**Слайд 1.** Здравствуйте, меня зовут Горшков Никита Александрович, и я хочу представить Вам свою квалификационную работу бакалавра на тему «Метод построения велосипедных маршрутов».

В последнее время популярность использования велосипедов растет. Поэтому многие велосипедисты нуждаются в сервисах, которые помогут им построить оптимальный, безопасный или маршрут для тренировки на шоссейном велосипеде. Существующие сервисы маршрутизации работают, в основном, только для автомобилей. Отсутствие хороших сервисов построения велосипедных маршрутов можно объяснить несколькими проблемами, связанными с данной задачей. Первой проблемой является отсутствие данных о дорожках, по которым можно проехать на велосипеде. Другая проблема связана с тем, что для автоматического построения велосипедного маршрута необходимо учитывать множество факторов, относящихся к отдельному велосипедисту.

В данной работе разрабатывается метод, который позволяет решить первую и, частично, вторую проблему. Этот метод основан на построении не одного, а нескольких возможных маршрутов, из которых выбирается наиболее подходящий по определенным критериям.

**Слайд 2.** Целью данной работы является разработка метода построения велосипедных маршрутов и его реализация в виде Web-приложения. Для достижения этой цели необходимо выполнить ряд задач:

* Анализ и выбор алгоритмов для построения оптимальных и субоптимальных маршрутов в графах;
* Разработка метода построения веломаршрутов различных видов;
* Построение графа из исходных данных о карте;
* Реализация разработанного метода;
* Исследование полученных результатов.

**Слайд 3.** Основными алгоритмами поиска кратчайших путей являютсяпоиск в ширину, алгоритм Беллмана — Форда, алгоритм Флойда — Уоршелла, Алгоритм Дейкстры, Алгоритм А\*. Поиск в ширину работает с невзвешенными графами. Алгоритмы Беллмана-Форда и Флойда-Уоршелла могут работать с графами с отрицательными весами ребер, но в данной работе это не нужно, поэтому были выбраны алгоритм Дейкстры и А\* из-за меньшей вычислительной сложности. При этом А\* использует эвристическую функцию, поэтому является наиболее предпочтительным. Алгоритмов поиска альтернативных путей на данный момент известно не так много, поэтому и алгоритм Йена, и алгоритм поиска Е-близких путей выбраны для реализации в данной работе.

**Слайд 4.** Рассмотрим функциональную модель работы метода, которую можно разделить на 3 этапа:

1. Построение графа дорог;
2. Построение маршрута;
3. Отображение маршрута на карте.

Первый этап выполняется только один раз. На вход этого этапа метода подаются исходные данные об электронной карте OSM и область, в которой должны строится маршруты. Результатом выполнения этапа является готовый граф, который больше не будет изменяться во времени, поэтому он вместе с видом маршрута и конечной и начальной точкой передается на этап построения маршрута, результатом работы которого является последовательность точек построенного пути. Эта последовательность передается на вход последнему этапу, отображающему маршрут на карте.

**Слайд 5.** Сеть дорог представляется в виде связного ориентированного графа*G* = (𝑉, 𝐸) с множеством вершин *V* и множеством ребер 𝐸. Вершинами графа являются пересечения дорог. Каждая вершина имеет географические координаты. Ребрами графа являются дороги, соединяющие эти пересечения. Каждое ребро имеет несколько свойств: длина, тип дороги, ее название. Весом ребра является его длина. Эта длина высчитывается по формуле расстояния между точками на поверхности Земли.

**Слайд 6.** Рассмотрим этап построения графа более подробно. Исходными данными является XML-файл со сведениями о карте OpenStreetMap. Из этого файла создается база данных со всей информацией об объектах карты. После этого из базы удаляются все данные о дорогах, по которым запрещен или невозможен проезд на велосипеде. Далее получаются все точки карты, являющиеся пересечениями дорог. На основе этой информации создается графовая база данных, представляющая сеть дорог. Большинство объектов OSM представлены 2 типами данных: точка и линия. Точка (node) является базовым типом, только этот тип данных хранит географическую информацию об объекте – координаты в виде широты и долготы. В XML нотации объект типа node выглядит следующим образом (на слайде). Линия (way) является совокупностью указателей на точки. Линия должна содержать ссылку минимум на один, уже объявленный, объект типа node. XML представление объекта типа way показано на слайде.

