

Планирование маршрута для автономного наземного робота с учетом множества критериев ОПТИМИЗАЦИИ

Р.О. Лавренов¹, И.М. Афанасьев¹, Е.А. Магид²

¹Институт Робототехники, АНО ВО «Университет Иннополис»

²Кафедра интеллектуальной робототехники, ВШ ИТИС, КФУ

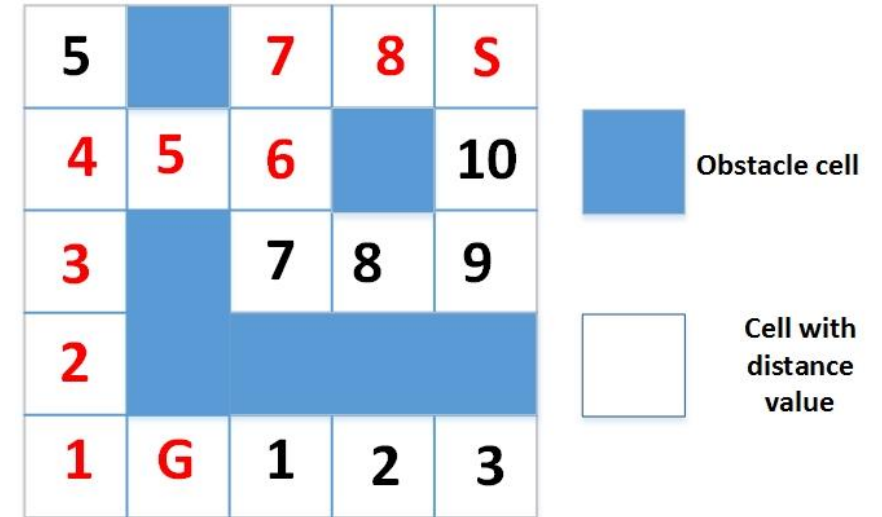
Содержание

- Методы планирования маршрута
- Ключевые параметры целевой функции
- Принцип работы алгоритма
- Результаты работы алгоритма
- Выводы
- План дальнейшей работы

