Мобильная робототехника

Вероятностные модели сенсоров

СТАНКИН
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

РиМ
КАФЕДРА РОБОТОТЕХНИКИ И МЕХАТРОНИКИ

Модель сенсора

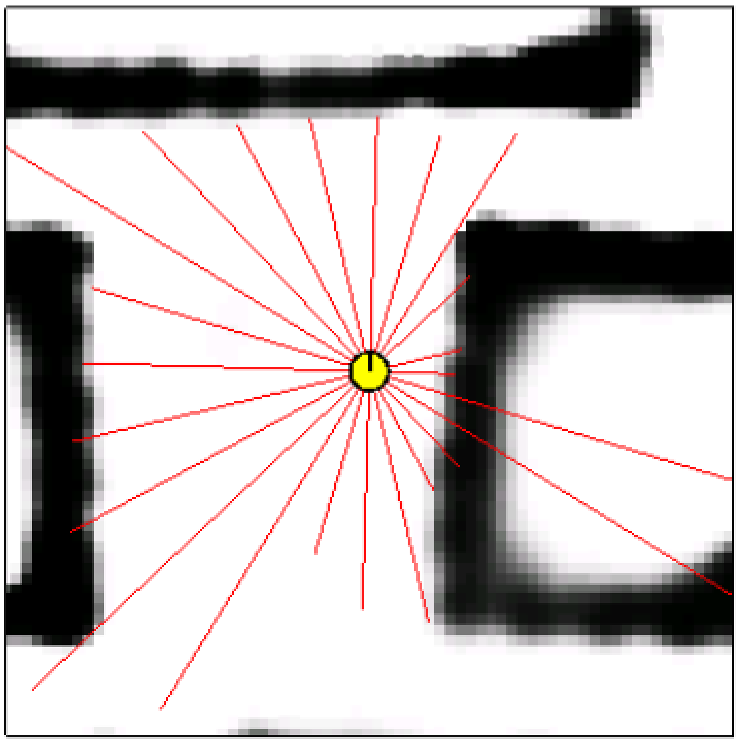
- Основная задача получить *P(z|x)* - вероятность получения измерения *z*, зная, что робот находится в положении *x*.

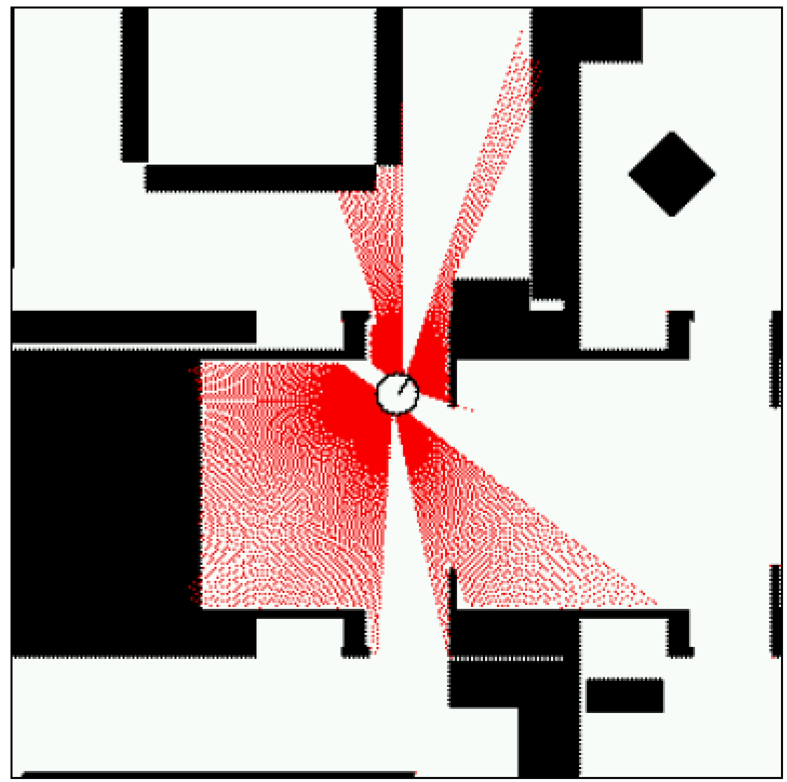
- Этап коррекции Фильтра Байеса:

$$bel(x_t) = \eta\ \rho(z_t|x_t)\ \overline{bel}(x_t)$$

Модель датчика

Дальнометрические датчики





Модель трассировки луча

- Скан z состоит из k измерений.

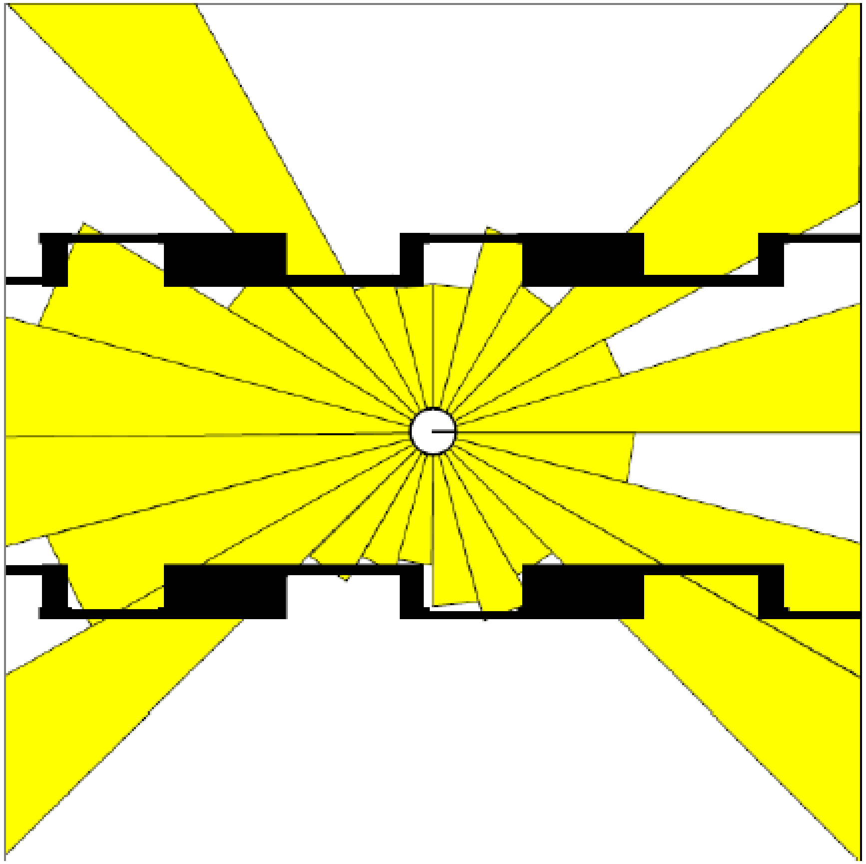
$$z_t = \{z_t{}^1, \dots \dots, z_t{}^k\}$$

