

# Оптимизация параметров стратегий поиска объектов на море

Антон Ковшаров

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

7 мая 2015 г.

# Содержание

Постановка задачи

Симуляция эволюции распределения

Алгоритм построения маршрута

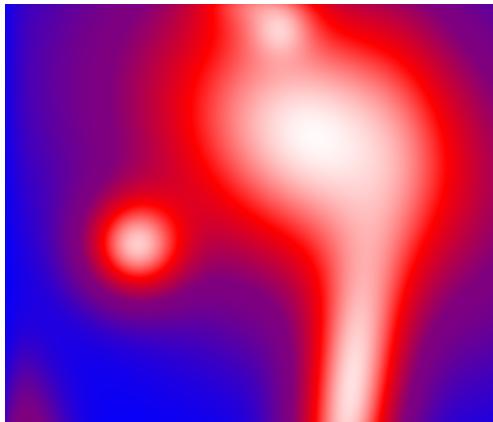
Полученные результаты

## Цель работы

Построить маршрут поиска объекта максимизирующий вероятность его обнаружения. Фиксированы:

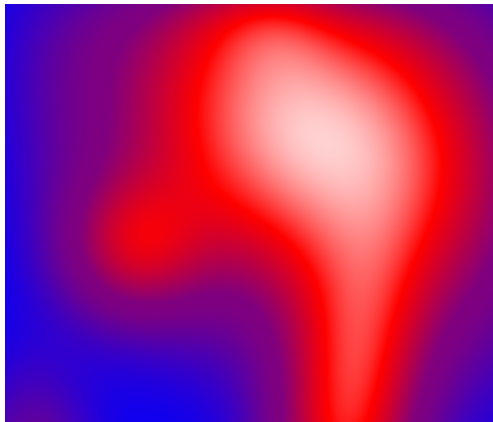
- распределение вероятности (зависимость от времени)
- параметры средства поиска
- стратегия поиска - “параллельное галсирование”

## Распределение вероятности



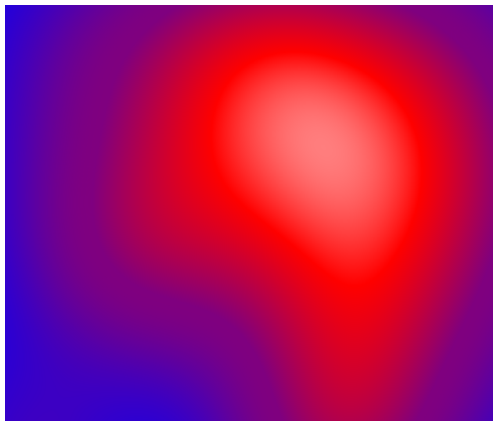
- Начальное распределение
  - Нормальное распределение
  - Равномерное распределение
- Эволюция распределения (диффузия)

## Распределение вероятности



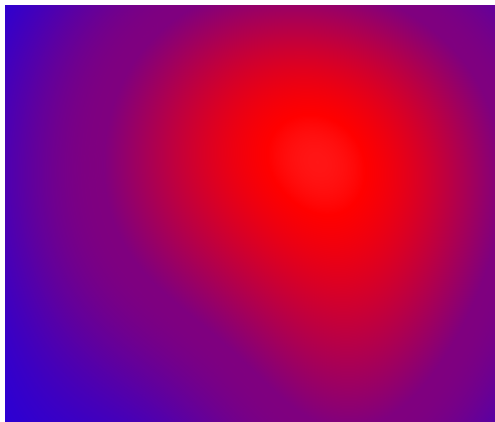
- Начальное распределение
  - Нормальное распределение
  - Равномерное распределение
- Эволюция распределения (диффузия)

## 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 положения объекта поиска
- перемещение частиц с течением времени
- сбор частиц средством поиска
- больше собранных частиц — больше вероятность обнаружить объект

## Распределение вероятности

### Распределение частиц

- частица - гипотеза положения объекта поиска
- перемещение частиц с течением времени
- сбор частиц средством поиска
- больше собранных частиц — больше вероятность обнаружить объект

## Распределение вероятности

### Распределение частиц

- частица - гипотеза положения объекта поиска
- перемещение частиц с течением времени
- сбор частиц средством поиска
- больше собранных частиц — больше вероятность обнаружить объект