Методы планирования маршрута

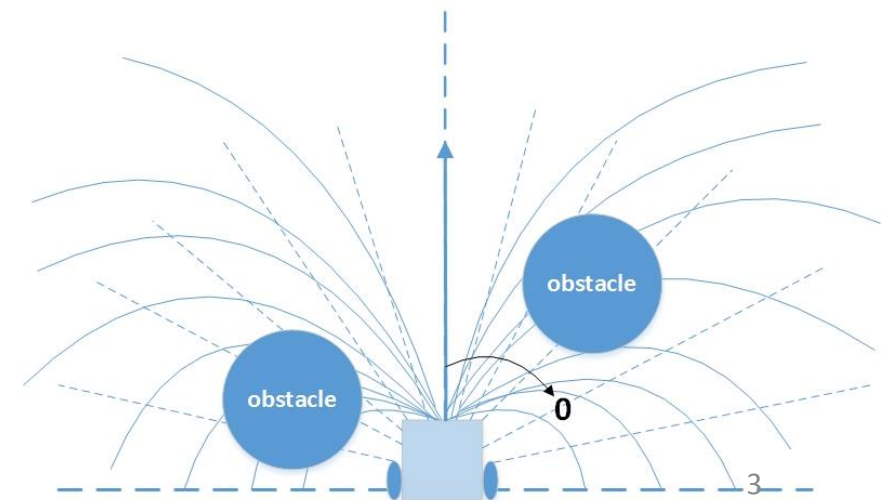
- Глобальные

- Карта заранее известна
- Построение связанного графа
- Поиск по графу



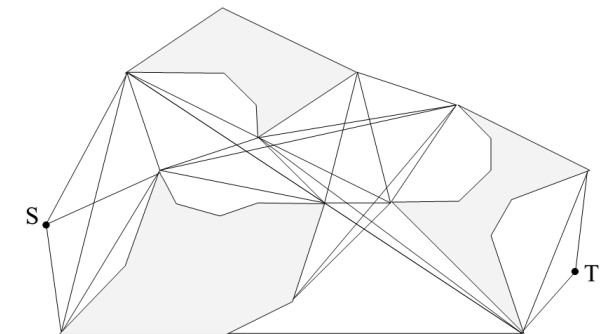
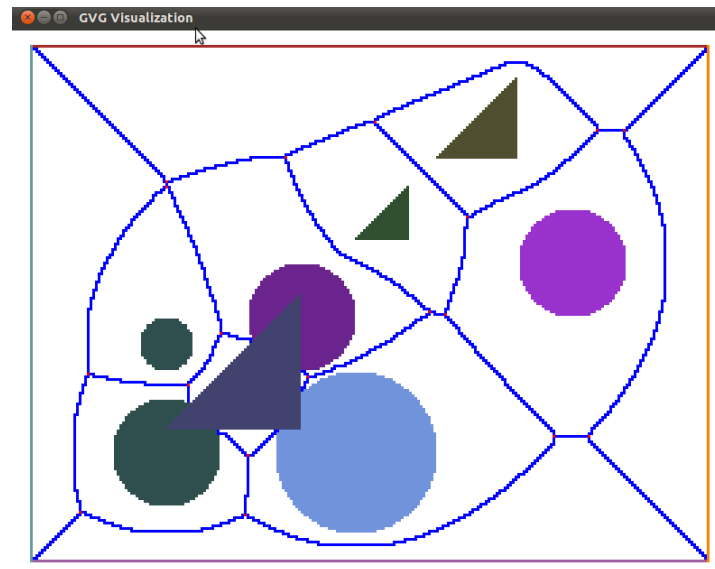
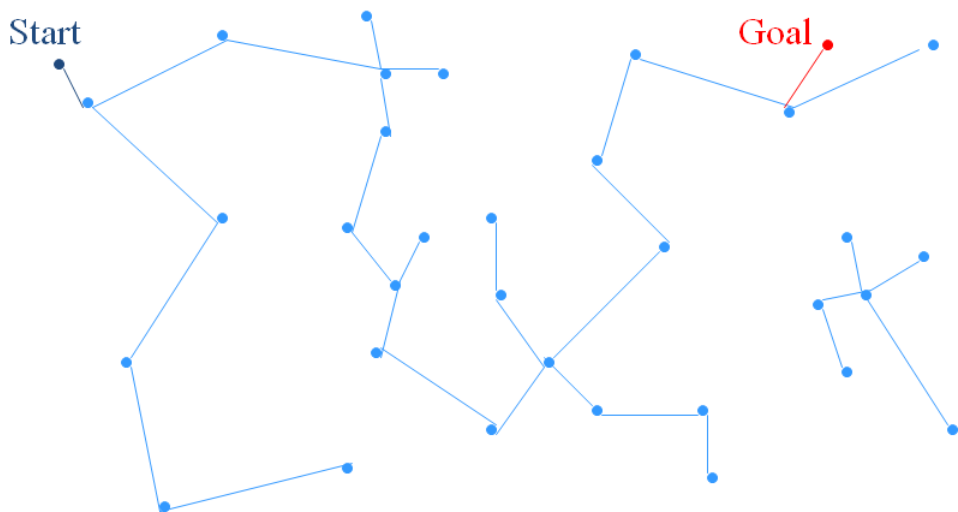
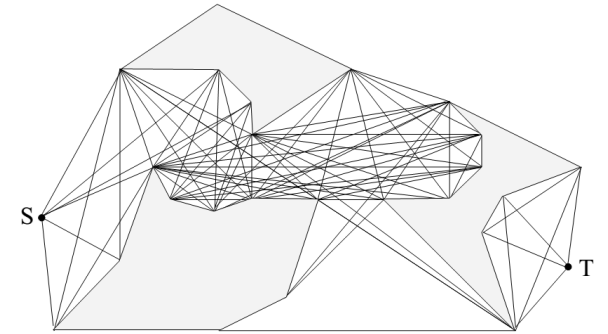
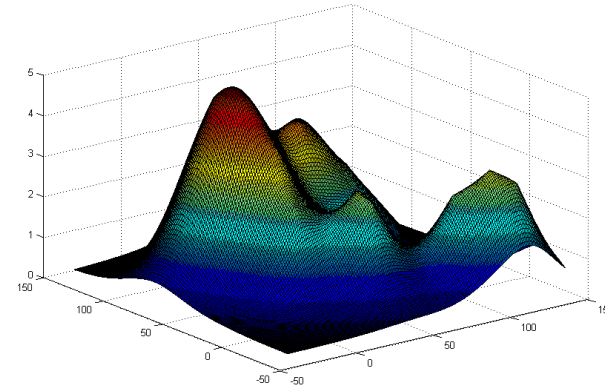
- Локальные