- Каждое отдельное измерение не зависит от остальных при известном положении робота

$$p(z_t \mid x_t, m) = \prod_{i=1}^{k} p(z_t^i \mid x_t, m)$$

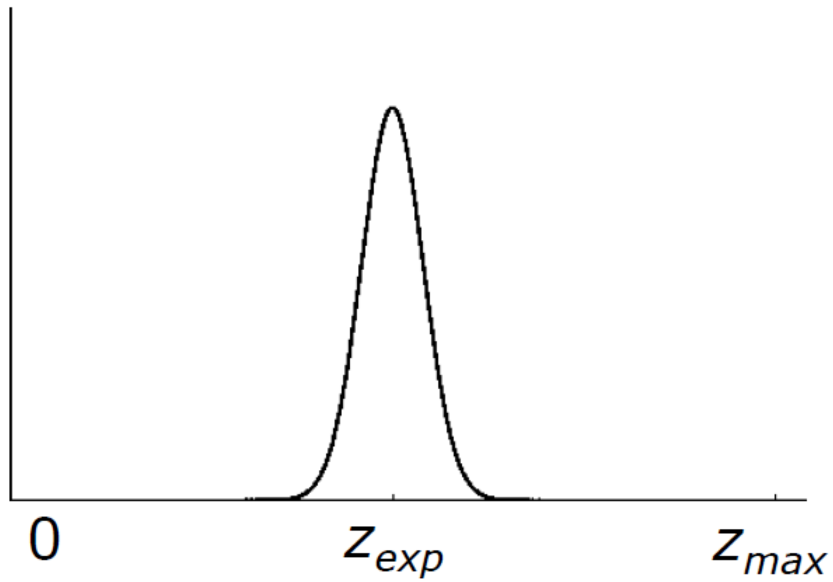
Ошибки сканирования

- Отражение от неизвестных объектов
- Перекрестное эхо
- Случайные ошибки
- Полное отражение

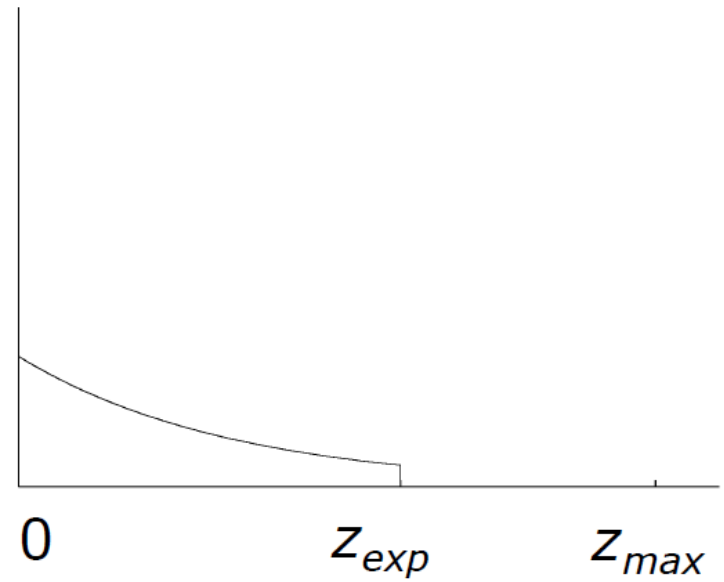


Модель трассировки луча

Неопределенность измерения



Неожиданные препятствия

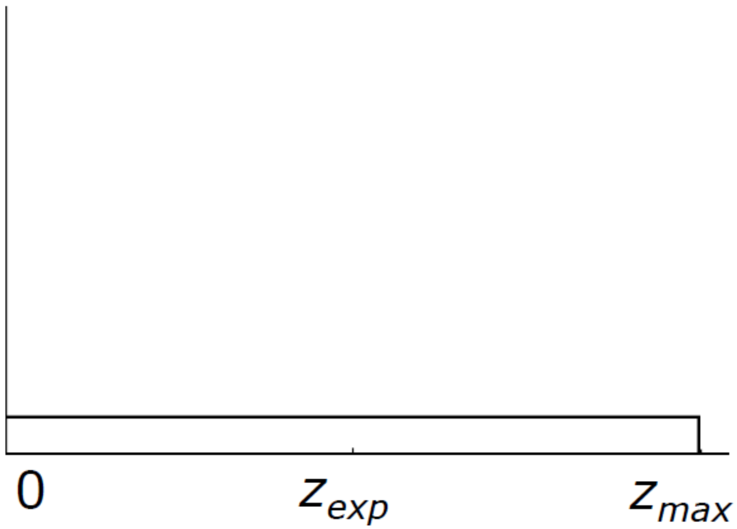


$$P_{hit}(z|x,m) = \eta \frac{1}{\sqrt{2\pi b}} e^{-\frac{1}{2}\frac{(z-z_{exp})^2}{b}}$$

$$P_{unexp}(z|x,m) = \begin{cases} \eta\lambda e^{-\lambda z} & z < z_{exp} \\ 0 & otherwise \end{cases}$$

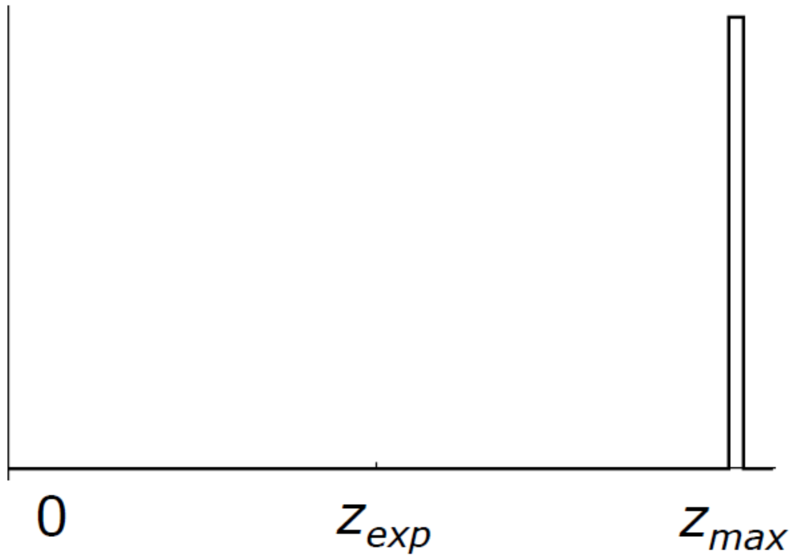
Модель трассировки луча

Случайные ошибки



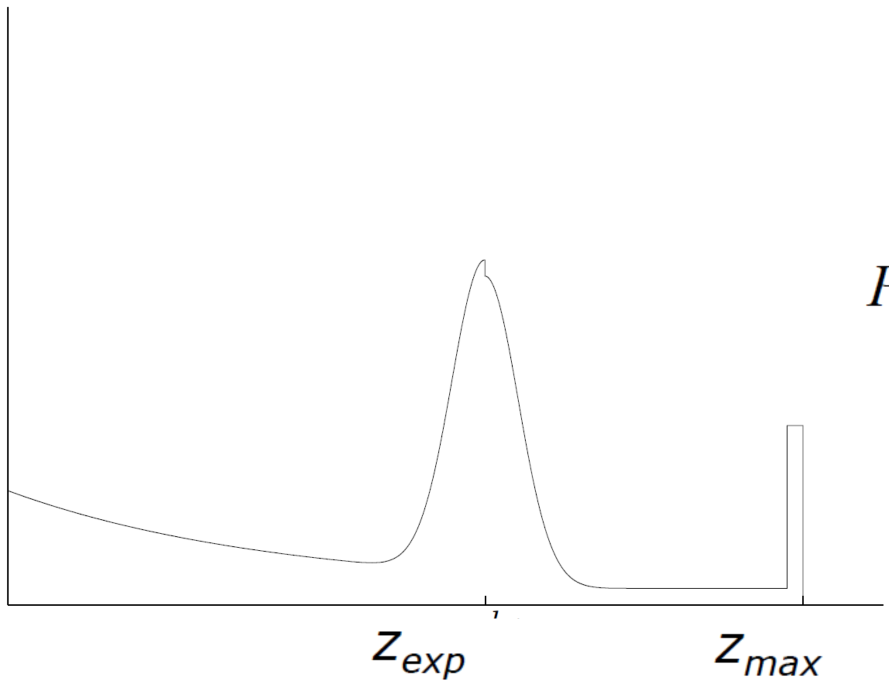
$$P_{rand}(z|x, m) = \eta \frac{1}{z_{max}}$$

