

Новый метод контекстного описания и  
сегментации изображений и его  
применение в навигации роботов и  
интеллектуальном управлении

Кий Константин Иванович

kikip\_46@mail.ru

Институт Прикладной Математики  
им. Келдыша РАН

IOI-2014, Crete, Greece

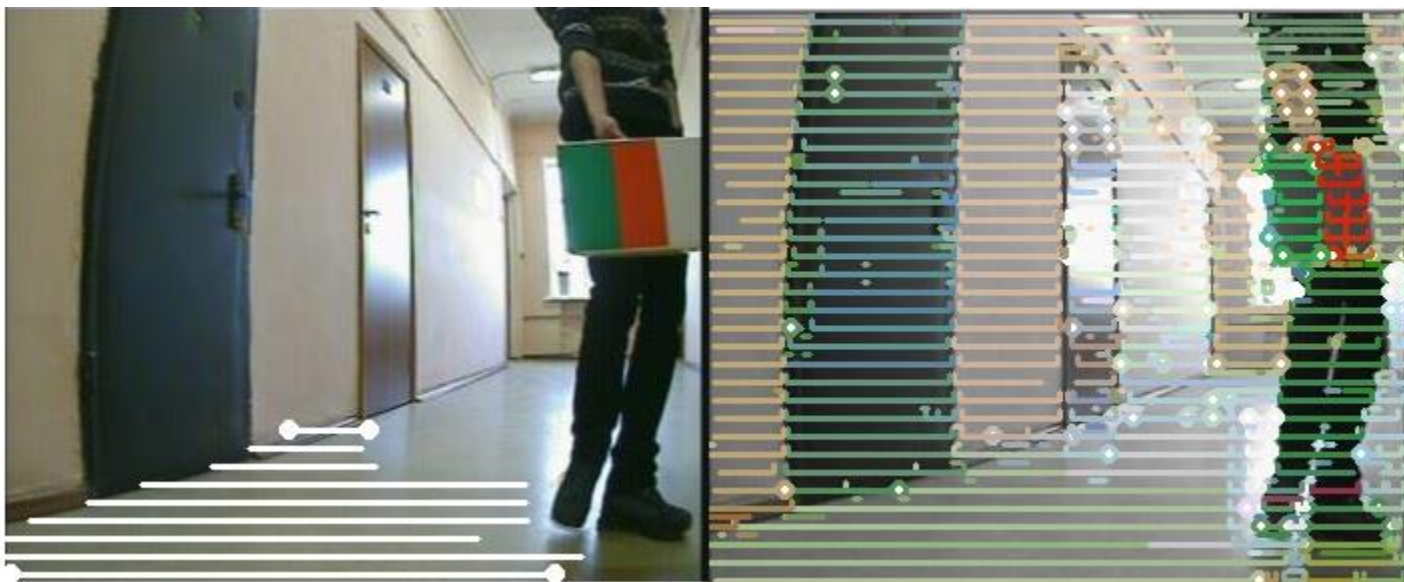
# ГЕОМЕТРИЗОВАННЫЕ ГИСТОГРАММЫ ЧЕРНО-БЕЛЫХ И ЦВЕТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

- 1. Гистограммные методы дают высокую скорость, но являются очень грубыми. Любое взаимно-однозначное отображение на себя плоскости изображения сохраняет гистограммы функций, задающих изображение. При этом объекты изображения меняются произвольным образом.
- 2. Контурный препарат и областная пиксельная сегментация описывают изображения более точно. Однако существующие методы разбиения на области неустойчивы и неоднозначны, и на сложных сценах объем данных для решения задач понимания изображений становится необозримым.

# Основные идеи нового подхода

- 1. Расширить гистограммное описание изображений, добавив приблизительное описание геометрии распределения значений функции, задающих изображения.
- 2. Геометрическое описание распределения значений функции легко сделать для функции заданной на прямой. Линии уровня в дискретном случае состоят из объединений отрезков.
- 3. Используя операцию проектирования полосы на среднюю линию можно получить приближенное описание геометрии распределения значений функции, задающей изображение на узкой полосе.