- Карта заранее неизвестна
- Сбор сенсорных данных и принятие решений на их основе
- Избегание локальных коллизий с препятствиями



Глобальные методы планирования маршрута

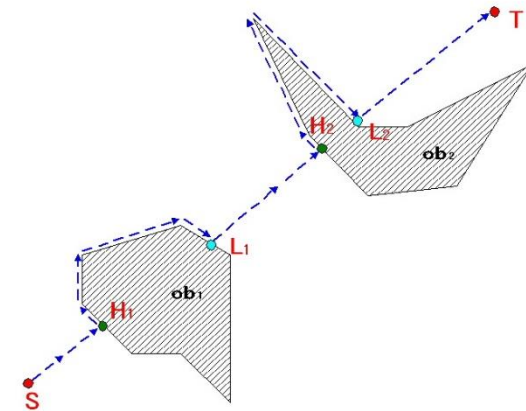
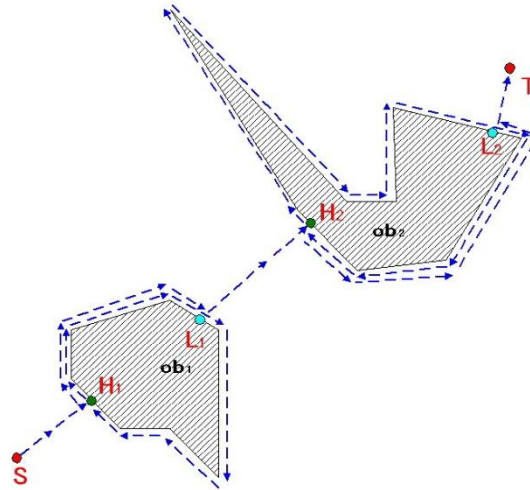
- Методы потенциального поля
- Методы дорожной карты
 - ✓ Метод графов видимости
 - ✓ Метод графа касательных
 - ✓ Методы вероятностных дорожных карт
 - ✓ Метод диаграммы Вороного