## Распределение вероятности

### Распределение частиц

- частица - гипотеза положения объекта поиска
- перемещение частиц с течением времени
- сбор частиц средством поиска
- больше собранных частиц — больше вероятность обнаружить объект

Распределение вероятности

Распределение частиц

- частица - гипотеза положения объекта поиска
- перемещение частиц с течением времени
- сбор частиц средством поиска
- больше 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

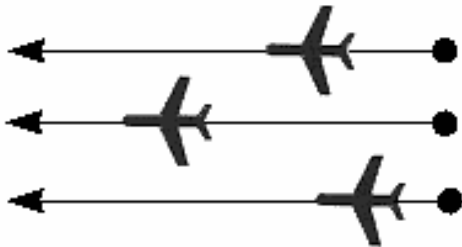
- $p_0$  — начальное положение средства поиска
- $v$  — скорость средства поиска
- $r$  — радиус обнаружения средства поиска (все частицы попавшие в круг радиуса обнаружения считаются “собранными”)

## Стратегии поиска

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

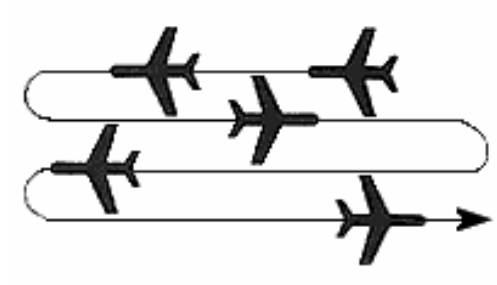


## Стратегии поиска



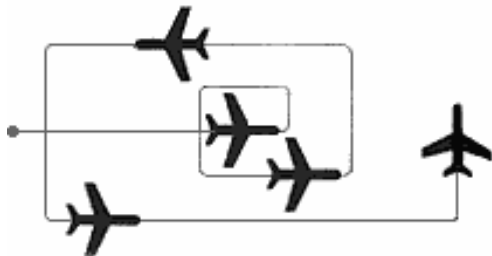
- “Заданный маршрут”
- “Гребенка”
- “Параллельное галсирование”
- “Расширяющийся квадрат”

## Стратегии поиска



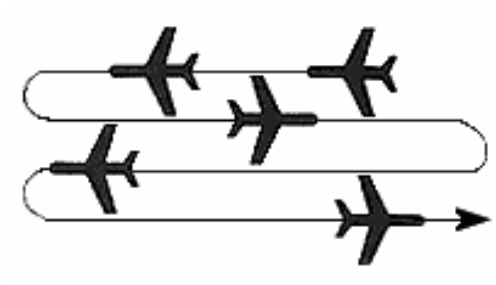
- “Заданный маршрут”
- “Гребенка”
- “Параллельное галсирование”
- “Расширяющийся квадрат”

## Стратегии поиска



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

## Стратегии поиска

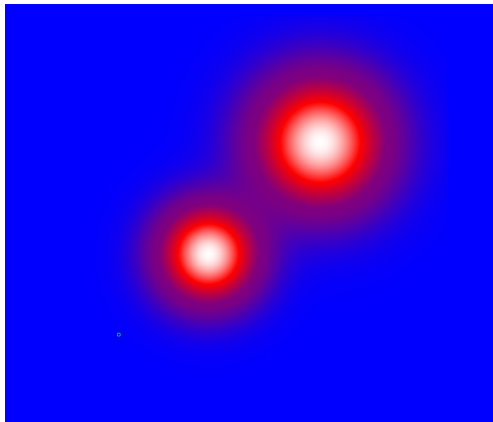


- “Заданный маршрут”
- “Гребенка”
- “Параллельное галсирование”
- “Расширяющийся квадрат”

