

Система позиционирования мобильного  
робота относительно разметки с  
применением средств нечёткой логики

П.С. Сорокоумов

НИИЦ “Курчатовский институт”, Москва

# Дистанционное зондирование Земли

- постоянная спутниковая съёмка планеты для сбора информации о различных природных и антропогенных процессах. Камеры спутника необходимо периодически калибровать для получения достоверных данных.

Для калибровки используются спутниковые снимки полигональных площадок, параметры поверхности которых известны.

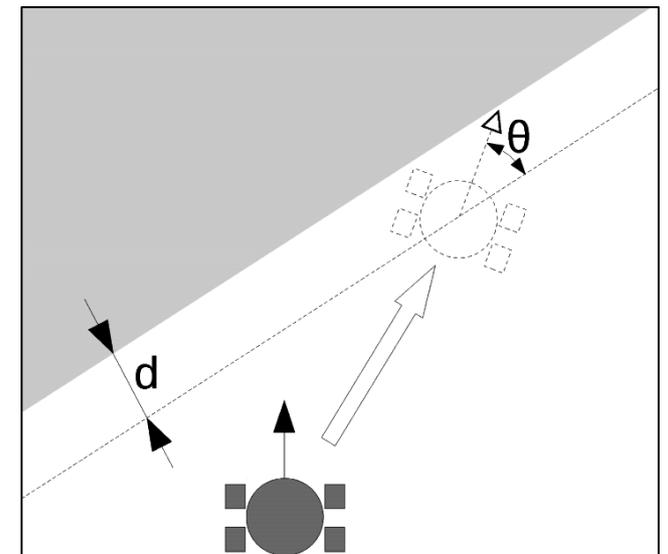
# Измерение параметров площадок на поверхности Земли

Приборы, измеряющие параметры в разных зонах э/м спектра, тяжёлые и трудные в настройке. Их надо переносить между полигонами с разными поверхностями.

Можно перемещать их автоматически с помощью мобильного робота, но для этого надо научиться точно располагать робота с приборами относительно края площадки.

Требуемая точность: по расстоянию до 2 см, по углу до  $1^\circ$ . GPS, компас, гироскоп не подходят.

Можно использовать установленную на робот откалиброванную видеокамеру



# Цель работы

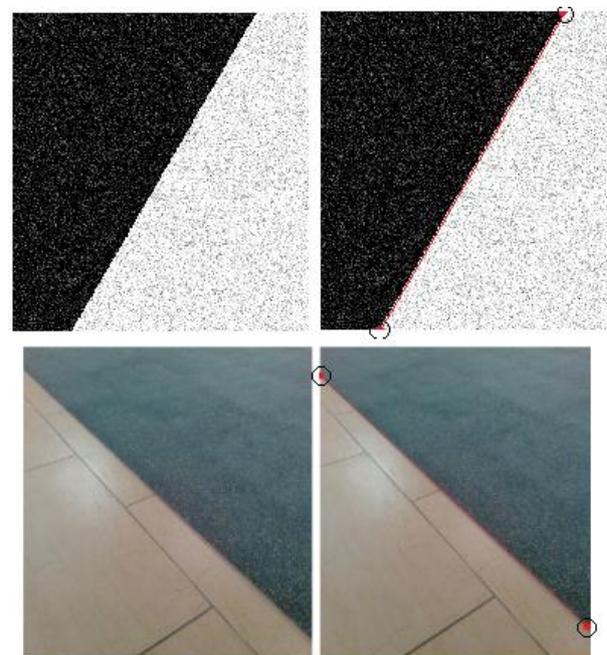
обеспечить позиционирование мобильного робота относительно края контрольной площадки при наличии требований по точности ориентации и расстояния до края, пользуясь данными с видеокамеры.

## Задачи

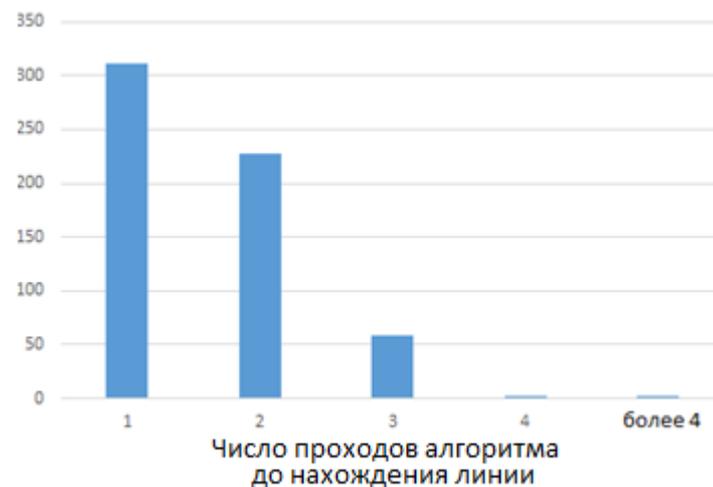
- Найти край полигона на изображении
- Определить положение робота относительно края полигона
- Направить робота в нужное положение