Локальные методы планирования маршрута

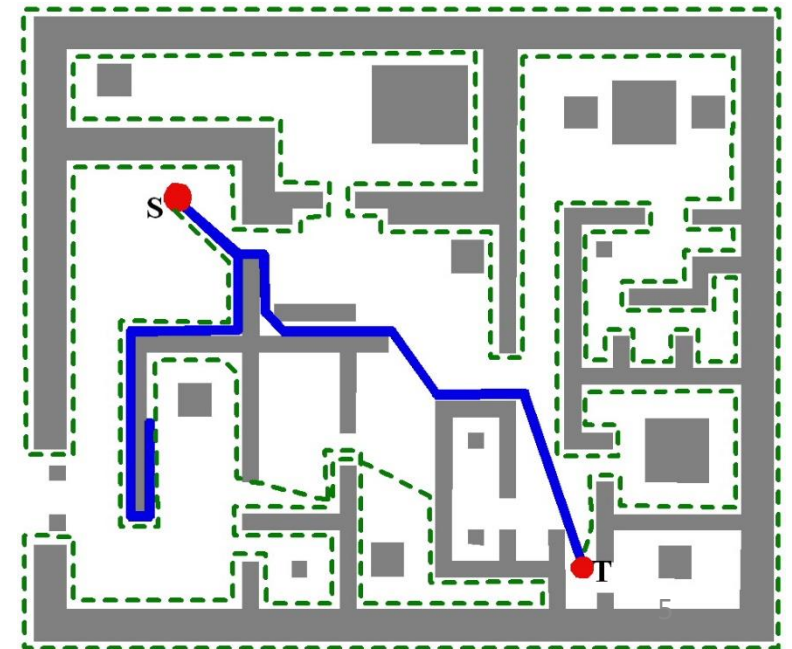
- Алгоритмы семейства Bug

- ✓ Bug1, Bug2, DistBug
- ✓ TangentBug
- ✓ CautionsBug



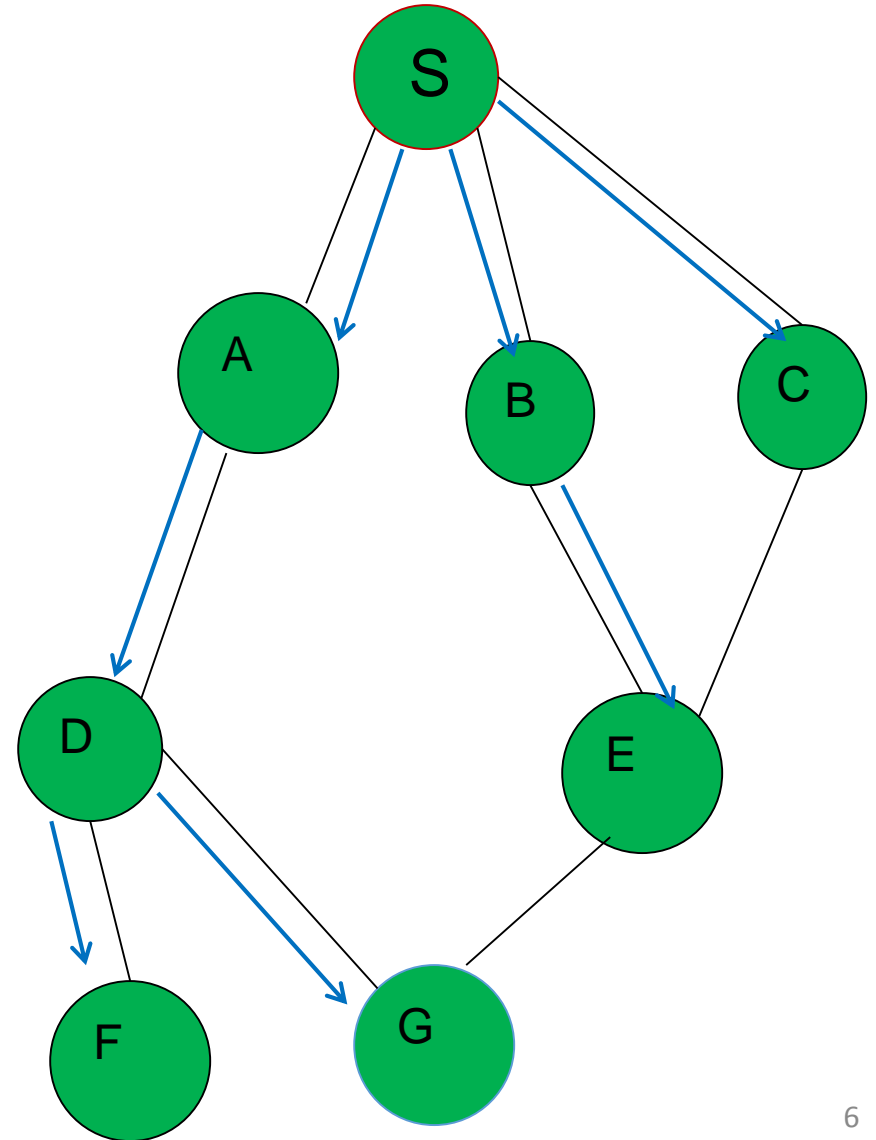
- Методы гистограммы векторного поля

- ✓ VFH+
- ✓ VFH*



Алгоритмы поиска по графу

- Алгоритмы семейства A*
 - ARA*
 - D*
 - LPA*
 - D* Lite
 - AD*



Концепция

- **Наличие предварительной информации**
 - ✓ карты местности
 - ✓ планы зданий
- **Динамические изменения карт**
 - ✓ устаревшие карты
 - ✓ разрушения
 - ✓ динамические объекты: другие спасательные команды и выжившие
- **Взаимодействие группы роботов**
 - ✓ основной БНР – движение по заранее спланированному маршруту, сбор данных, перепланирование
 - ✓ вспомогательные БПЛА – разведка и обновление карты



Ключевые параметры целевой функции (1 из 2)

- **Время прохождения**
 - ✓ пройти маршрут самым быстрым образом
