

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

Поиск семейств оптимальных маршрутов на морских картах

Иван Громаковский
Научный руководитель: А. С. Ковалев

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

13 мая 2015

Цели работы

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

- Исследование проблемы поиска семейств маршрутов на море

Цели работы

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

- Исследование проблемы поиска семейств маршрутов на море
- Формализация понятия семейства оптимальных маршрутов

Цели работы

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

- Исследование проблемы поиска семейств маршрутов на море
- Формализация понятия семейства оптимальных маршрутов
- Разработка и реализация алгоритма для работы в реальном времени

Актуальность задачи

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

Проблемы поиска единственного маршрута:

- критерии оптимальности не всегда очевидны и формализуемы

Актуальность задачи

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

Проблемы поиска единственного маршрута:

- критерии оптимальности не всегда очевидны и формализуемы
- ненадёжность

Актуальность задачи

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

Проблемы поиска единственного маршрута:

- критерии оптимальности не всегда очевидны и формализуемы
- ненадёжность
- приводит к повышенной загруженности

Актуальность задачи

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

Проблемы поиска единственного маршрута:

- критерии оптимальности не всегда очевидны и формализуемы
- ненадёжность
- приводит к повышенной загруженности

Неизвестны алгоритмы multipath-planning на море

Оптимальность маршрутов

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

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

Оптимальность маршрутов

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

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 \geq наперёд заданной константы

Оптимальность маршрутов

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

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 \geq наперёд заданной константы
- TODO: слайд не совсем готов, нужно будет подкорректировать определение

Существующие алгоритмы

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

Известные алгоритмы множественного поиска путей в
графе имеют следующие недостатки:

- разрабатывались для других целей

Существующие алгоритмы

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

Известные алгоритмы множественного поиска путей в графе имеют следующие недостатки:

- разрабатывались для других целей
- не учитывают реальное физическое расположение вершин в графе

Существующие алгоритмы

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

Известные алгоритмы множественного поиска путей в графе имеют следующие недостатки:

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

Существующие алгоритмы

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев



Существующие алгоритмы

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев



Предобработка данных

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

- Карта → полигон

Предобработка данных

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

- Карта → полигон
- Смещение полигона внутрь

Предобработка данных

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

- Карта → полигон
- Смещение полигона внутрь
- Граф по сетке на плоскости + граф локальной видимости