# Описание изображений с помощью цветовых сгустков



# Цветовые сгустки цветного изображения

- Каждый цветовой сгусток  $b$  имеет характеристики:
- (1) интервал  $\mathbf{Int}^b = [beg_b, end_b]$  на оси  $\mathbf{Os}$  (горизонтальная ось);
- (2) диапазон и среднее значение оттенка
- $\Delta_H^b = [H_{min}^b, H_{max}^b]$  и  $H_{mean}^b$ ;
- (3) диапазон и среднее значение насыщенности
- $\Delta_S^b = [S_{min}^b, S_{max}^b]$  и  $S_{mean}^b$ ,
- (4) диапазон и среднее значение интенсивности
- $\Delta_I^b = [I_{min}^b, I_{max}^b]$  и  $I_{mean}^b$ .
- (5) Мощность:  $Card^b$ , плотность:
- $dens(b) = Card^b / L([beg_b, end_b])$ .

## Структурный граф цветного изображения *STG*

- $Bun(\mathbf{CI}) = \cup Bun^i(\mathbf{CI})$  по всем полосам разбиения  $\mathbf{St}_i$ .
- $b_1$  и  $b_2$  два сгустка с геометрическими компонентами  $\mathbf{Int}_1$  и  $\mathbf{Int}_2$ . Обозначим
- $\mathbf{Int}_{12} = \mathbf{Int}_1 \cap \mathbf{Int}_2$ .
- Сгустки в соседних и одинаковых полосах соединяются ребром, если  $\mathbf{Int}_{12} \neq \emptyset$ .

## Контрастные (подобные) цветовые сгустки

- Пусть  $b_1$  и  $b_2$  два сгустка с геометрическими компонентами  $\mathbf{Int}_1$  и  $\mathbf{Int}_2$  в соседних или одинаковых полосах,  $\mathbf{Int}_{12} \neq \emptyset$ .
- Построены функции  $\text{hue\_close}(b_1, b_2)$ ,  $\text{sat\_close}(b_1, b_2)$ , и  $\text{inten\_close}(b_1, b_2)$ , принимающие значения от 3 (наилучшее подобие) до  $-3$  (наилучший контраст) и итоговая функция  $\text{Discr}(\text{hue\_close}, \text{sat\_close}, \text{inten\_close}) = \text{Discr}(b_1, b_2)$ , принимающая значения из  $(4, 3, 2, 1, 0, -1, -2, -3, -4)$ .

# Левое (правое) экстремальное продолжение цветового сгустка с контрастными границами

- $b_1 \in Bun^i$ ,  $b_2 \in Bun^{i+1}$  – доминирующие сгустки имеющие левые контрастные границы (переход к соседним сгусткам имеет контраст в смысле  $Discr(b_1, b_2)$ ).
- Построим для  $\mathbf{Int}_i$ ,  $i = 1, 2$ ,  $\mathbf{Int}_i^c$  получающийся как объединение интервалов всех сгустков  $b_i^k$ , лежащих правее  $b_i$  таких, что  $b_i^k$  и  $b_i^{k+1}$  – подобны в смысле  $Discr$ .
- *Определение.* Сгусток  $b_2$  экстремальное продолжение  $b_1$ , если  $\mathbf{Int}_j^c$  имеют достаточно большое пересечение в и среди сгустков удовлетворяющих этому свойству конец  $beg_2$  сгустка  $b_2$  наиболее близок к концу  $beg_1$  сгустка  $b_1$ .