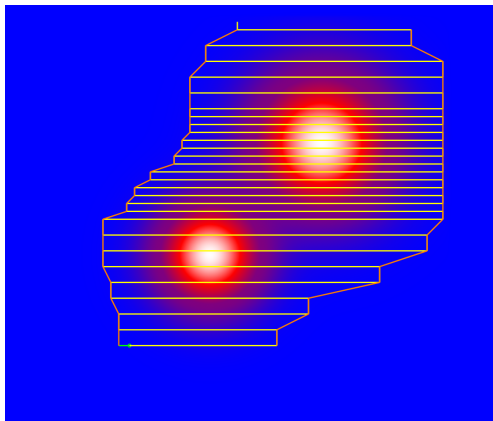
## Параметры стратегии поиска

### Параллельное галсирование

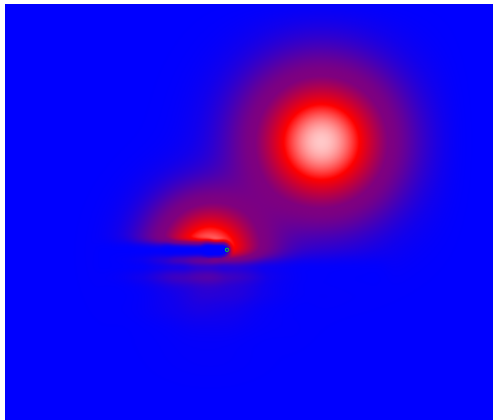
- / - прямая параллельная направлению галсов



- 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

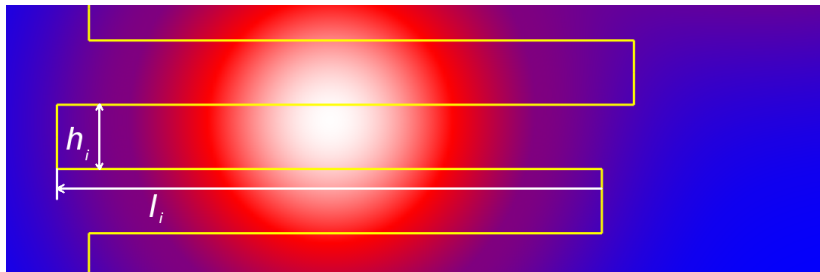
- параметры распределения
- параметры средства поиска
- параметры стратегии поиска
- $t$  — время поиска

## Задача

- $w : W$  — частица
- $\chi(w) = \begin{cases} 1 & \text{если } \exists t \text{dist}(\text{posFinder}(t), \text{pos}(w, t)) \leq r \\ 0 & \text{иначе} \end{cases}$
- $S_{res} = \frac{\int_W \chi(w) dw}{\int_W dw}$

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

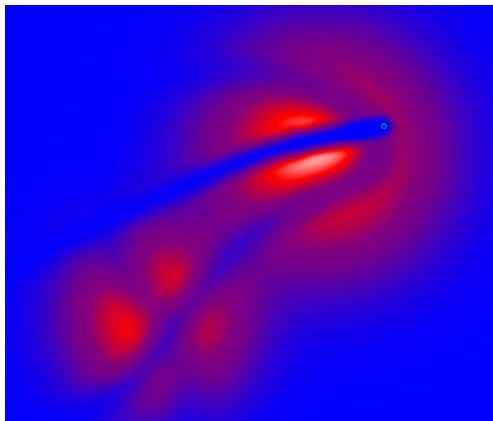
Постановка задачи

Симуляция эволюции распределения

Алгоритм построения маршрута

Полученные результаты

## Сервисы симулятора



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

График зависимости коэффициента полезного действия (КПД) от частоты для плоской антенны. Показаны две кривые: прогресс планки (94.1%) и плоская проводимость (2.6%).

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

## Примеры моделей изменения распределения

- случайное блуждание с произвольным  $\Delta t$  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  $\Delta t$  из физических соображений
- $\frac{1}{\Delta t} \ll 60FPS$

