

Оптимизация параметров стратегий поиска объектов на море

Антон Ковшаров

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

9 мая 2015 г.

Содержание

Постановка задачи

Симуляция эволюции распределения

Алгоритм построения маршрута

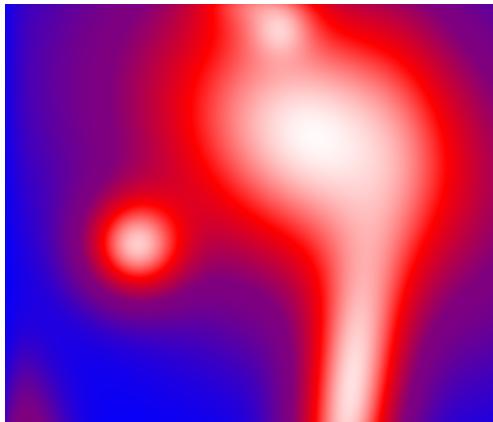
Полученные результаты

Цель работы

Построить маршрут поиска объекта максимизирующий вероятность его обнаружения. Фиксированы:

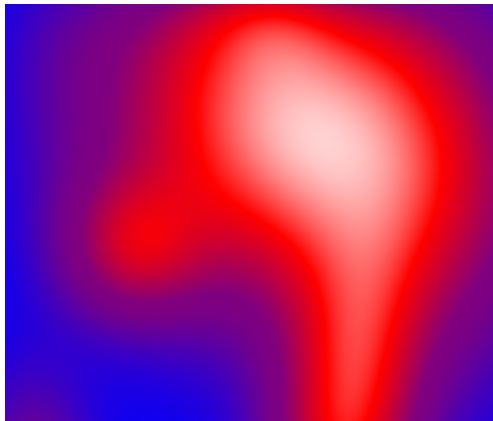
- распределение вероятности (зависимость от времени)
- параметры средства поиска
- стратегия поиска - “параллельное галсирование”

Распределение вероятности



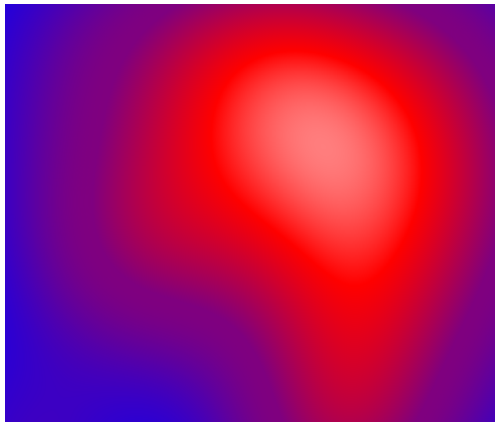
- Начальное распределение
 - Нормальное распределение
 - Равномерное распределение
- Эволюция распределения (диффузия)

Распределение вероятности



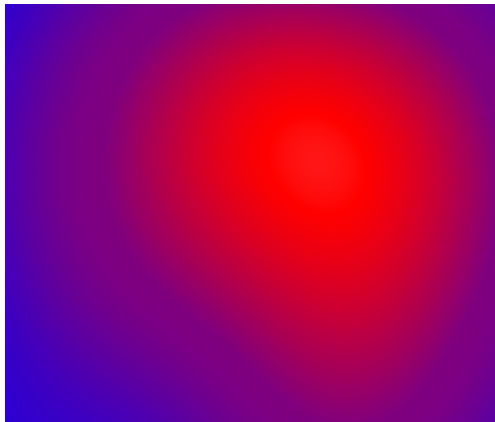
- Начальное распределение
 - Нормальное распределение
 - Равномерное распределение
- Эволюция распределения (диффузия)

Распределение вероятности



- Начальное распределение
 - Нормальное распределение
 - Равномерное распределение
- Эволюция распределения (диффузия)

Распределение вероятности



- Начальное распределение
 - Нормальное распределение
 - Равномерное распределение
- Эволюция распределения (диффузия)

Распределение вероятности

Распределение вероятности

Распределение частиц

- частица — гипотеза изначального положения объекта поиска и его поведения
- вес частицы — вероятность гипотезы
- перемещение частиц с течением времени
- сбор частиц средством поиска
- больше вес собранных частиц — больше вероятность обнаружить объект