 - ✓ значение коррелирует с длиной и сглаженностью маршрута, и другими критериями
- **Длина пути**
 - ✓ пройти кратчайшим путем в рассчитанной гомотопии
- **Максимальное (или среднее) расстояние до препятствий по мере прохождения маршрута**
 - ✓ во время движения сохранять дистанцию до препятствий
- **Кривизна пути (производная)**
 - ✓ при движении по маршруту не присутствуют резкие изменения траектории



Ключевые параметры целевой функции (2 из 2)

- ***Время выхода на целевую позицию и время прямой видимости начальной точки***
 - ✓ нетривиальный критерий, который оценивает насколько важно быть на прямой видимости со стартовой или финишной точкой
 - ✓ пример: в начальной точке у робота есть связь с устройством контроля, помогающем в планировании пути, и требуется выбрать маршрут, как можно дольше поддерживающий эту связь

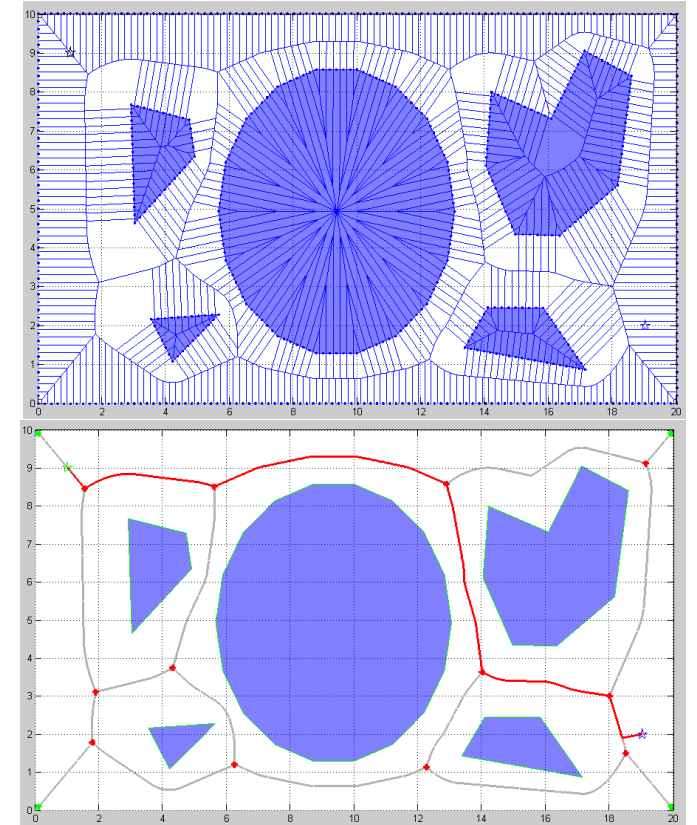
Критические точки опасности и роутеры связи