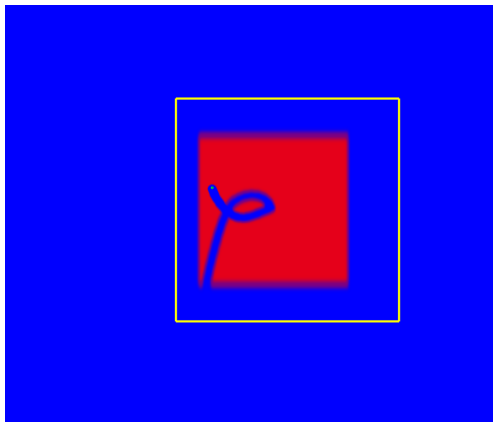


## Решение проблемы 1

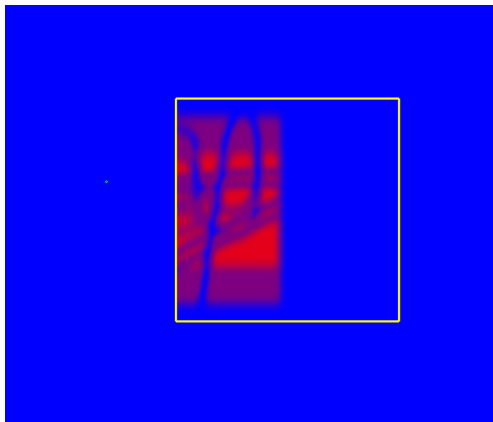


- приближенные версии частично примененных ядер  $K_{\frac{1}{3}}, K_{\frac{2}{3}}$
- погрешность не накапливается, так как минимум предыдущий кадр ключевой

## Проблема 2

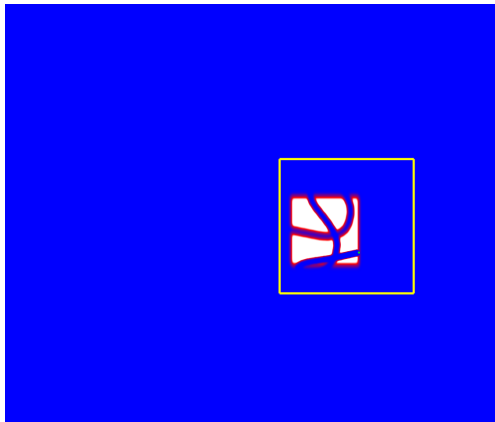


## Проблема 2



изначально выделенной  
текстуры недостаточно

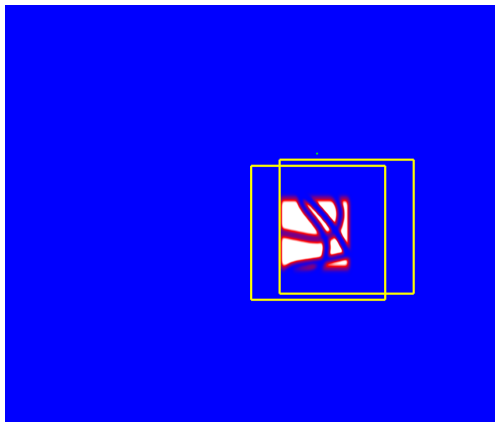
## Решение проблемы 2



Начинает выходить?

- перецентрировать
- увеличить  $\times 2$   
(совместить четыре  
ячейки в одну)

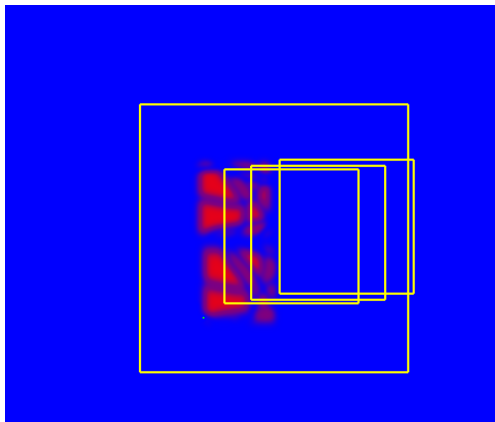
## Решение проблемы 2



Начинает выходить?

- перецентрировать
- увеличить  $\times 2$   
(совместить четыре  
ячейки в одну)

## Решение проблемы 2



Начинает выходить?