Предобработка данных

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

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

Предобработка данных

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

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

Поиск одного маршрута

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

■ Добавление вершин в граф

Поиск одного маршрута

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

- Добавление вершин в граф
- Алгоритм Дейкстры

Поиск одного маршрута

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

- 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

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

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

Поиск одного маршрута

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

- 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 нескольких маршрутов

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

■ Поиск одного маршрута

Поиск нескольких маршрутов

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

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

Поиск нескольких маршрутов

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

- 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

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев



Рис.: Потенциалы должны быть множителями, а не слагаемыми

Обновление весов

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

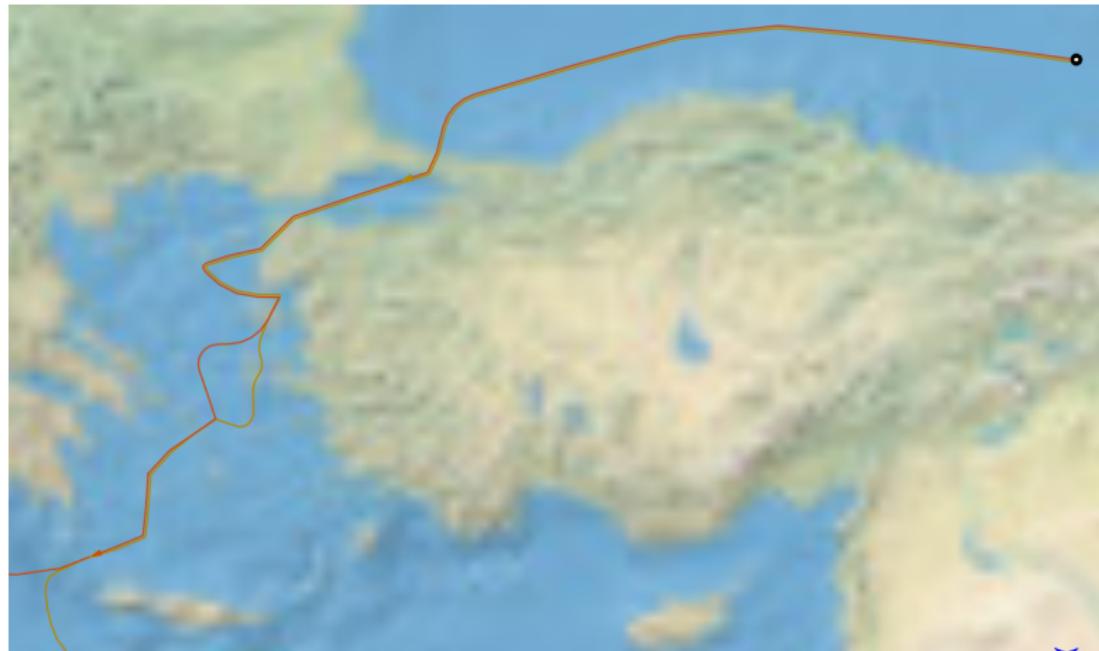


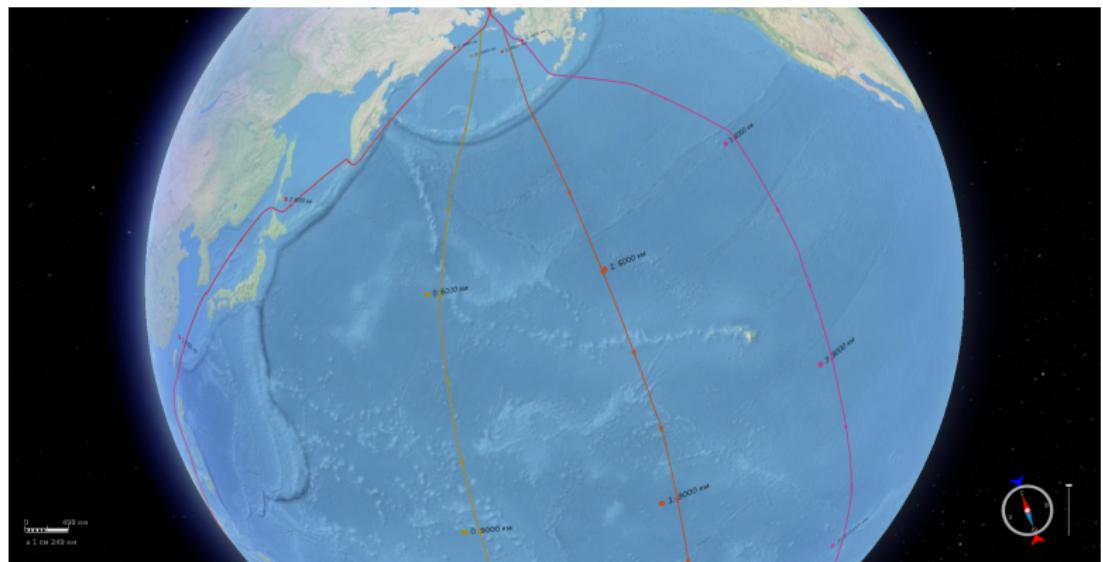
Рис.: На маршруте потенциалы меньше, чем поблизости

Метрики

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

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

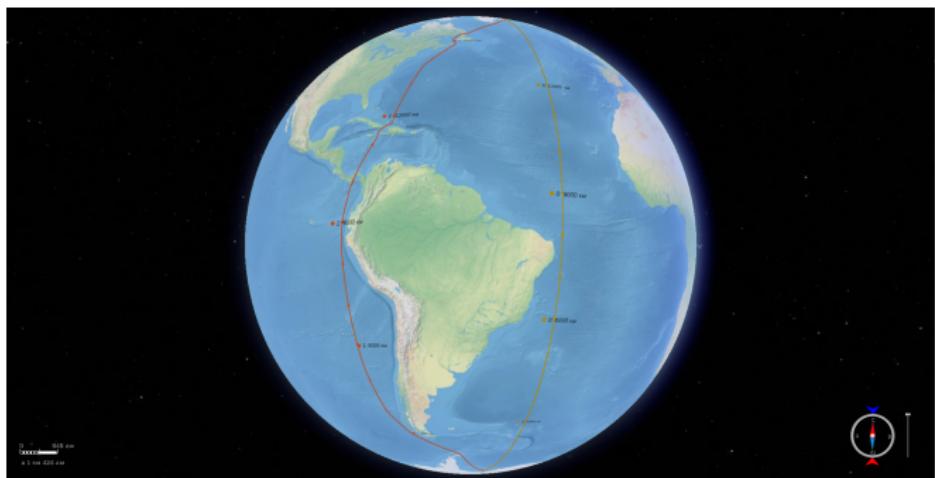


Метрики

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

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



Вычисление метрик

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

- 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

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

- 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

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев



Спасибо за внимание!

Поиск
семейств
оптималь-
ных
маршрутов
на морских
картах

Иван Грома-
ковский
Научный ру-
ководитель:
А. С.
Ковалев

Вопросы?