

# Построение семейств оптимальных маршрутов на морских картах

Иван Громаковский

Научный руководитель: А. С. Ковалев

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет  
информационных технологий, механики и оптики

## Цели работы

- Исследование проблемы поиска семейств маршрутов по воде
- Формализация понятия семейства оптимальных маршрутов
- Разработка и реализация алгоритма для работы в режиме реального времени

## Актуальность задачи

Проблемы поиска единственного маршрута:

- критерии оптимальности не всегда очевидны и формализуемы

## Актуальность задачи

Проблемы поиска единственного маршрута:

- критерии оптимальности не всегда очевидны и формализуемы
- ненадёжность

# Актуальность задачи

Проблемы поиска единственного маршрута:

- критерии оптимальности не всегда очевидны и формализуемы
- ненадёжность

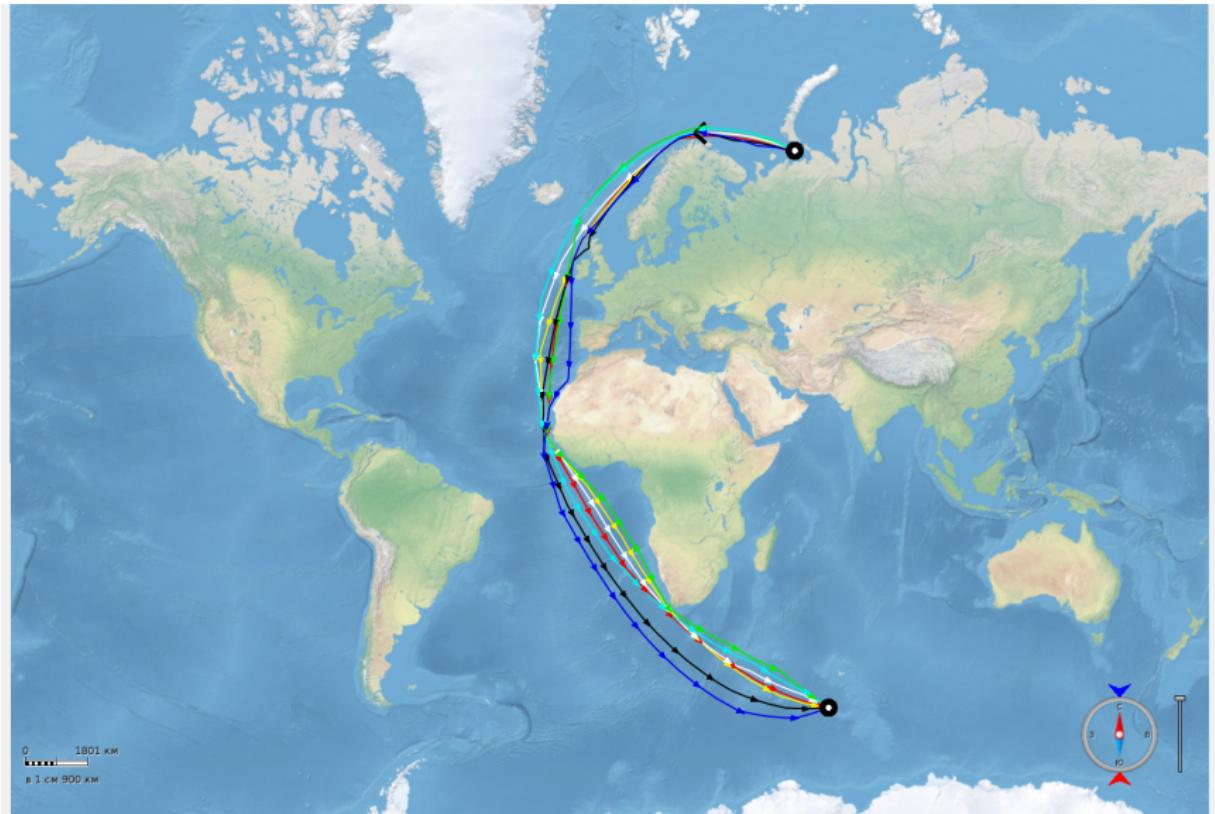
Неизвестны алгоритмы multipath planning на воде

# Существующие алгоритмы

Известные алгоритмы multipath planning:

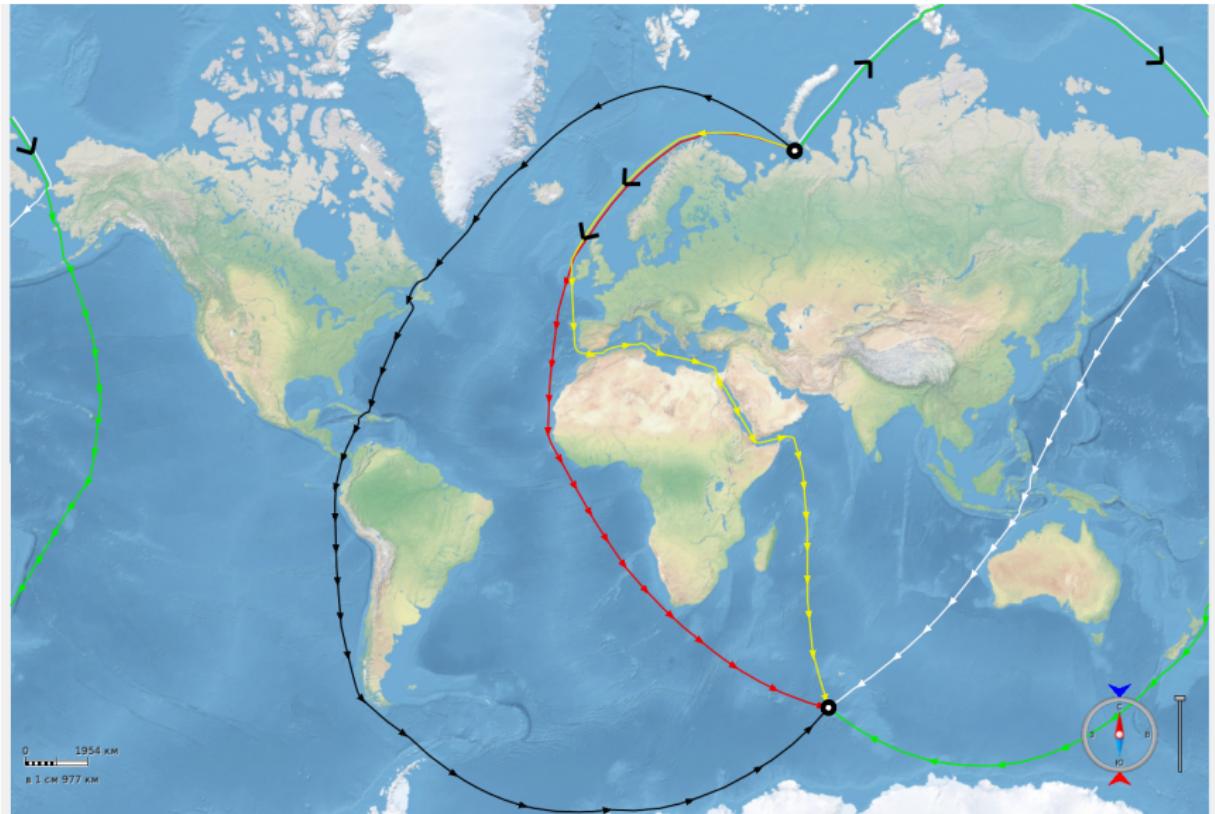
- разрабатывались для других целей
- не учитывают реальное физическое расположение вершин в графе
- строят очень похожие маршруты на морских картах

# Существующие алгоритмы



Результат работы известного алгоритма

# Существующие алгоритмы



Желаемый результат

# Оптимальность маршрутов

## Определение

Назовём семейством оптимальных маршрутов из одной точки в другую максимальное по включению множество путей между этими точками, обладающее следующими свойствами:

- для любых двух маршрутов найдётся препятствие, обход которого происходит с разных сторон
- отношение диаметра такого препятствия к длине кратчайшего из двух маршрутов больше наперёд заданной константы
- TODO: слайд не совсем готов, нужно будет подкорректировать определение

# Предобработка данных

- Карта → полигон
- Смещение полигона внутрь
- Граф по сетке на плоскости + граф локальной видимости
- Ограничение длины ребра
- Дополнительные рёбра