- перецентрировать
- увеличить  $\times 2$   
(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

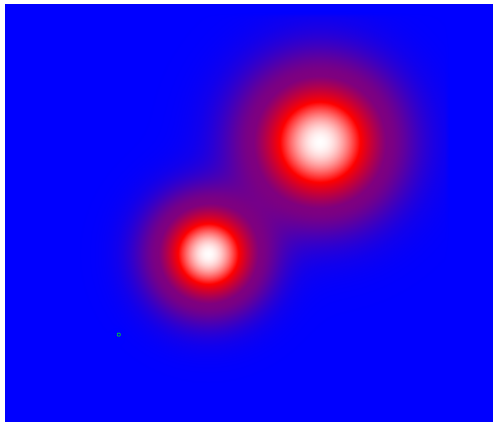
- $(row, col, time) \rightarrow (row + 1, col, time + 1) / (row, col \pm 1, time + 1)$
- $(row, col_{row}, time, last) \rightarrow$ 

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

## Глобальный алгоритм: порядки величин

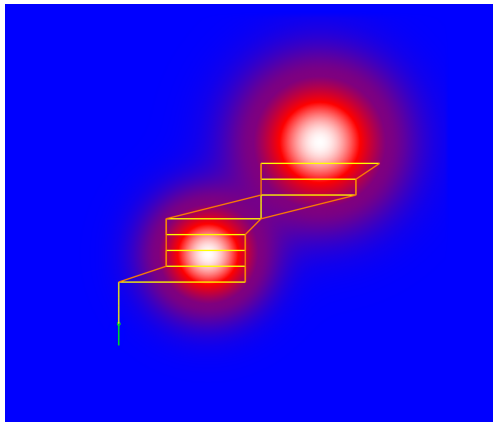
- $row \approx 50$
- $col \approx 50$
- $time \approx 10^3$
- $last \approx 4$  - более дальние мало влияют
- $row \cdot col^2 \cdot time \cdot last \approx 5 * 10^8$

## Результаты работы глобального алгоритма



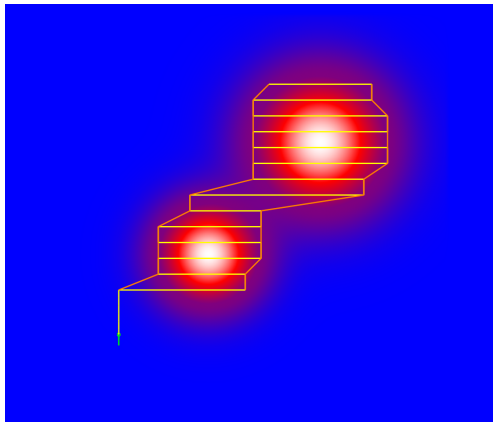
- исходное распределение
- 1 час
- 2 часа
- 3 часа
- 4 часа
- 8 часов
- 16 часов

## Результаты работы глобального алгоритма



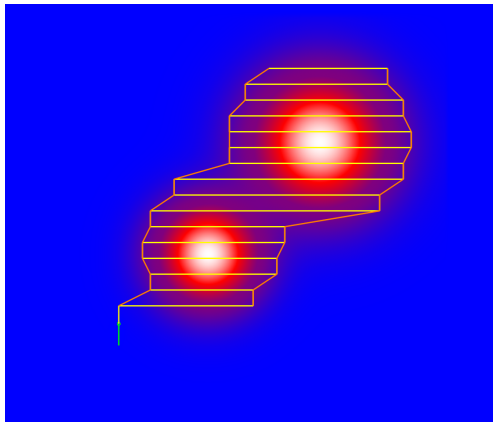
- исходное распределение
- 1 час
- 2 часа
- 3 часа
- 4 часа
- 8 часов
- 16 часов

## Результаты работы глобального алгоритма



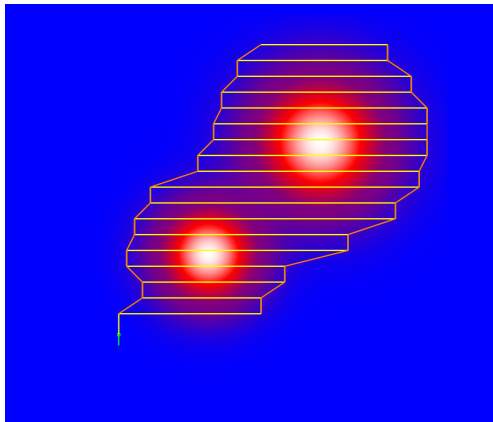
- исходное распределение
- 1 час
- 2 часа
- 3 часа
- 4 часа
- 8 часов
- 16 часов