# Поиск края полигона на изображении

- Сглаживание высокочастотного шума
- Выделение границ на изображении
- Поиск прямой линии методом RANSAC



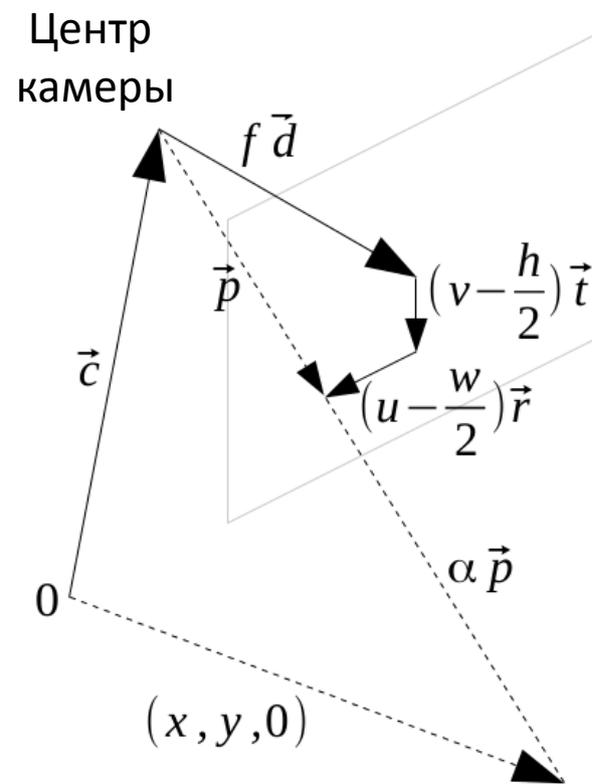
В данных условиях алгоритм RANSAC позволяет за малое число проходов найти линию края



# Положение робота относительно края полигона

Из элементарных геометрических соображений находим координаты  $(x, y)$  любой точки прямой линии по проекциям  $(u, v)$ :

$$\vec{p} = f\vec{d} + \left(u - \frac{w}{2}\right)\vec{r} + \left(v - \frac{h}{2}\right)\vec{t}$$
$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_x \\ c_y \end{pmatrix} - \frac{c_z}{p_z} \begin{pmatrix} p_x \\ p_y \end{pmatrix}$$

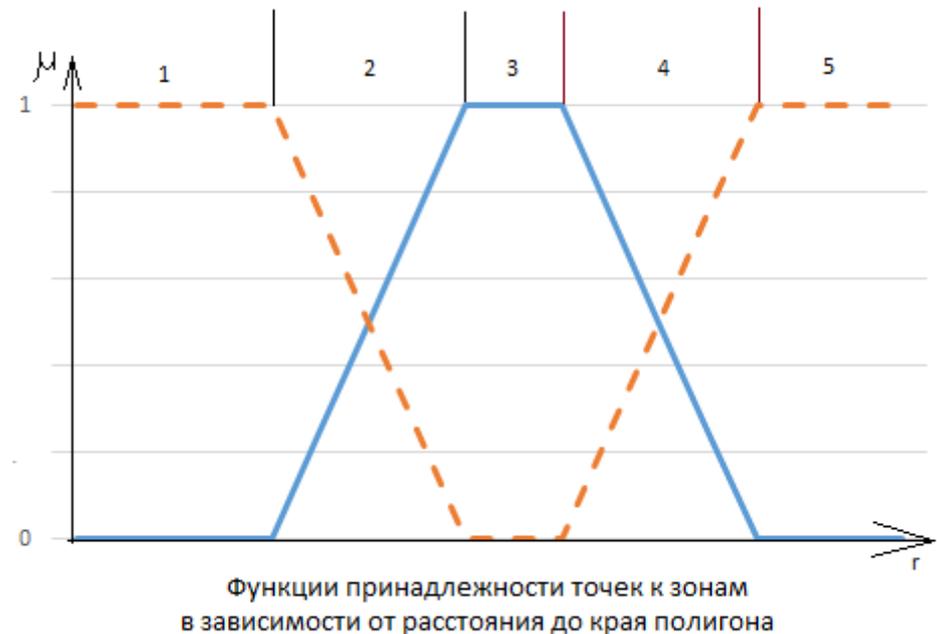


# Приближение к линии

- Надо направить робота к линии, не теряя её из вида
  - Иногда задача может не иметь решения, когда линия в конечном положении не попадает в поле зрения камеры
- Один из вариантов решения – обеспечить разное управление при разных положениях робота:
  - На большом расстоянии от линии – приближаться к ней, не теряя её из вида
  - На малом расстоянии – поворачиваться до нужной ориентации
- Можно применить нечёткую систему управления

# Нечеткая система управления

Разделим пространство на две части: в ближней к целевой линии зоне (синий цвет) главным образом изменяется ориентация, в дальней (красный цвет) – главным образом расстояние до целевой линии