- Удержание на определенном расстоянии
- **Максимальное расстояние от роутеров связи**
 - ✓ контакт с контролирующим устройством
 - ✓ обследование карты или движение по выбранному маршруту
- **Длина пути, укрытая от опасностей**
 - ✓ пример:
 - в «точке опасности» находится источник радиации, открытый огонь или вооруженный злоумышленник
 - выбор маршрута - при прохождении робот максимально загорожен препятствиями со стороны опасностей
- **Минимальное расстояние от мест точек опасности**
 - ✓ с учетом безопасной дистанции во время движения робота

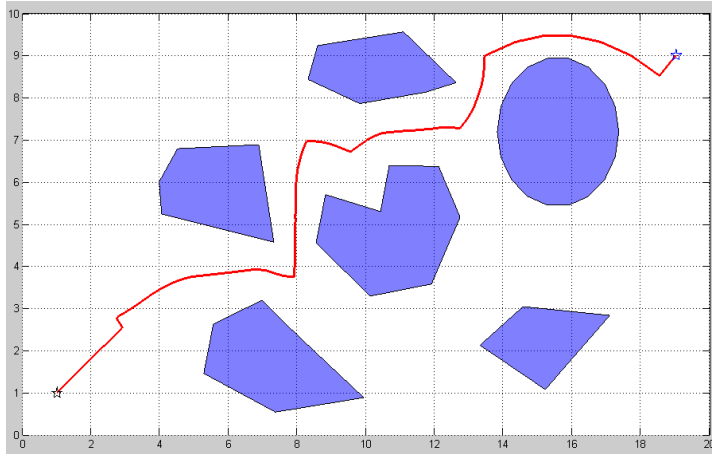


Предварительный расчет маршрутов в MATLAB

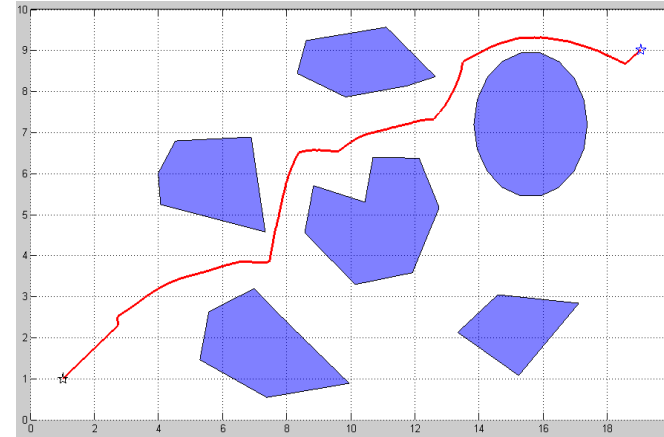
- 1) Предварительно рассчитываются траектории в разных гомотопиях, удовлетворяющие 100% значениям критериев; затем, в зависимости от процентного вклада каждого критерия, вычисляется путь
- 2) Алгоритм находит различные маршруты внутри нескольких гомотопий (5-10)
 - ✓ гарантирует множественные варианты пути
- 3) Находятся соответствия между гомотопиями разных методов