Максимальная дальность



$$P_{max}(z|x, m) = \eta \frac{1}{z_{small}}$$

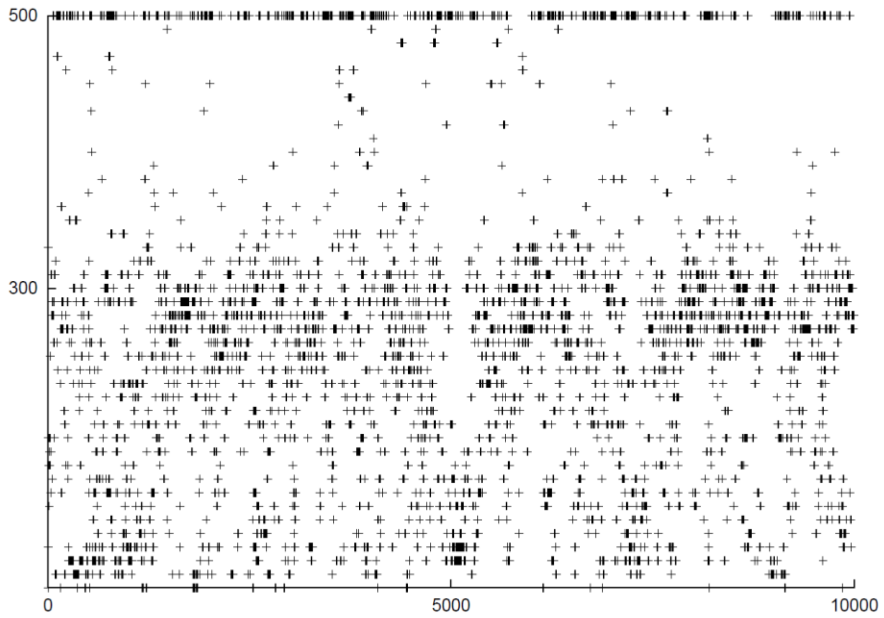
Модель трассировки луча



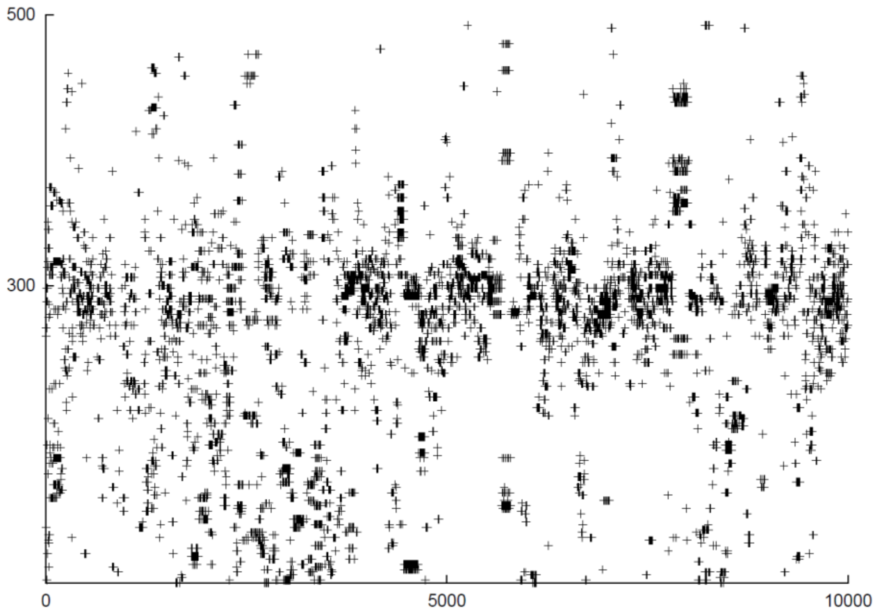
$$P(z \mid x, m) = \begin{pmatrix} \alpha_{\text{hit}} \\ \alpha_{\text{unexp}} \\ \alpha_{\text{max}} \\ \alpha_{\text{rand}} \end{pmatrix}^T \cdot \begin{pmatrix} P_{\text{hit}}(z \mid x, m) \\ P_{\text{unexp}}(z \mid x, m) \\ P_{\text{max}}(z \mid x, m) \\ P_{\text{rand}}(z \mid x, m) \end{pmatrix}$$