Распределение вероятности

Распределение частиц

- частица — гипотеза изначального положения объекта поиска и его поведения
- вес частицы — вероятность гипотезы
- перемещение частиц с течением времени
- сбор частиц средством поиска
- больше вес собранных частиц — больше вероятность обнаружить объект

Распределение вероятности

Распределение частиц

- частица — гипотеза изначального положения объекта поиска и его поведения
- вес частицы — вероятность гипотезы
- перемещение частиц с течением времени
- сбор частиц средством поиска
- больше вес собранных частиц — больше вероятность обнаружить объект

Распределение вероятности

Распределение частиц

- частица — гипотеза изначального положения объекта поиска и его поведения
- вес частицы — вероятность гипотезы
- перемещение частиц с течением времени
- сбор частиц средством поиска
- больше вес собранных частиц — больше вероятность обнаружить объект

Распределение вероятности

Распределение частиц

- частица — гипотеза изначального положения объекта поиска и его поведения
- вес частицы — вероятность гипотезы
- перемещение частиц с течением времени
- сбор частиц средством поиска
- больше вес собранных частиц — больше вероятность обнаружить объект

Распределение вероятности

Распределение частиц

- частица — гипотеза изначального положения объекта поиска и его поведения
- вес частицы — вероятность гипотезы
- перемещение частиц с течением времени
- сбор частиц средством поиска
- больше вес собранных частиц — больше вероятность обнаружить объект

Параметры распределения

- $A_{t_0} : R^2 \rightarrow R$ — начальное распределения (аппроксимируется матрицей)
- $f(A_t, \Delta t) = A_{t+\Delta t}$ — функция изменения распределения

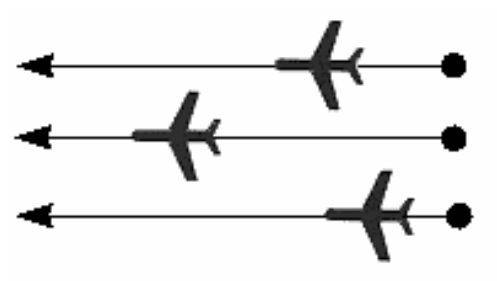
Параметры средства поиска

- p_0 — начальное положение средства поиска
- v — скорость средства поиска
- r — радиус обнаружения средства поиска (все частицы попавшие в круг радиуса обнаружения считаются “собранными”)

Стратегии поиска

- “Заданный маршрут”
- “Гребенка”
- “Параллельное галсирование”
- “Расширяющийся квадрат”

Стратегии поиска



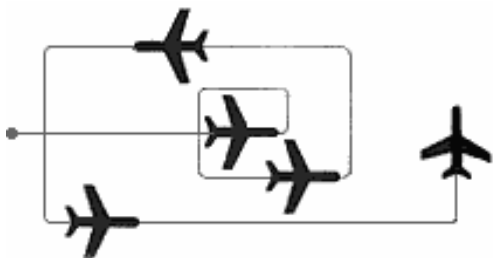
- “Заданный маршрут”
- “Гребенка”
- “Параллельное галсирование”
- “Расширяющийся квадрат”

Стратегии поиска



- “Заданный маршрут”
- “Гребенка”
- “Параллельное галсирование”
- “Расширяющийся квадрат”

Стратегии поиска



- “Заданный маршрут”
- “Гребенка”
- “Параллельное галсирование”
- “Расширяющийся квадрат”

Стратегии поиска

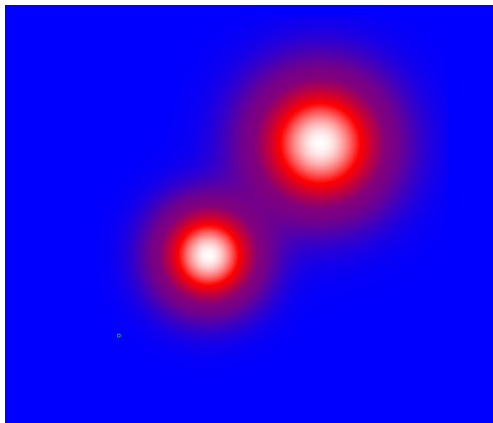


- “Заданный маршрут”
- “Гребенка”
- “Параллельное галсирование”
- “Расширяющийся квадрат”