## Поиск одного маршрута

- Добавление вершин в граф

## Поиск одного маршрута

- Добавление вершин в граф
- Алгоритм Дейкстры

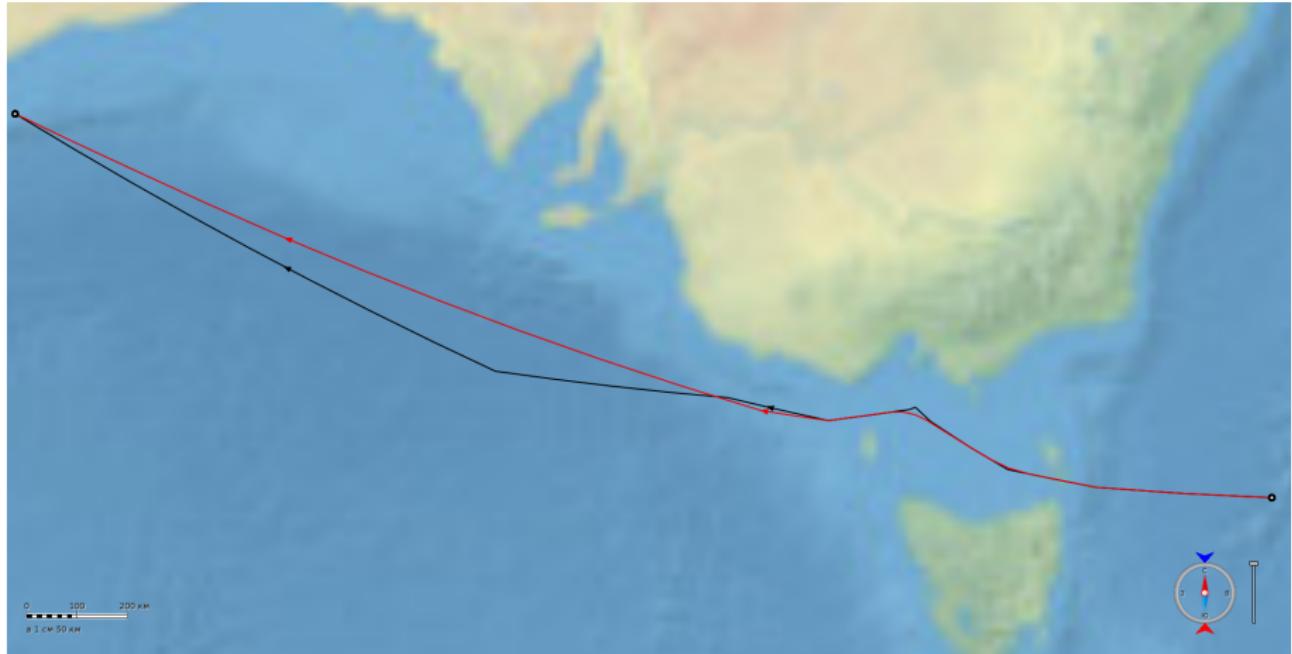
## Поиск одного маршрута

- Добавление вершин в граф
- Алгоритм Дейкстры
- Сокращение маршрута
  - Если подпуть  $A \rightarrow B \rightarrow C$  можно выгодно заменить на  $A \rightarrow C$ , заменяем
  - Подразбиение маршрута

# Поиск одного маршрута

- Добавление вершин в граф
- Алгоритм Дейкстры
- Сокращение маршрута
  - Если подпуть  $A \rightarrow B \rightarrow C$  можно выгодно заменить на  $A \rightarrow C$ , заменяем
  - Подразбиение маршрута
- Сглаживание маршрута

# Поиск одного маршрута



Сокращение и сглаживание

## Поиск нескольких маршрутов

- Поиск одного маршрута

# Поиск нескольких маршрутов

- Поиск одного маршрута
- Обновление весов:
  - Потенциалы как функция кратчайших расстояний от фиктивной вершины
  - Обновление потенциалов
  - Применение потенциалов

# Поиск нескольких маршрутов

- Поиск одного маршрута
- Обновление весов:
  - Потенциалы как функция кратчайших расстояний от фиктивной вершины
  - Обновление потенциалов
  - Применение потенциалов
- Проверка критерия остановки:
  - Длина маршрута
  - Метрики на маршрутах