Данные с дальномеров

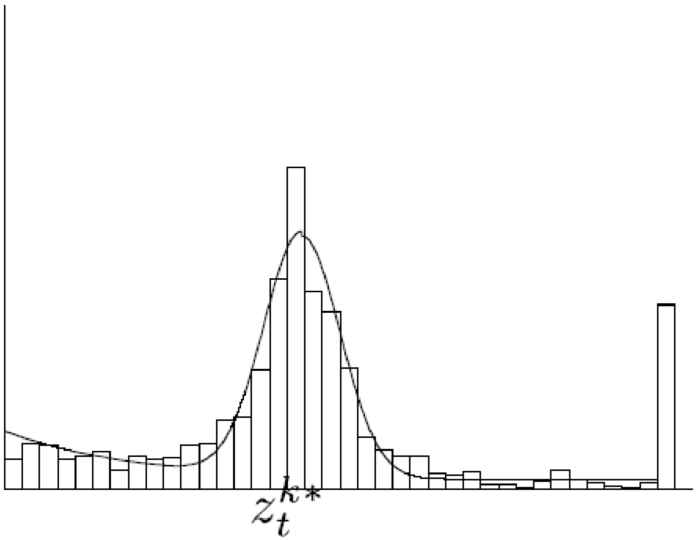
Сонар



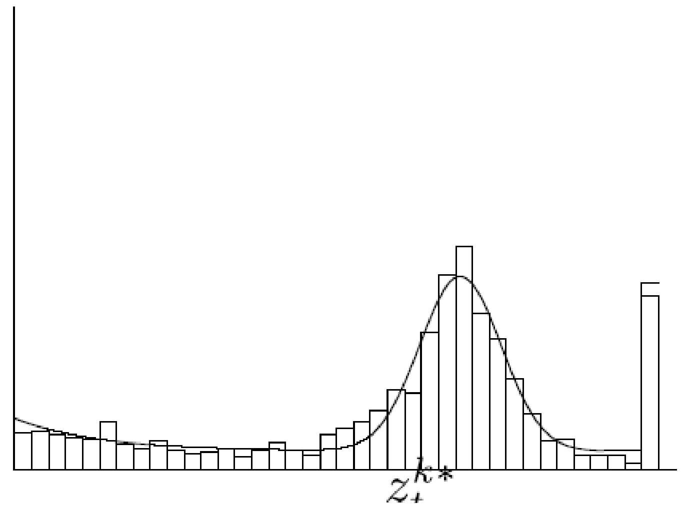
Лазер

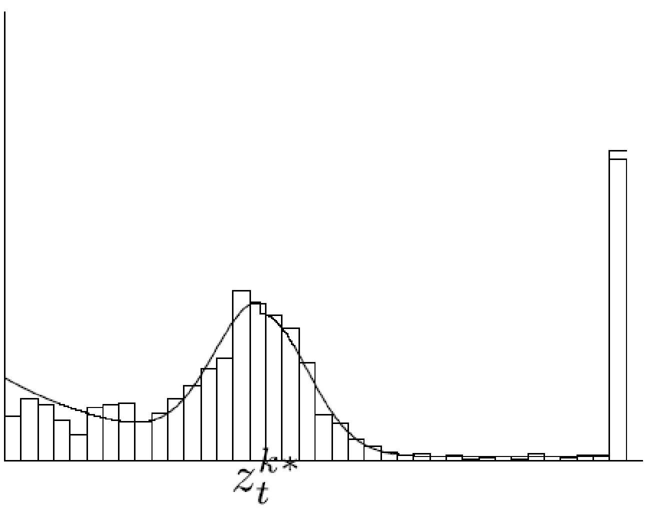


Аппроксимация данных

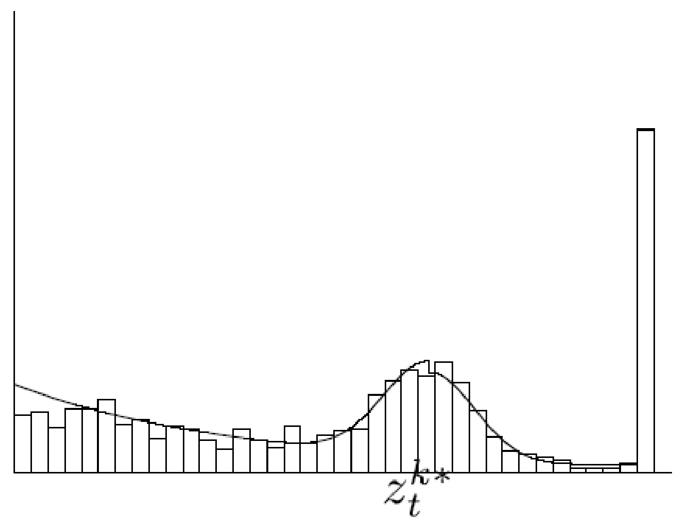


Лазер





Сонар

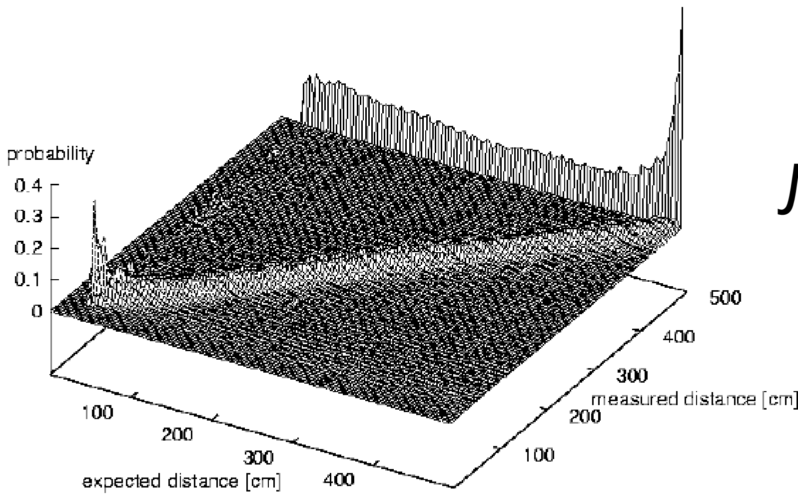


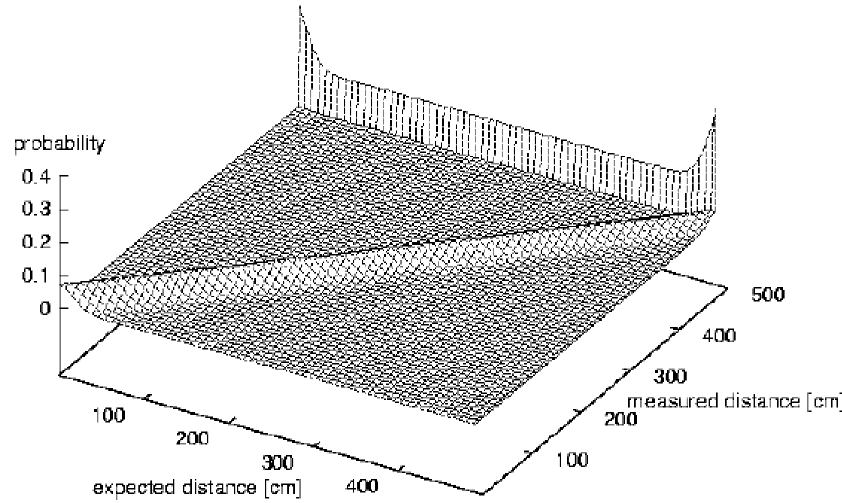
300cm

400cm

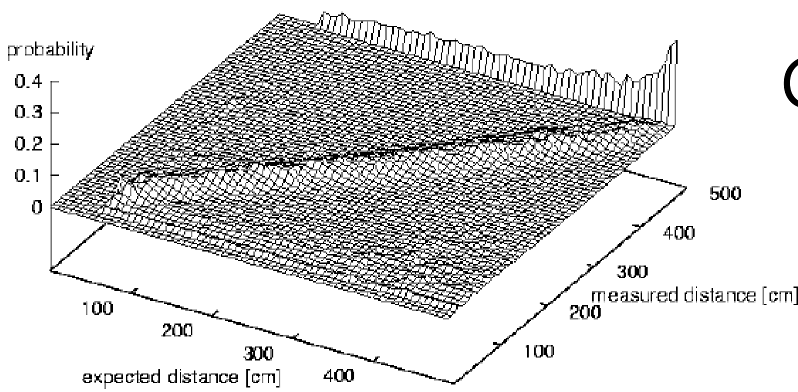
Аппроксимация данных

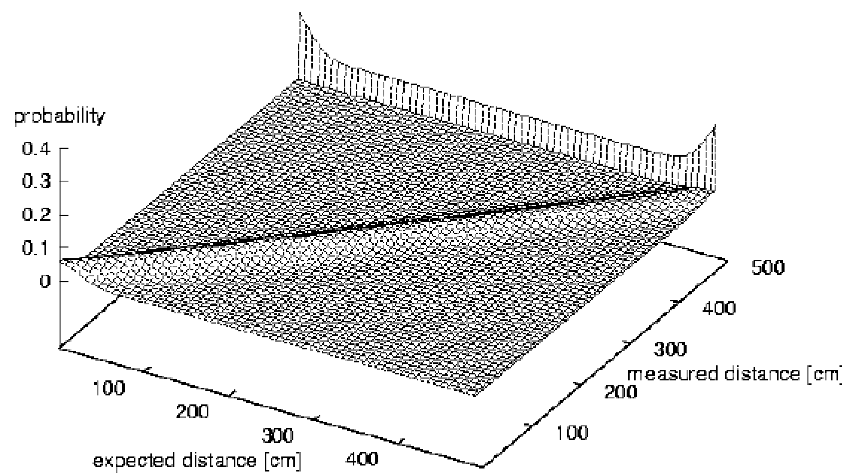
Лазер





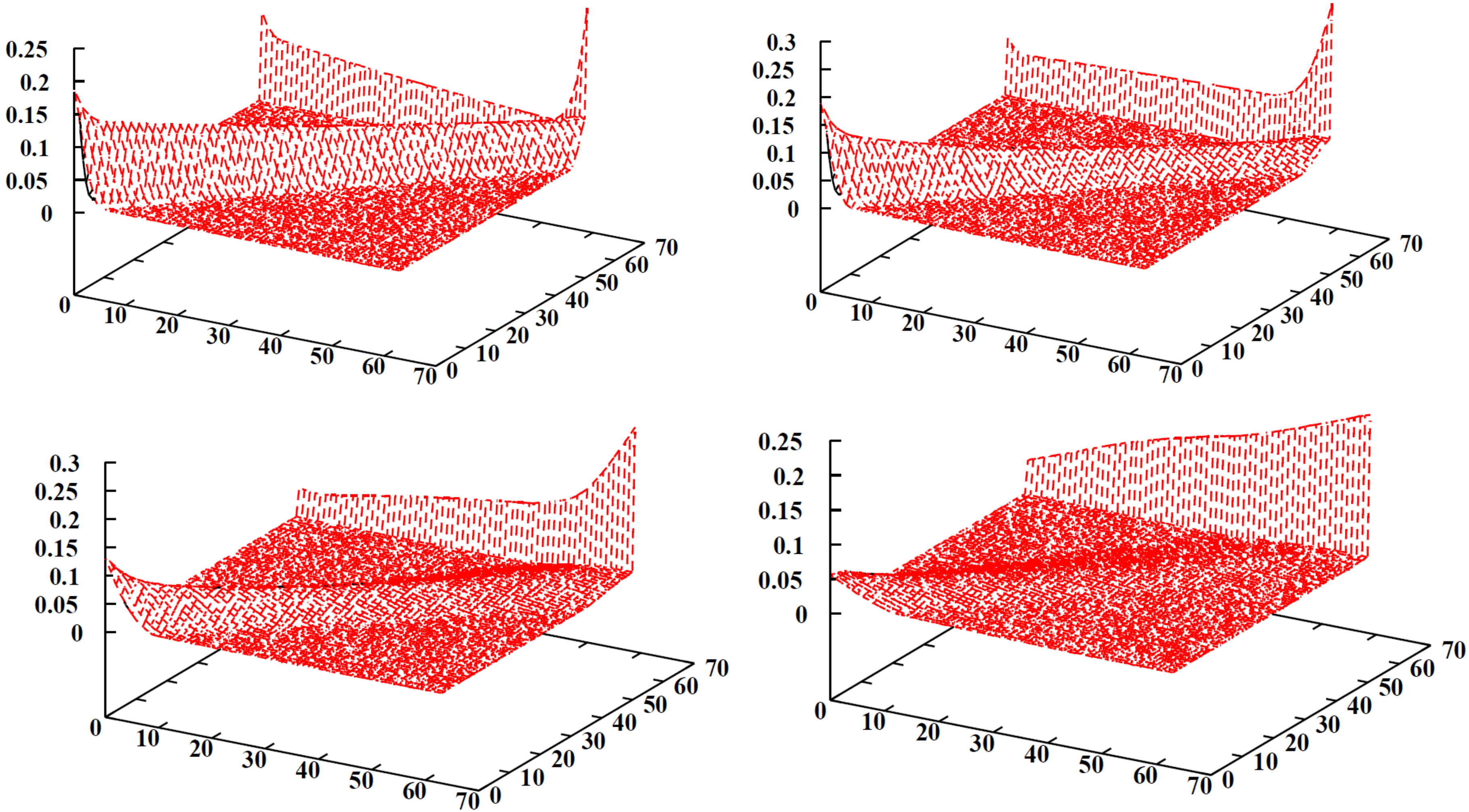
Сонар





Аппроксимация данных

Влияние угла отражения



Свойства модели

- Независимость между измерениями одного скана
- Независимость между компонентами распределения
- Разные модели для разных углов