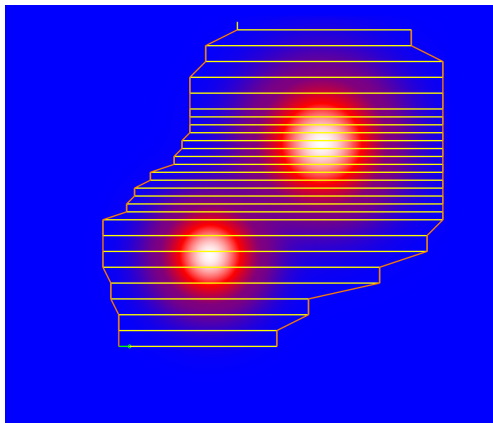
Параметры стратегии поиска

Параллельное галсирование

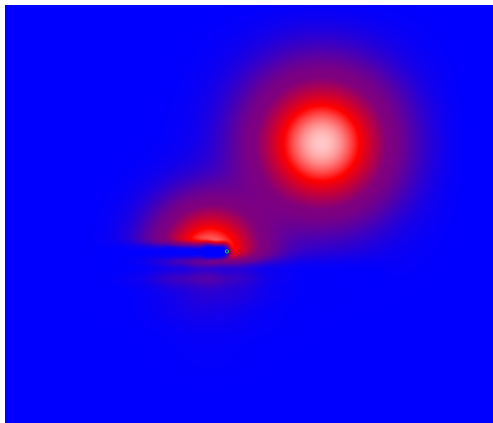
- l - прямая параллельная направлению галсов



- Построение маршрута поиска объекта, основываясь на поле вероятности
- Симуляция прохождения маршрута



- Построение маршрута поиска объекта, основываясь на поле вероятности
- Симуляция прохождения маршрута



- Построение маршрута поиска объекта, основываясь на поле вероятности
- Симуляция прохождения маршрута

Входные данные

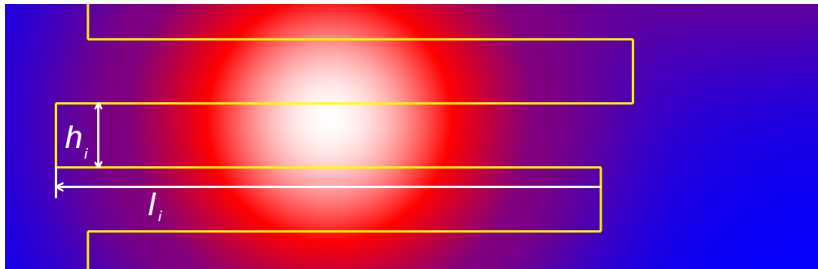
- параметры распределения
- параметры средства поиска
- параметры стратегии поиска
- t — время поиска

Задача

- $\pi : \Pi$ — частица
- w_π — вес частицы (сумма весов 1)
- $\chi(\pi) = \begin{cases} 1 & \text{если } \exists t \text{dist}(\text{posFinder}(t), \text{pos}(\pi, t)) \leq r \\ 0 & \text{иначе} \end{cases}$
- $S_{res} = \sum_{\pi \in \Pi} \chi(\pi) w_\pi$

Построить маршрут максимизирующий S_{res}

Выходные данные



- l_i — проекция i -го галса на прямую l
- h_i — разница между галсом i и $i + 1$
- S_{res} — доля собранных частиц от начального распределения

Содержание

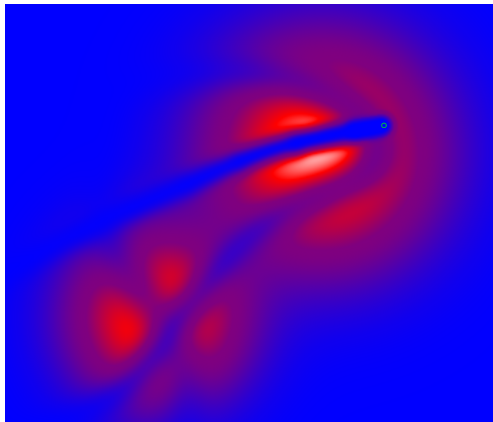
Постановка задачи

Симуляция эволюции распределения

Алгоритм построения маршрута

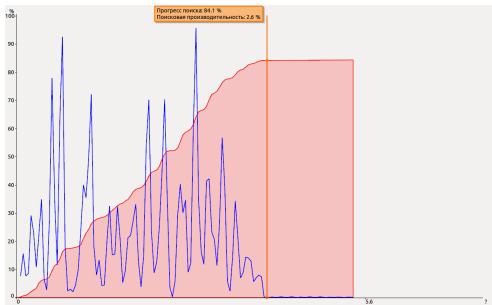
Полученные результаты

Сервисы симулятора



- демонстрация распределения в каждый момент прохождения маршрута
- Статистика
 - прогресс поиска
 - поисковая производительность