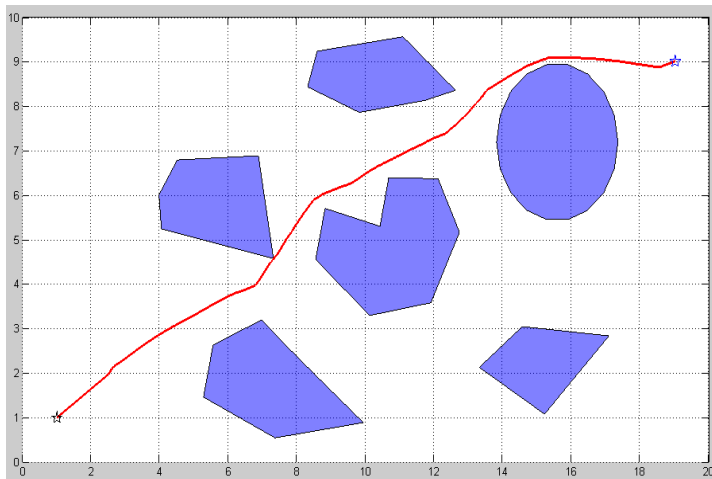
Результаты пересчета маршрута при изменении критериев оценки в режиме реального времени



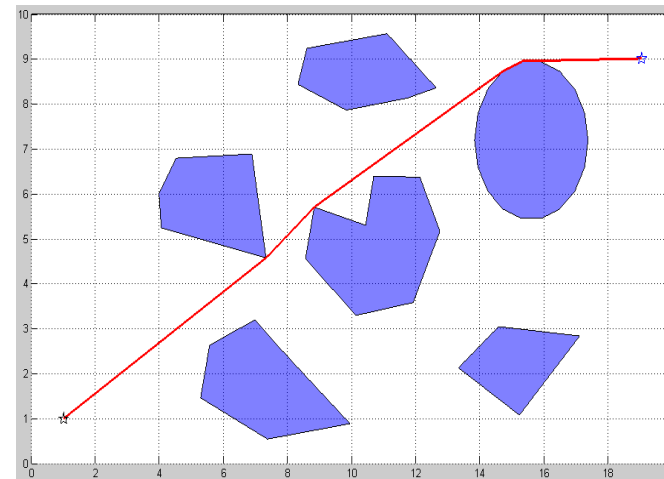
Критерий
расстояния до
препятствий –
100%, длины
пути 0%



Критерий
расстояния до
препятствий –
65%, длины
пути
35%

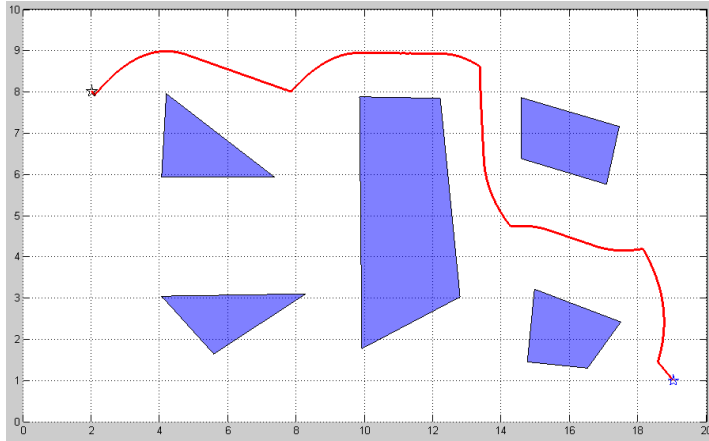


Критерий
расстояния до
препятствий –
35%, длины
пути
65%

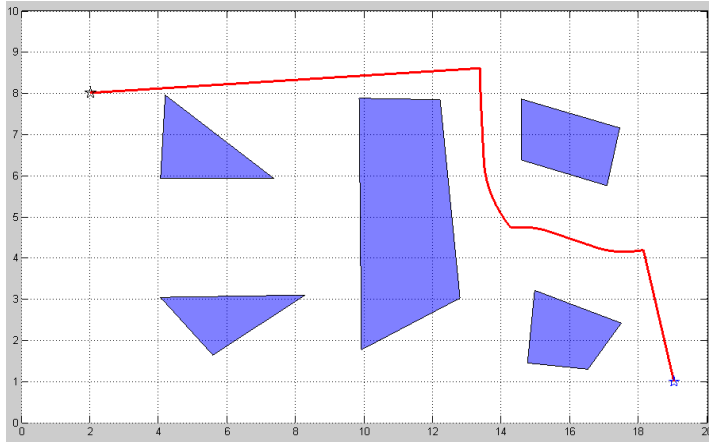


Критерий
расстояния до
препятствий –
0%, длины
пути
100%

Результаты пересчета маршрута при изменении критериев оценки в режиме реального времени