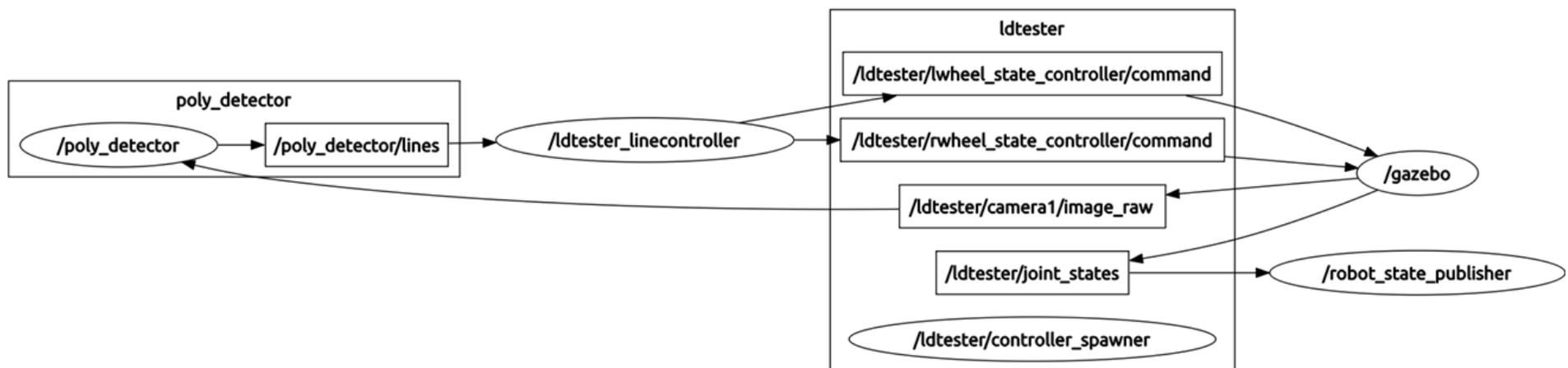
Нечёткая система управления реализована в виде 2 PID-регуляторов, управляющих скоростями вращения колёс робота. Сигналы от регуляторов суммируются

# Реализация системы

Набор узлов ROS, работающих в составе единой системы управления:

poly\_detector – распознаватель края изображения

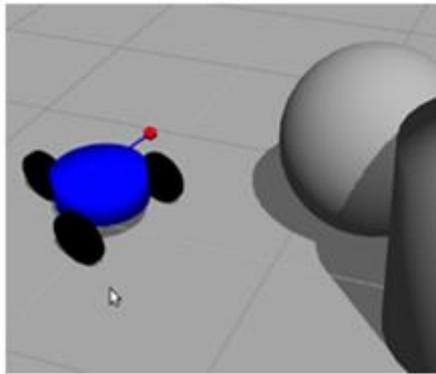
ldtester\_linecontroller – формирователь сигналов управления



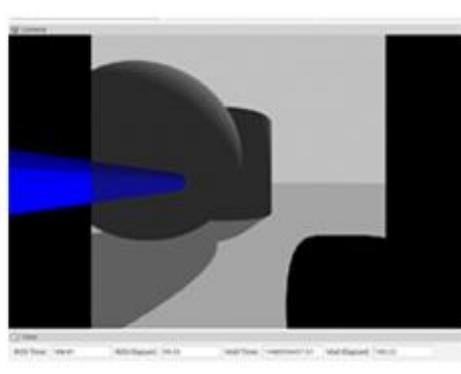
Структура тестовой подсистемы

# Тестирование

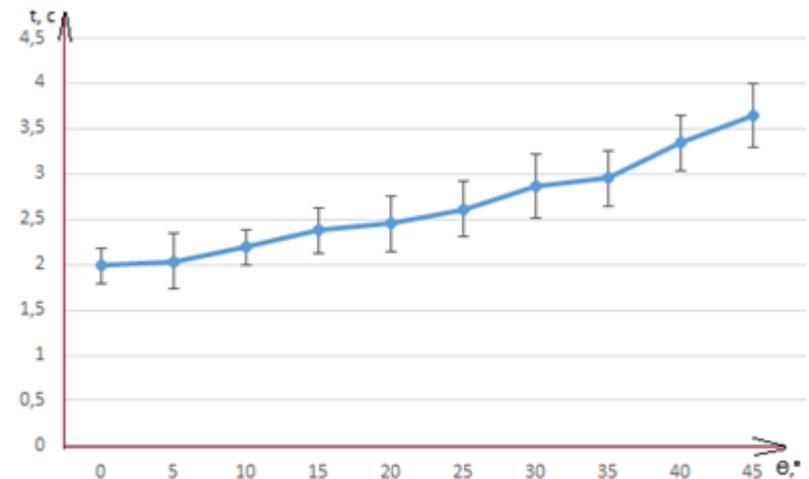
- На модели робота в среде Gazebo



Общий вид модели



Вид с камеры модели



Зависимость времени достижения целевой позиции от начального угла поворота модели относительно края

- На реальном роботе: при расстоянии до целевой линии 1.5-2м заданная позиция достигалась за 2-4 с.

# Результаты работы

В данной работе описаны разработка и реализация системы позиционирования мобильного робота с применением средств нечёткой логики.

Данная система успешно решает поставленную задачу, обеспечивая позиционирование с требуемой точностью.