# Обновление весов



Figure: Потенциалы должны быть множителями, а не слагаемыми

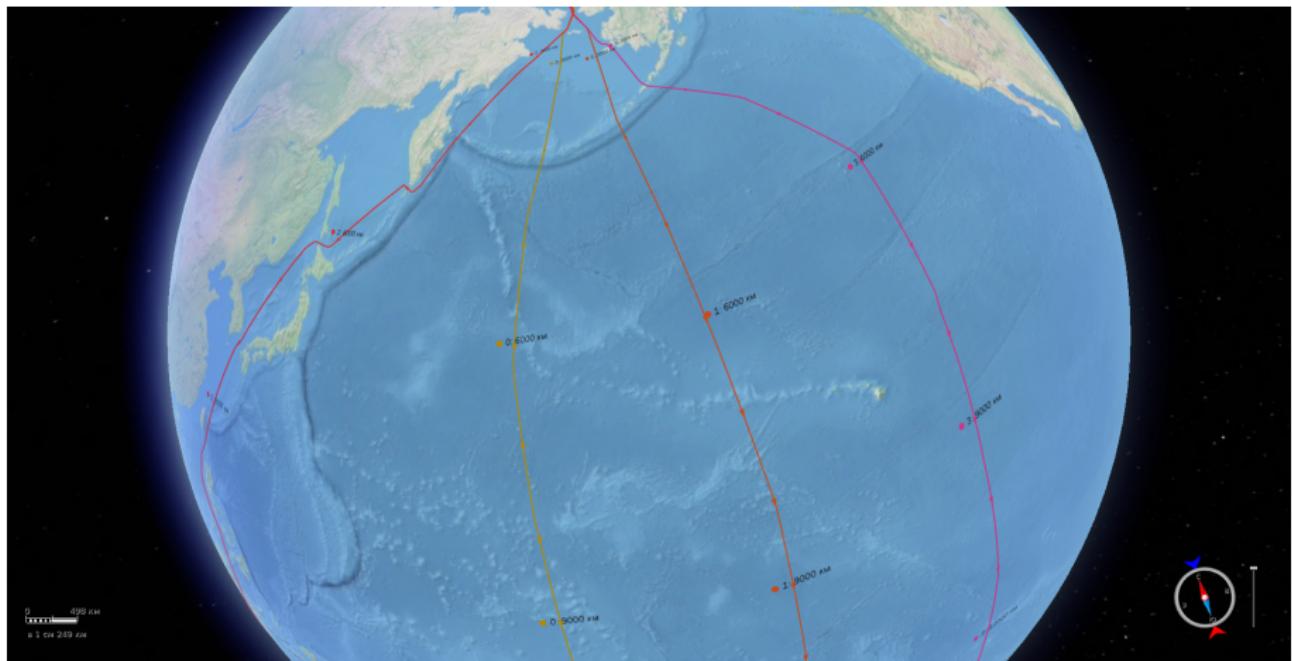
# Обновление весов



Figure: На маршруте потенциалы меньше, чем поблизости

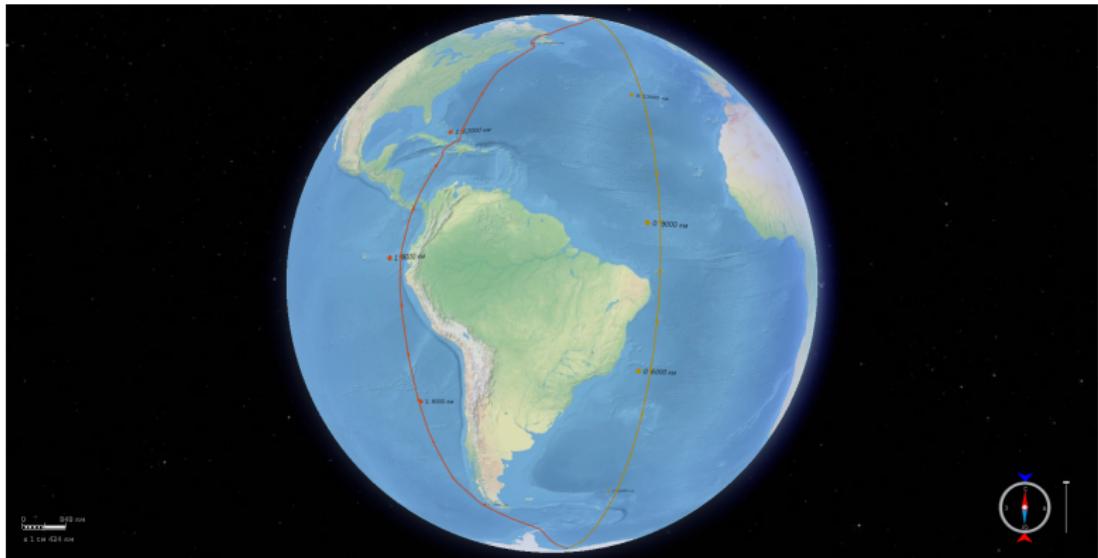
# Метрики

$$\rho_1(P, Q) = \max\left(\max_{u \in P} \min_{v \in Q} \rho_g(u, v), \max_{u \in Q} \min_{v \in P} \rho_g(u, v)\right)$$



# Метрики

$$\rho_2(P, Q) = \max\left(\max_{u \in P} \frac{\min_{v \in Q_u} \rho_g(u, v)}{\min_{v \in Q_u} \rho_r(u, v)}, \max_{u \in Q} \frac{\min_{v \in P_u} \rho_g(u, v)}{\min_{v \in P_u} \rho_r(u, v)}\right)$$
$$Q_u = \{v : \rho_r(u, v) > \varepsilon\}$$



# Вычисление метрик

- Фиктивная вершина
- Обход Дейкстры, пока не посещены вершины второго пути
- Заканчиваем, если достигли необходимого значения
- Поиск ближайшей вершины (вторая метрика) — перебором
- На практике затраты как на первую, так и на вторую метрику небольшие

# Результаты

- Разработан и реализован алгоритм построения семейств оптимальных маршрутов
- Проведено сравнение с существующими подходами
- Поиск выполняется примерно за полсекунды
- Используется в 3D-клиенте ЗАО «Кронштадт Технологии»

# Результаты



Спасибо за внимание!

Вопросы?