение маршрута с использованием элементов дополненной реальности

В настоящее время, в связи с распространением смартфонов, методы дополненной реальности набирают популярность, а системы, использующие элементы данных методов становятся наиболее востребованными.

Для отображения маршрута до цели, на видео с камеры смартфона пользователя в определённых положениях накладываются специальные указатели, которые показывают, в каком направлении нужно идти, чтобы дойти до цели.

За счёт преимуществ и удобства использования систем с элементами дополненной реальности, в научной работе для отображения маршрута используется данный метод.



Рисунок 5 — Пример использования элементов дополненной реальности для навигации

3. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ АВТОРСКОГО ПРОДУКТА

Даная научная работа представляет собой модель системы точной навигации пользователя внутри зданий, в которых навигация востребована.

Первым делом для того, чтобы осуществить навигацию внутри зданий, необходимо реализовать позиционирование пользователя системы внутри здания. Для этого в научной работе используется метод, использующий компьютерное зрение, а именно – метод SLAM.

Метод SLAM состоит из двух независимых процессов, одновременно включающих в себя навигацию и построение карты маршрута. Во время его действия выполняются последовательные вычисления, проводимые в непрерывном цикле. Полученные результаты оказываются взаимосвязаны, уточняя и дополняя друг друга.

Для построения карты требуется сбор информации, поступающей от камеры, ее последующая интеграция и обработка. По итогам анализа полученных данных составляется представление об окружающем пространстве. В то же самое время выполняется локализация, определяющая расположение объекта на полученной карте.

Как только мы получили местоположение пользователя системы внутри помещения, необходимо построить оптимальный маршрут до цели. Для определения оптимального маршрута достаточно использование одного из алгоритма поиска кратчайшего пути в графе. Для проектируемой системы был выбран алгоритм A* (A Star).

По данным, рассмотренным в разделе 2.2.5, данный алгоритм найдёт кратчайший маршрут за минимальное количество прохода по графу. А так как в больших офисных зданиях или торговых центрах возможно большое количество данных, то этот алгоритм будет оптимальным для данной задачи.

Когда завершилось построение маршрута, необходимо удобно и понятно отобразить пользователю системы маршрут. Для этого используются элементы дополненной реальности. Такой метод позволяет просто и понятно показать пользователю направление движения.

Разработанная система навигации является приложением для смартфона, использующим встроенную камеру устройства. Таким образом данная система будет доступна большому количеству людей, и не потребует затрат на дополнительное оборудование.

Для создания приложение используется популярный, функциональный конструктор Unity.

Unity – это межплатформенная среда разработки для создания игр и приложений, работающих на более чем 25 различных платформах, включающих персональные компьютеры, игровые консоли, мобильные устройства, интернет-приложения и другие. Основные преимущества Unity это наличие визуальной среды разработки, модульной система компонентов и межплатформенная поддержка. Таким образом помимо инструментов визуального моделирования Unity включает в себя интегрированную среду разработки и цепочку сборки, что значительно повышает производительность разработчиков и этапов создания прототипов и тестирования. Межплатформенной поддержка позволит создать одну систему и в дальнейшем использовать на самых популярных операционных систем смартфонов, например Android и IOS.

Для использования дополненной реальности используется платформа ARCore. ARCore — это инструмент для разработки программного обеспечения, который позволяет создавать приложения дополненной реальности. Он использует три ключевые технологии для «внедрения» виртуального контента в реальную среду:

1. Отслеживание движения: позволяет понять положение в реальном мире.
2. Понимание окружающей среды: оно позволяет смартфону определять размер и местоположение всех типов поверхностей (вертикальных, горизонтальных и угловых).
3. Оценка освещённости: это позволяет смартфону оценить текущие условия освещения окружающей среды.

В настоящий момент ARCore поддерживается во многих популярных средах разработки приложений, в том числе в Unity для Android и IOS.

5. РЕЗУЛЬТАТЫ

В научной работе были рассмотрены различные системы позиционирования объектов, способные работать внутри помещений. Были рассмотрены технологии реализации этих систем, проведён их сравнительный анализ.

По результатам сравнения для системы позиционирования, реализуемой в данной научной работе, был выбран метод SLAM с использованием компьютерного зрения.

Проведено сравнение существующих методов для построение оптимальных маршрутов до цели. В разработанной системе, был выбран метод поиска кратчайшего пути в графе. По результатам сравнительного анализа алгоритмов реализации данного метода, был выбран алгоритм A*.

Были рассмотрены различные подходы для реализации части системы, отвечающей за отображение маршрута до цели. Из них была выбрана технология дополненной реальности.

Для демонстрации работы системы навигации, была сделана модель в виде приложения для смартфонов на основе Unity. Модель может выполнять функцию позиционирования пользователя внутри помещения, а также выполнять построение маршрута от местоположения пользователя до заданной цели.

Особенностью системы является возможность работы с использованием только смартфона пользователя, без установки дополнительного оборудования. Такая система может применяться в больших офисных зданиях, торговых центрах, вокзалах и других помещениях. С помощью разработанной системы пользователи смогут выполнять построения маршрутов от своего местоположения до необходимого офиса, магазина, платформы или других мест.

7. СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Official U.S. government information about the Global Positioning System and related topics – Режим доступа: <https://www.gps.gov/systems/gps/performance/accuracy> (дата обращения: 21.09.2020)
2. Wi-Fi Indoor Positioning System – Режим доступа: <https://www.ijser.org/researchpaper/Wi-Fi-Indoor-Positioning-System-Based-on-RSSI-Measurements.pdf> (дата обращения: 15.10.2020)
3. Estimote Company official site – Режим доступа: <https://estimote.com> (дата обращения: 12.11.2020)
4. Accuware Company official site – Режим доступа: <https://www.accuware.com> (дата обращения: 20.11.2020)
5. Insiteo Company official site – Режим доступа: <https://www.insiteo.com> (дата обращения: 28.11.2020)
6. The vSLAM Algorithm for Robust Localization and Mapping – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/221073651_The_vSLAM_Algorithm_for_Robust_Localization_and_Mapping (дата обращения: 12.12.2020)
7. Википедия OSPF – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/OSPF> (дата обращения: 16.12.2020)
8. Википедия IS-IS – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/IS-IS> (дата обращения: 18.12.2020)
9. Routing Information Protocol – Режим доступа: <https://www.geeksforgeeks.org/routing-information-protocol-rip> (дата обращения: 25.12.2020)
10. Advanced Research Projects Agency Network – Режим доступа: <https://www.britannica.com/topic/ARPANET> (дата обращения: 28.12.2020)
11. Поиск оптимального пути на множестве преград в компьютерных играх – Режим доступа: <https://www.graphicon.ru/html/2010/conference/RU/Se6/34.pdf> (дата обращения: 15.01.2021)