- Необходимо вычисление ожидаемого измерения
- Экспериментальное измерение параметров
- Близкое соответствие модели сенсора

Модель конечной точки

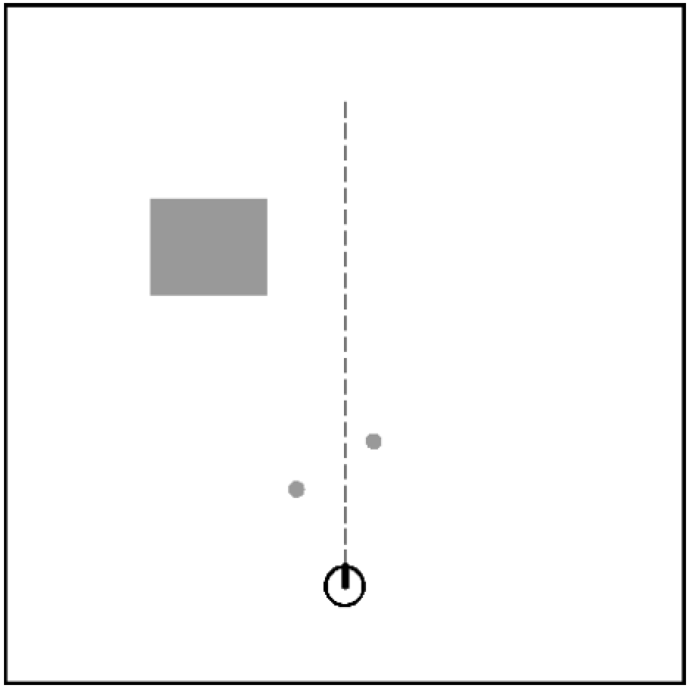
- Модель трассировки луча не очень эффективна с точки зрения вычислений
- Негладкое поведение на границах препятствий

Вместо использования распределения вдоль всего луча можно брать значение в конечной точке

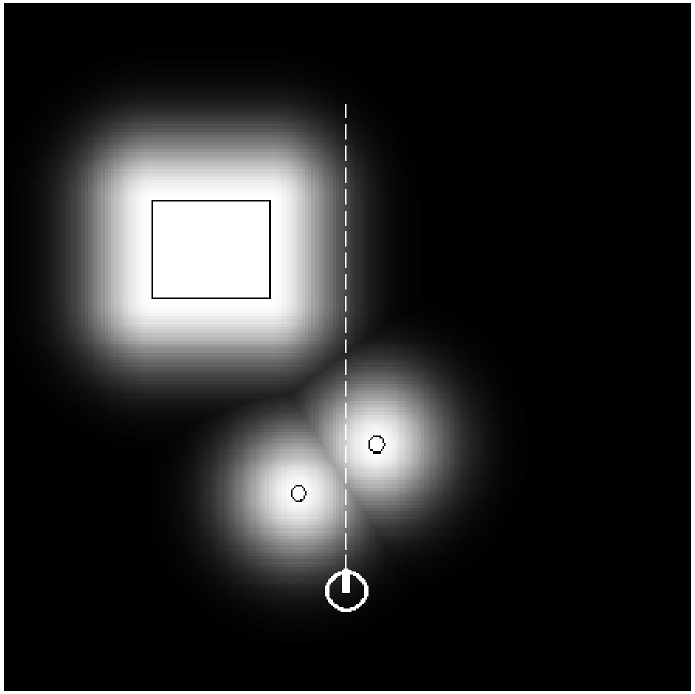
Модель конечной точки

- Модель распределения складывается из:
  - нормального распределения на границах препятствий
  - равномерного распределения для остальных участков
  - равномерного распределения на максимальной дистанции
- Опять предполагается независимость между отдельными измерениями