**Слайд 7.** Теперь более подробно рассмотрим этап построения маршрута. Этот этап можно разделить на 3 задачи. Первой является построение кратчайшего маршрута. Построенный в результате путь поступает на вход задачи построения субоптимальных маршрутов, результатом работы которой является множество альтернативных путей. Это множество передается в этап выбора маршрута в зависимости от его вида.

**Слайд 8.** Для построения кратчайшего маршрута используются алгоритм Дейкстры и А\*.На каждом шаге этих алгоритмов уменьшаются метки, обозначающие уже найденное расстояние до вершин, смежных с текущей вершиной 𝑣. Из необработанных вершин выбирается та, у которой метка 𝑓(𝑣) имеет наименьшее значение. Для алгоритма Дейкстры метка 𝑓(𝑣) – расстояние от вершины-источника до вершины 𝑣. Для алгоритма А\* 𝑓(𝑣) - сумма расстояния от начальной вершины до текущей и оценки расстояния от текущей до конечной вершины 𝑡, вычисленное по формуле расстояния между точками на поверхности Земли.

**Слайд 9.** Теперь рассмотрим алгоритмы построения субоптимальных маршрутов. Алгоритм Йена находит 𝐾 маршрутов, являющихся наиболее близкими к кратчайшему пути и не имеющих циклов. Уже найденный кратчайший путь обозначается P^1 и добавляется в список A, который в итоге будет содержать K найденных субоптимальных путей. На каждой из *К* итераций с помощью удаления ребер ищутся новые маршруты, которые добавляются в список В. Далее маршрут, имеющий минимальную длину, удаляетя из списка В и добавляется в список А. Алгоритм продолжает свою работу, пока в списке A не будет записано K путей.

**Слайд 10.** Алгоритм поиска Е-близких путей находит маршруты, которые длиннее кратчайшего не более, чем на величину Е. Он основан на алгоритме Дейкстры. Отличается этот алгоритм тем, что на каждом шаге он не уменьшает метки вершин, а добавляет новые, каждый раз сохраняя вершину из которой он дошел до текущей. После достижения конечной вершины на основе проставленных меток ищутся все пути, длина которых меньше, чем длина кратчайшего + Е.

**Слайд 11.** Теперь рассмотрим последний этап поиска маршрута. На нем из найденного множества субоптимальных путей выбирается тот, который больше соотвествует выбранному виду (безопасному или спортивному). Этот выбор производится на основе типа дороги каждого ребра пути. Для каждого субоптимального маршрута вычисляется коэффициент безопасности по форуле, представленной на слайде. Таким образом, безопасным маршрутом считается тот, коэффициент безопасности которого максимален, а спортивным – коэффициент безопасности которого минимален.

**Слайд 12.** На основе описанных алгоритмов был разработан программный продукт, структура которого представлена на данном слайде.

**Слайд 13.** На этом слайде показаны результаты работа метода в зависимости от выбранного вида маршрута.

**Слайд 14.** По полученным результатам было проведено исследование с использованием разных комбинаций алгоритмов для поиска безопасного маршрута. На первом графике представлена зависимость времени поиска маршрута с помощью алгоритма Йена от коэффициента К. На втором графике проиллюстрована зависимость времени работы алгоритма поиска Е-близких маршрутов от коэффициента Е. Третий и четвертый графики показывает зависимость значения коэффициента безопасности постоенного маршрута для алгоритмов Йена и поиска Е-близких путей от коэффициентов К и Е соответсвенно. Проанализировав полученные результаты можно сказать, что комбинация алгоритма Дейкстры и алгоритма поиска Е-близких путей дает лучшие результаты не только в скорости работы, но и в качестве полученного результата.

**Слайд 15.** В результате выполнения данной работы были решены следующие задачи:

Проведен анализ и выбор алгоритмов для построения оптимальных и субоптимальных маршрутов в графах; Разработан метод построения веломаршрутов различных видов; Построен граф из исходных данных о карте; Реализован разработанный метод в виде web-приложения; Проведено исследование результатов работы метода.

В качестве перспективы развития данной работы планируется добавить просмотр подробной информации о построенном маршруте, ручное редактирования пути и возможность отмечать зоны, нежелательные для проезда.