Сервисы симулятора



- демонстрация распределения в каждый момент прохождения маршрута
- Статистика
 - прогресс поиска
 - поисковая производительность

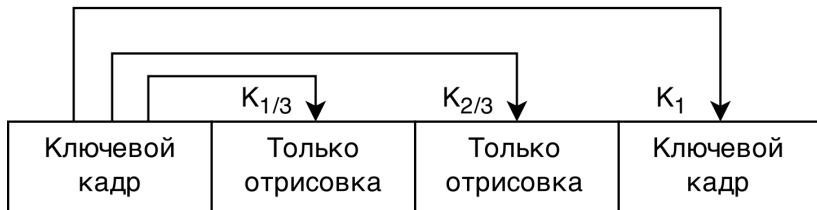
Примеры моделей изменения распределения

- случайное блуждание с произвольным Δt в качестве шага, $v \in [0, vMax]$
- направленное движение в одном из фиксированных направлений
- притяжение-отталкивание от фиксированных точек плоскости

Проблема 1

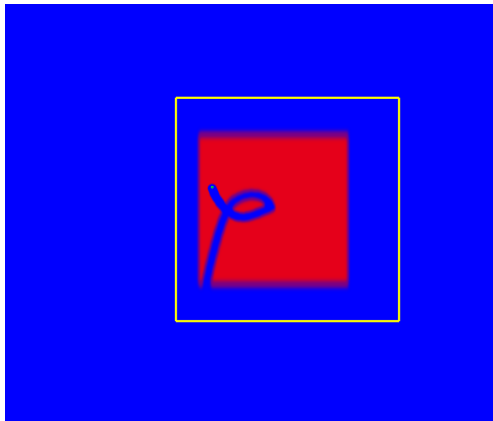
- ядро нужно применять раз в Δt из физических соображений
- $\frac{1}{\Delta t} \ll 60FPS$

Решение проблемы 1

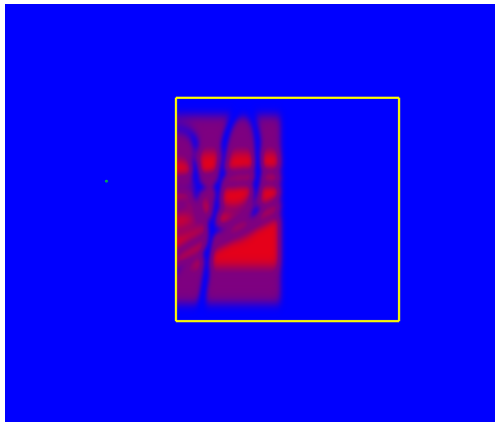


- приближенные версии частично примененных ядер $K_{\frac{1}{3}}, K_{\frac{2}{3}}$
- погрешность не накапливается, так как минимум предыдущий кадр ключевой

Проблема 2

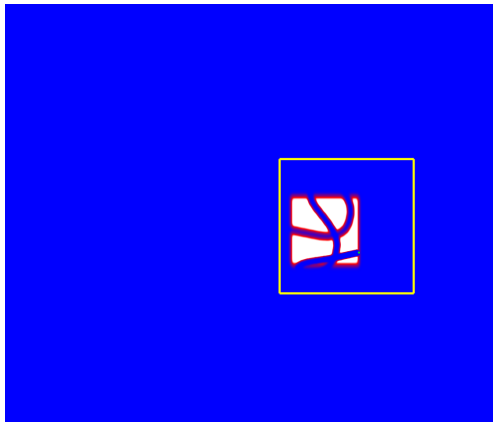


Проблема 2



изначально выделенной
текстуры недостаточно

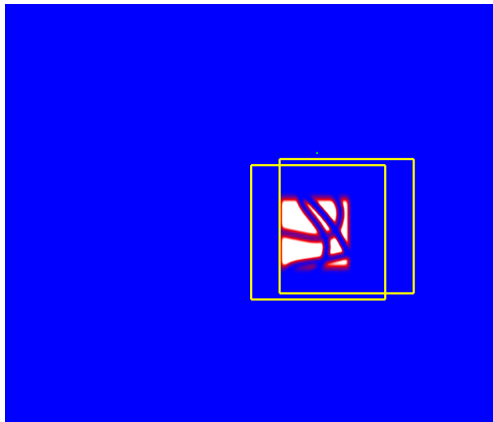
Решение проблемы 2



Начинает выходить?