Модель конечной точки

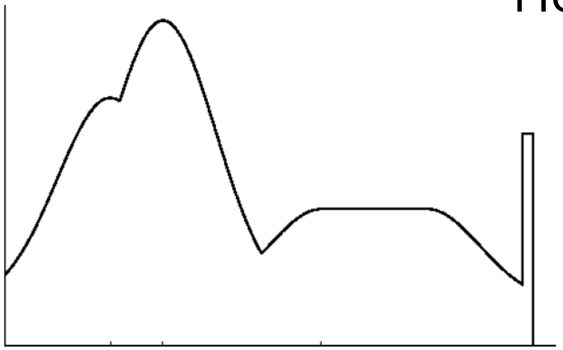


Карта



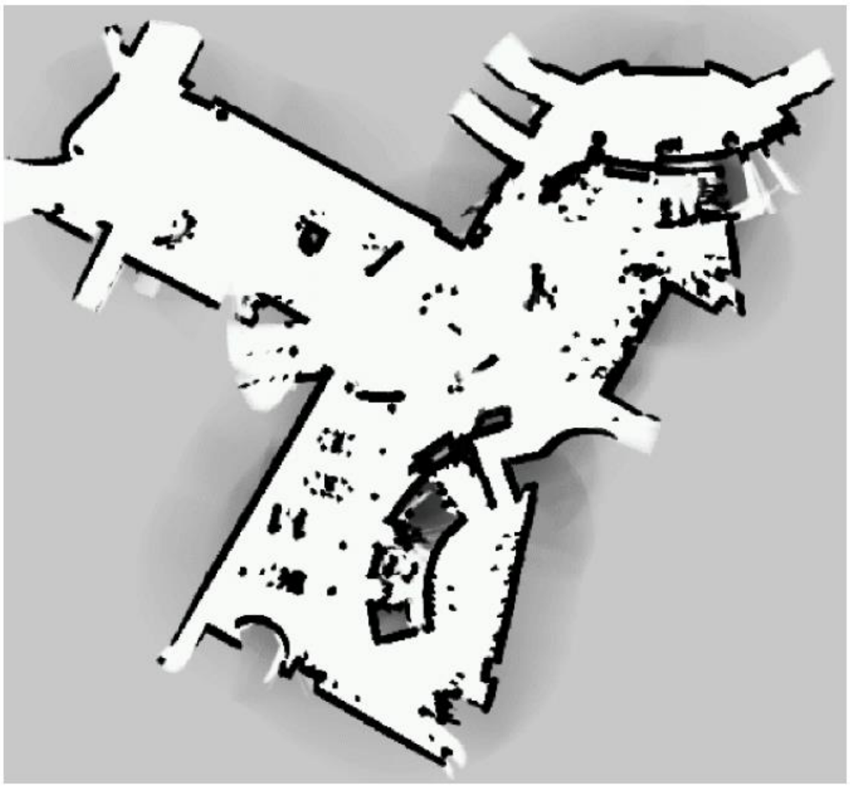
Поле вероятностей

$P\,(z|x,m)$

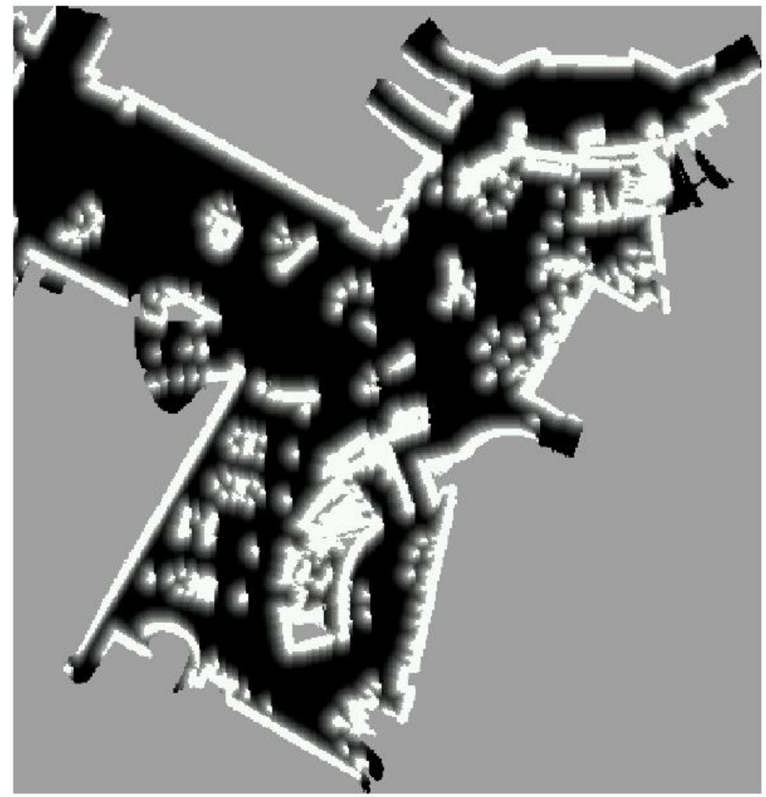


Распределение

Модель конечной точки

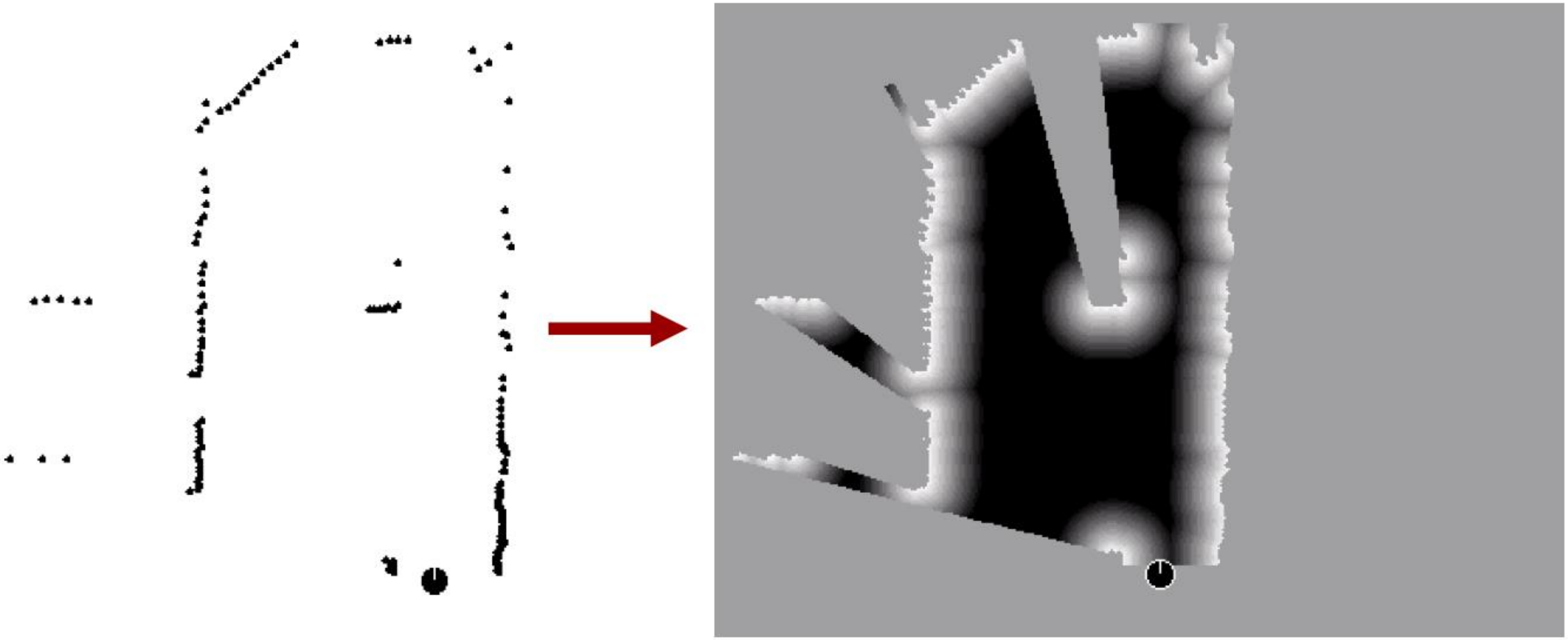


Карта



Поле вероятностей

Модель конечной точки



Свойства модели

- Высокая эффективность
- Гладкое поведение на границах препятствий