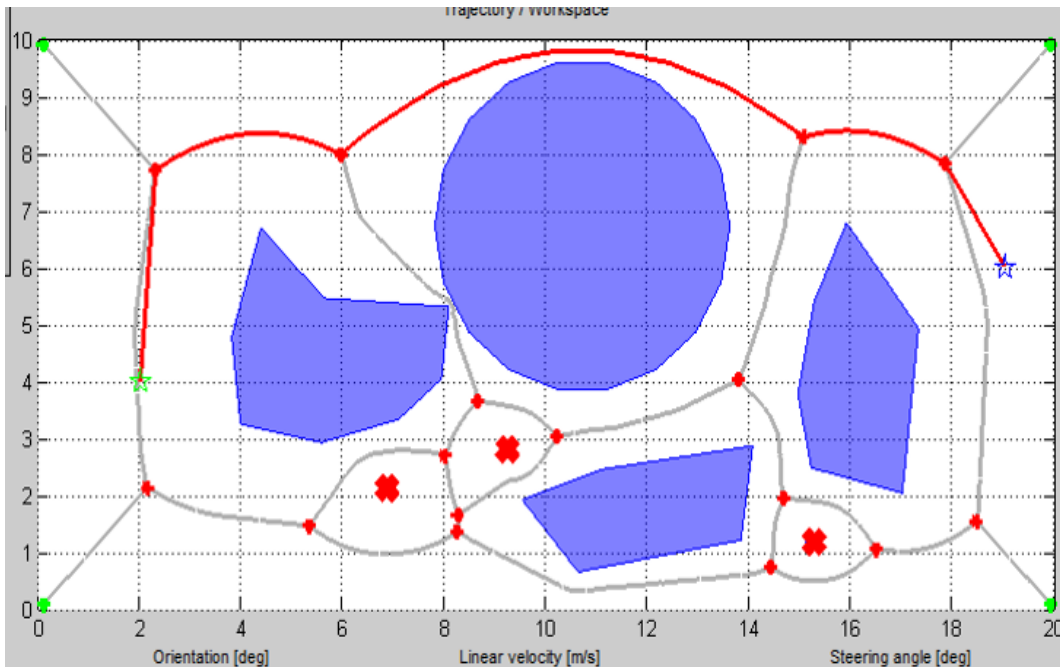
Критерий
расстояния –
100%, время
прямой
видимости - 0%



Критерий
расстояния –0%,
время прямой
видимости -
100%

- Критерий прямой видимости - при спрямлении сегментов диаграммы Вороного полностью видимых с начальной(конечной) точки

Результаты изменения параметров в реальном времени



- Среди гомотопий будет выбираться та, которая удовлетворяет критериям удаленности от точек опасности (или доступности роутеров связи)
- В дальнейшем к данной гомотопии будут применяться критерии как для обычного пути

Выводы

- Разработан алгоритм построения маршрута для автономного наземного робота с учетом множества параметров оптимизации
- Целевая функция может изменяться динамически
- Учитываются нетривиальные параметры и есть возможность увеличивать их число

План дальнейшей работы

- 1) Интегрировать в алгоритм дополнительные параметры целевых функций, в том числе, связанные с неровностями поверхности, что потребует применение алгоритмов локального планирования пути
- 2) Проведение анализа корреляции между связанными параметрами оптимизации пути
- 3) Настройка работы планирования маршрута в среде с динамическими препятствиями