## Результаты работы глобального алгоритма



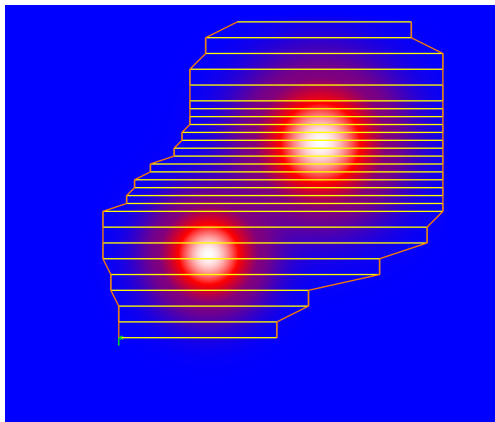
- исходное распределение
- 1 час
- 2 часа
- 3 часа
- 4 часа
- 8 часов
- 16 часов

## Результаты работы глобального алгоритма



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

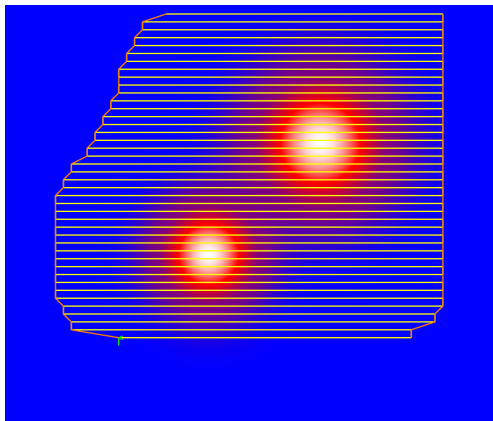
## Результаты работы глобального алгоритма



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

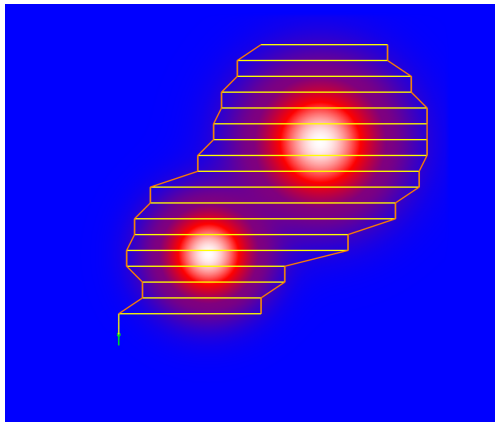


## Результаты работы глобального алгоритма



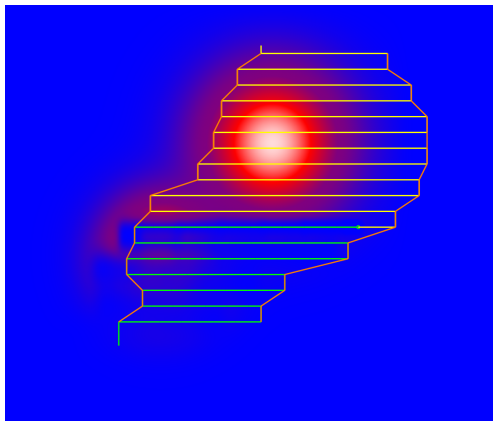
- исходное распределение
- 1 час
- 2 часа
- 3 часа
- 4 часа
- 8 часов
- 16 часов

## Корректировка построенного пути



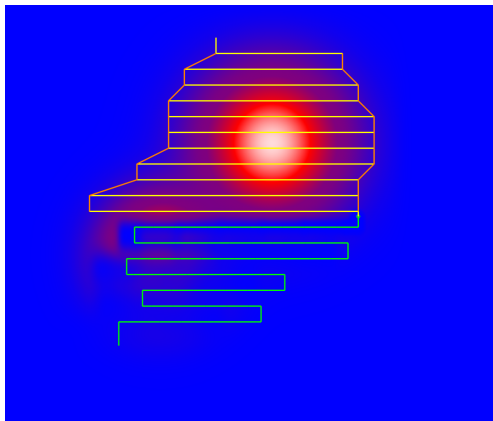
- изначально построенный путь
- со временем путь устарел
- перестроим путь

## 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