- Независимость между компонентами распределения
- Использование для сопоставления сканов
- Игнорирование физических свойств датчиков

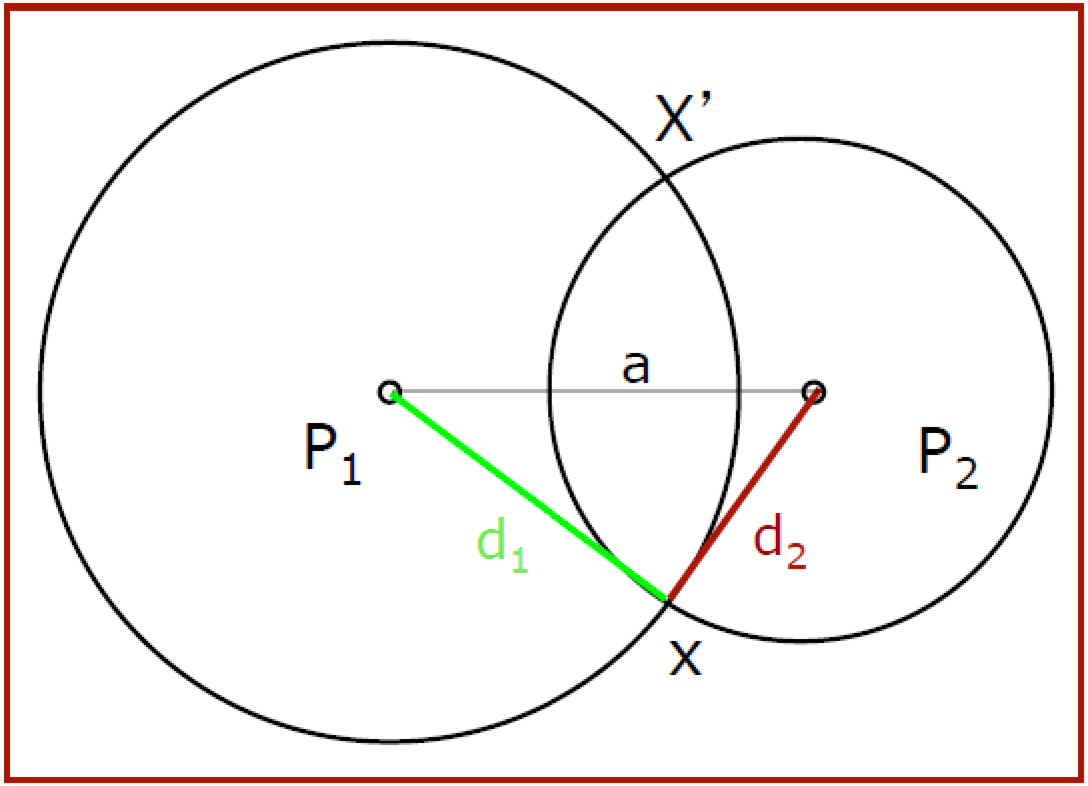
Использование ориентиров (маяков)

- Активные маяки
- Пассивные маяки

- Виды датчиков:
  - измеритель расстояния
  - измеритель направления
  - измеритель расстояния и направления одновременно