- перецентрировать
- увеличить x_2
(совместить четыре ячейки в одну)

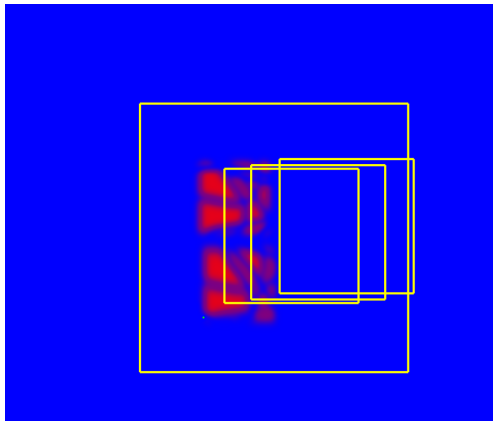
Решение проблемы 2



Начинает выходить?

- перецентрировать
- увеличить $x2$
(совместить четыре
ячейки в одну)

Решение проблемы 2



Начинает выходить?

- перецентрировать
- увеличить x_2
(совместить четыре ячейки в одну)

Содержание

Постановка задачи

Симуляция эволюции распределения

Алгоритм построения маршрута

Полученные результаты

Глобальный алгоритм

- $dp[row][col][time][last]$ - максимальное значение S_{res} заканчивая путь с заданными параметрами
- row, col - текущий строка и столбец в которой находится средство поиска
- $time$ - количество сделанных ходов
- $last$ - предыдущая строка в которой был горизонтальный галс

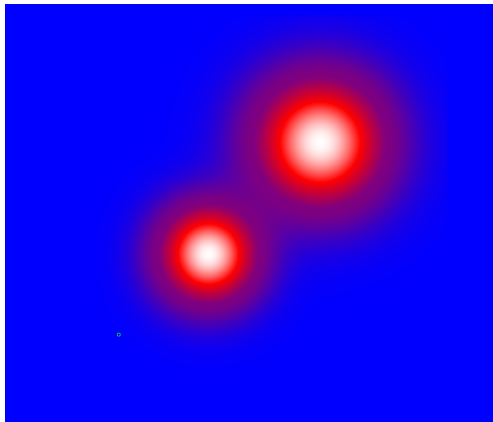
Глобальный алгоритм: переходы

- $(row, col, time) \rightarrow (row + 1, col, time + 1) / (row, col \pm 1, time + 1)$
- $(row, col_{row}, time, last) \rightarrow$
$$\left\{ \begin{array}{l} (row + 1, col_{row+1}, time + |col_{row} - col_{row+1}| + 1, last) \\ \text{если } col_{row} \neq col_{row+1} \\ \\ (row + 1, col_{row+1}, time + 1, row) \\ \text{иначе} \end{array} \right.$$

Глобальный алгоритм: порядки величин

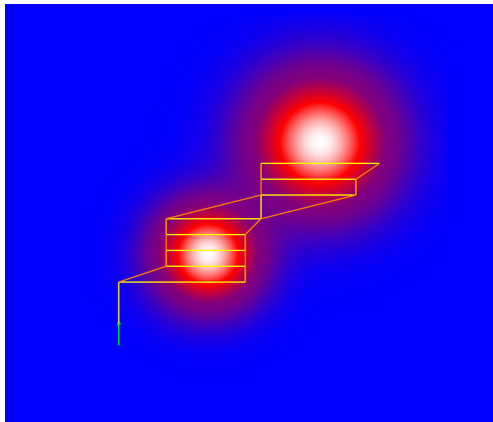
- $row \approx 50$
- $col \approx 50$
- $time \approx 10^3$
- $last \approx 4$ - более дальние мало влияют
- $row \cdot col^2 \cdot time \cdot last \approx 5 * 10^8$

Результаты работы глобального алгоритма



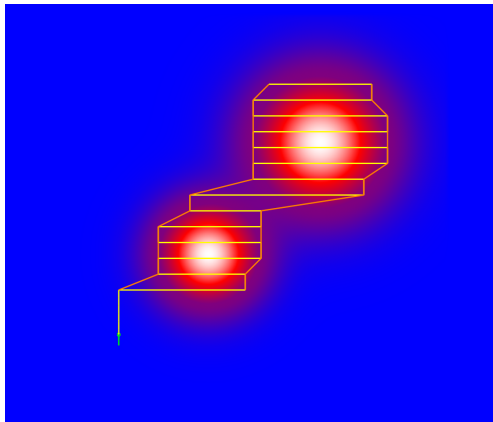
- исходное распределение
- 1 час
- 2 часа
- 3 часа
- 4 часа
- 8 часов
- 16 часов

Результаты работы глобального алгоритма



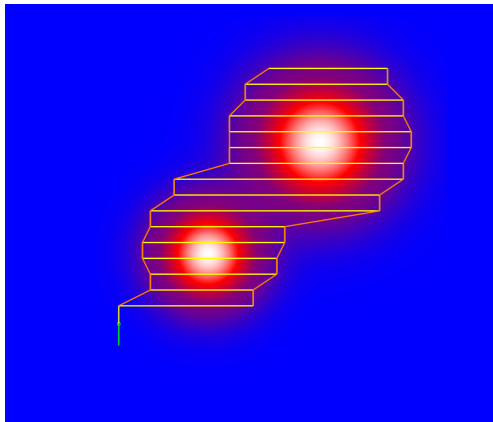
- исходное распределение
- 1 час
- 2 часа
- 3 часа
- 4 часа
- 8 часов
- 16 часов

Результаты работы глобального алгоритма



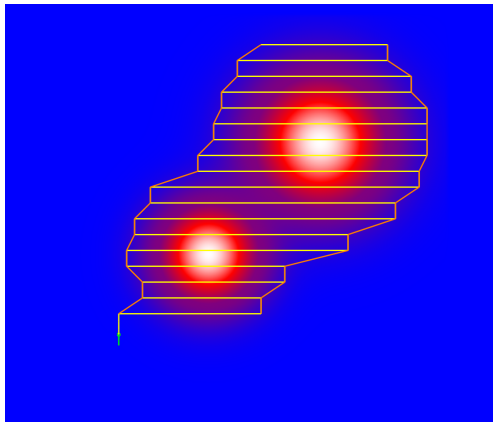
- исходное распределение
- 1 час
- 2 часа
- 3 часа
- 4 часа
- 8 часов
- 16 часов

Результаты работы глобального алгоритма



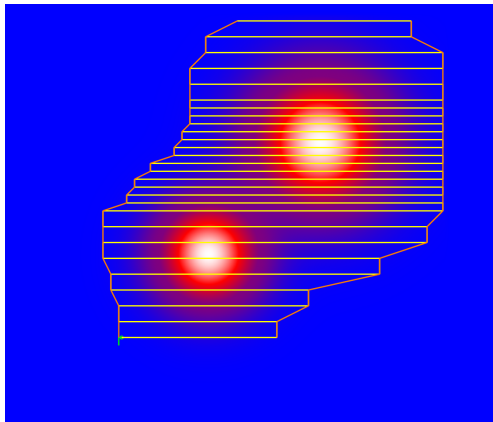
- исходное распределение
- 1 час
- 2 часа
- 3 часа
- 4 часа
- 8 часов
- 16 часов

Результаты работы глобального алгоритма



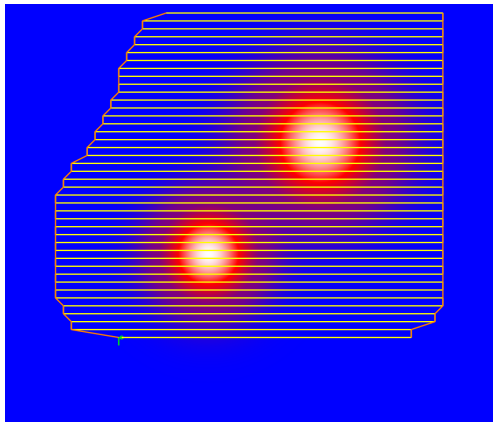
- исходное распределение
- 1 час
- 2 часа
- 3 часа
- 4 часа
- 8 часов
- 16 часов