Пример

Дистанция

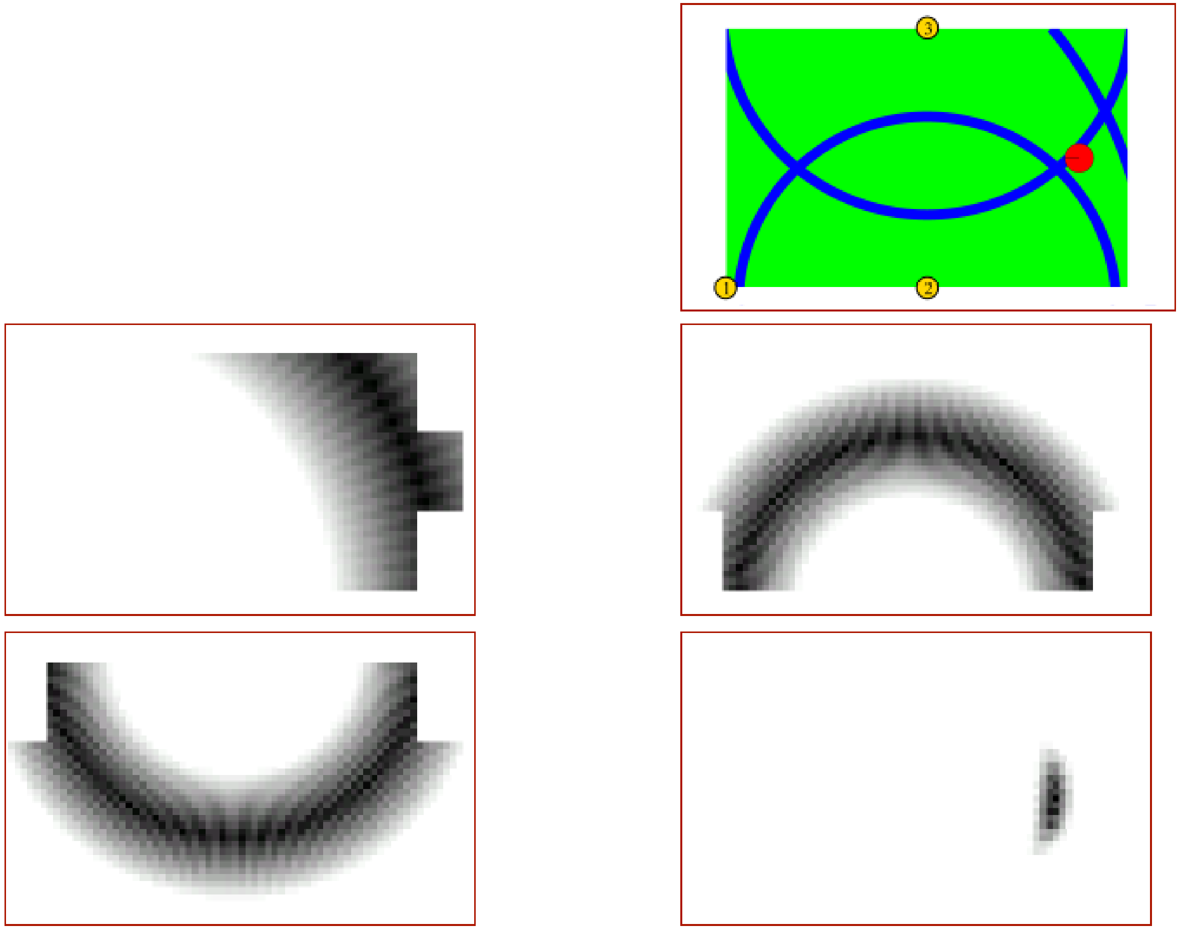


$$x = \frac{a^2 + {d_1}^2 - {d_2}^2}{2a}$$

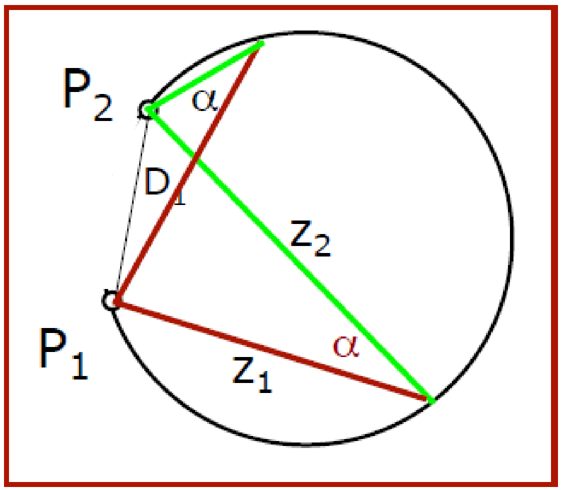
$$y = \pm\sqrt{({d_1}^2 - x^2)}$$

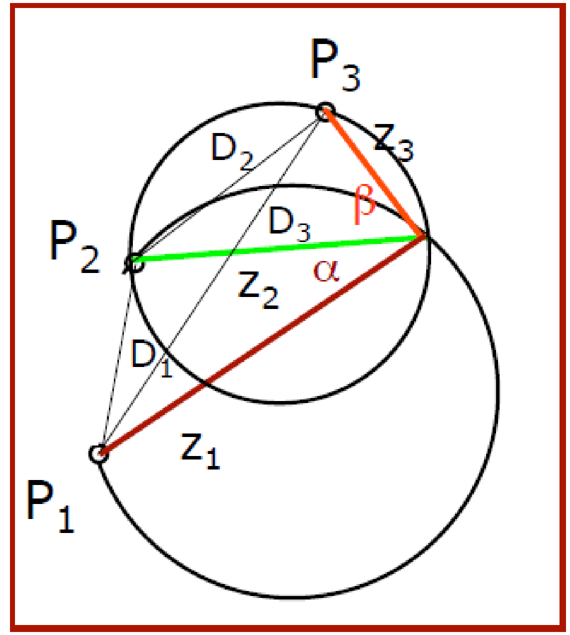
$$P_1 = (0,0)$$
$$P_2 = (\mathrm{a}, 0)$$

Дистанция с распределением



Ориентация

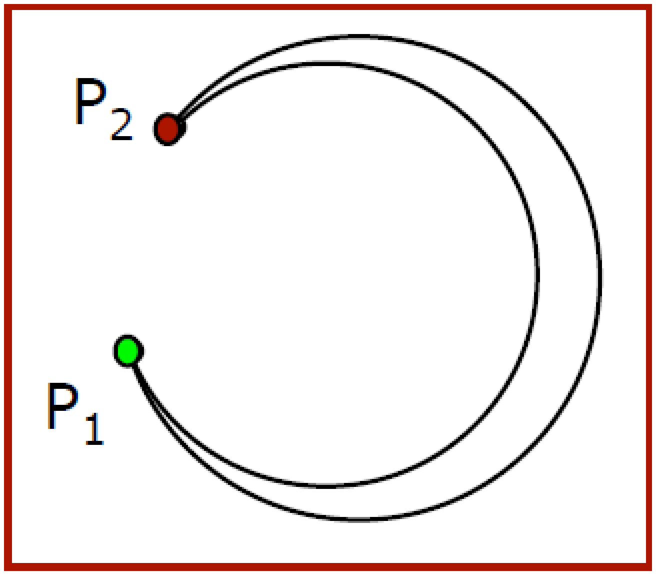


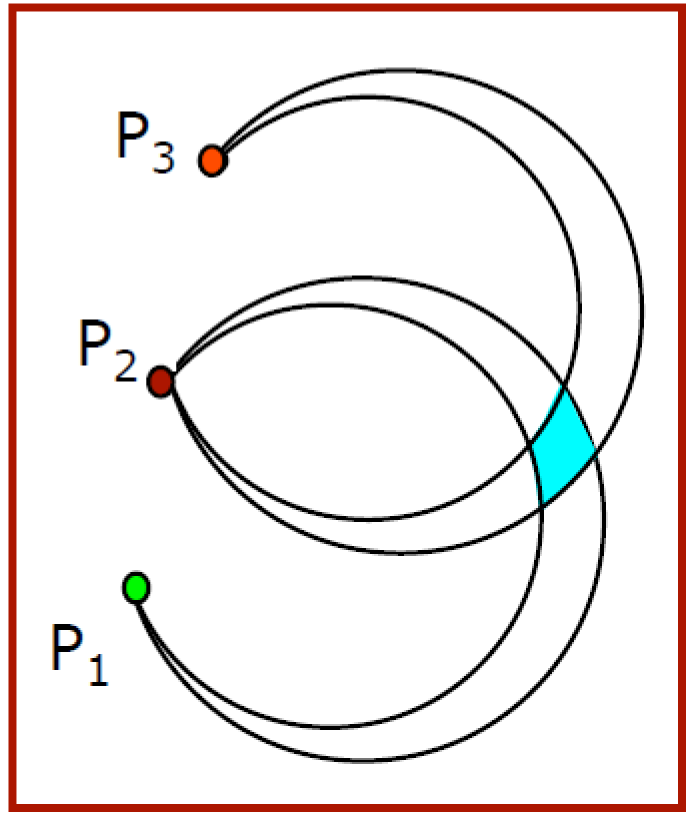


$$D_1{}^2 = z_1{}^2 + z_2{}^2 - 2\,z_1 z_2 \cos\alpha$$

$$D_1{}^2 = z_1{}^2 + z_2{}^2 - 2 z_1 z_2 \cos\alpha$$
$$D_2{}^2 = z_2{}^2 + z_3{}^2 - 2 z_2 z_3 \cos\alpha$$
$$D_3{}^2 = z_1{}^2 + z_3{}^2 - 2 z_1 z_3 \cos(\alpha + \beta)$$

Ориентация с распределением





Вероятностная модель

1. Algorithm **landmark_detection_model** (z, x, m):

   $z = (i, d, \alpha), x = (x, y, \theta)$

2. $$\hat{d} = \sqrt{(m_x(i) - x)^2 + \left(m_y(i) - y\right)^2}$$

3. $$\hat{\alpha} = \text{atan2}(m_y(i) - y,\ m_x(i) - x) - \theta$$

4. $$P_{det} = prob\left(\hat{d} - d, \varepsilon_d\right) * prob(\widehat{\alpha} - \alpha, \varepsilon_\alpha)$$

5. Return P_{det}

Резюме

- Задача получить $P(z|x,m)$
- Модель трассировки луча
  - Высокая точность
  - Большая вычислительная сложность
- Модель конечной точки
  - Менее точная
  - Простая реализация
- Использование маяков

Следующая лекция

- Фильтр Калмана