Результаты работы глобального алгоритма



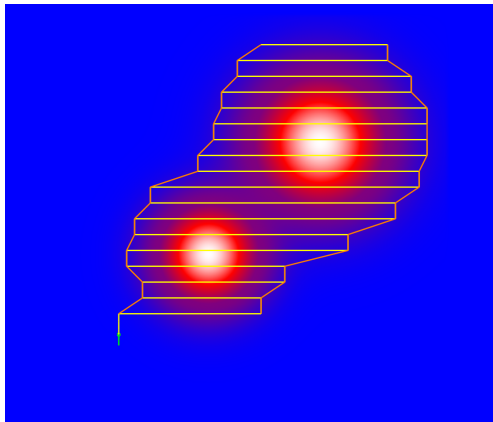
- исходное распределение
- 1 час
- 2 часа
- 3 часа
- 4 часа
- **8 часов**
- 16 часов

Результаты работы глобального алгоритма



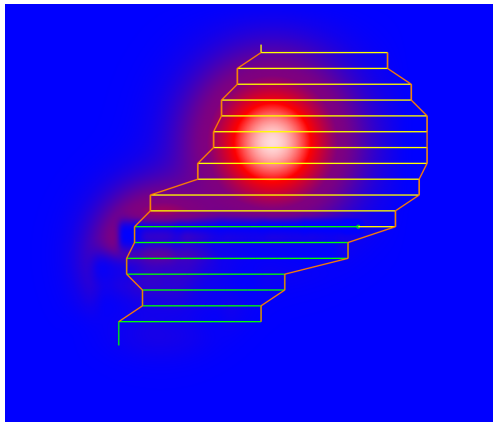
- исходное распределение
- 1 час
- 2 часа
- 3 часа
- 4 часа
- 8 часов
- 16 часов

Корректировка построенного пути



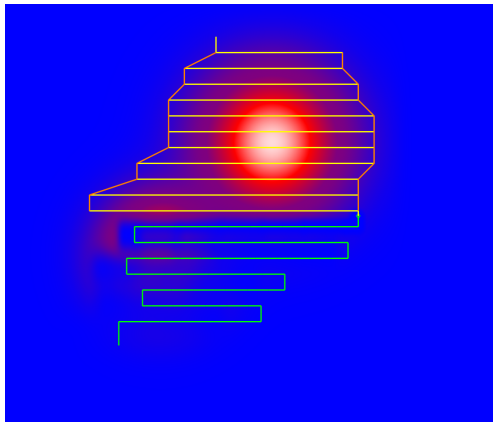
- изначально построенный путь
- со временем путь устарел
- перестроим путь

Корректировка построенного пути



- изначально построенный путь
- со временем путь устарел
- перестроим путь

Корректировка построенного пути



- изначально построенный путь
- со временем путь устарел
- перестроим путь

Корректировка построенного пути

- $rest$ - непройденная часть построенного пути
- S'_{rest} - планировалось собрать на симуляторе, когда строили путь (без учета диффузии)
- S''_{rest} - планируется на симуляторе к текущему моменту (без учета диффузии)
- $S''_{rest} \leq k \cdot S'_{rest}$ - перестроить маршрут с текущей точки на оставшееся время
- $k \approx 0.95$

Локальная оптимизация пути

- k - дискретных значений h_i
- необходимо осуществить более точную подстройку h_i
- l_i - фиксированы
- $h_j, (j \neq i) \wedge (j \neq i + 1)$ - фиксированы, локально изменяем $\frac{h_i}{h_{i+1}}$ пока можно улучшить S_{res}

Содержание

Постановка задачи

Симуляция эволюции распределения

Алгоритм построения маршрута

Полученные результаты

Полученные результаты

- Реализован инструмент, рассчитывающий изменение распределения частиц с учетом поискового средства в реальном времени. Инструмент используется для визуализации и оценки эффективности алгоритмов поиска
- Разработан и реализован алгоритм построения пути поиска методом “Параллельное галсирование”, обеспечивающий нахождение объекта с вероятностью $\geq 90\%$ в большинстве случаев, за приемлемое время поиска