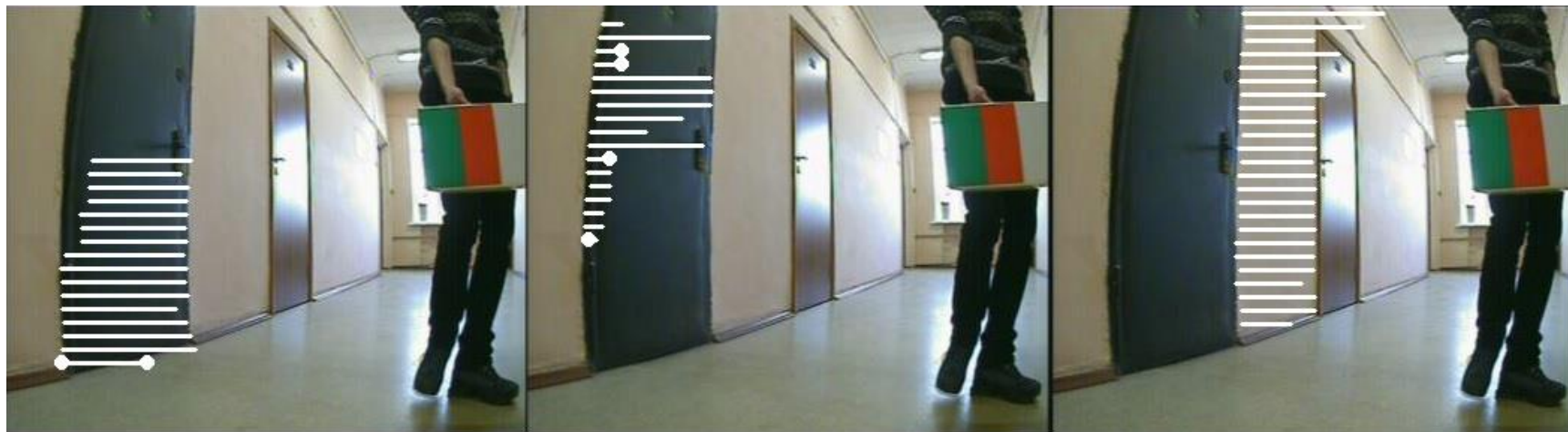
# Левые (правые) виртуальные граничные кривые на $STG$

- *Определение.* Предположим, что
- $b_j, j = n_1, \dots, n_k$ , – последовательность сгустков с левыми (правыми) контрастными границами,  $b_j \in \mathbf{St}_j$ , такие, что  $ed(b_j, b_{j+1})$  – левое (правое) экстремальное продолжение конца  $beg_j$  ( $end_j$ ) сгустка  $b_j$ . Такие последовательности называются левыми (правыми) контрастными граничными кривыми в  $STG$ . Последовательность  $b_j$  называется левым (правым) ростком контрастного объекта в  $STG$ , ограниченного данной граничной кривой.

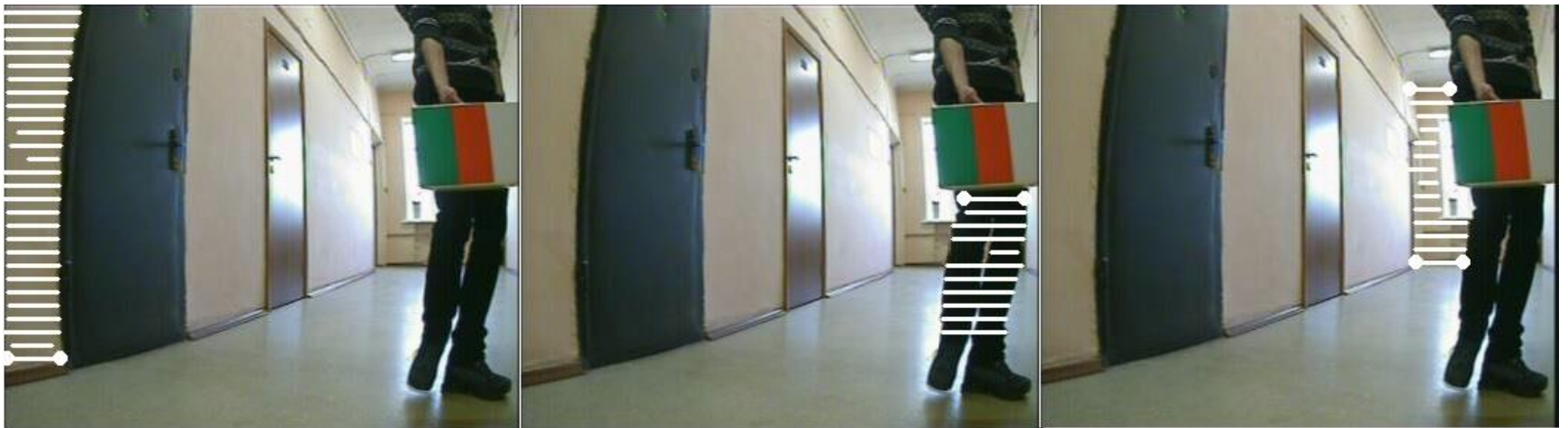
# Примеры левых и правых ростков контрастных объектов



# Левые контрастные кривые (левые ростки контрастных объектов)



# Правые контрастные кривые (правые ростки контрастных объектов)



# Контрастные кривые (ростки контрастных объектов), соответствующие частям метки

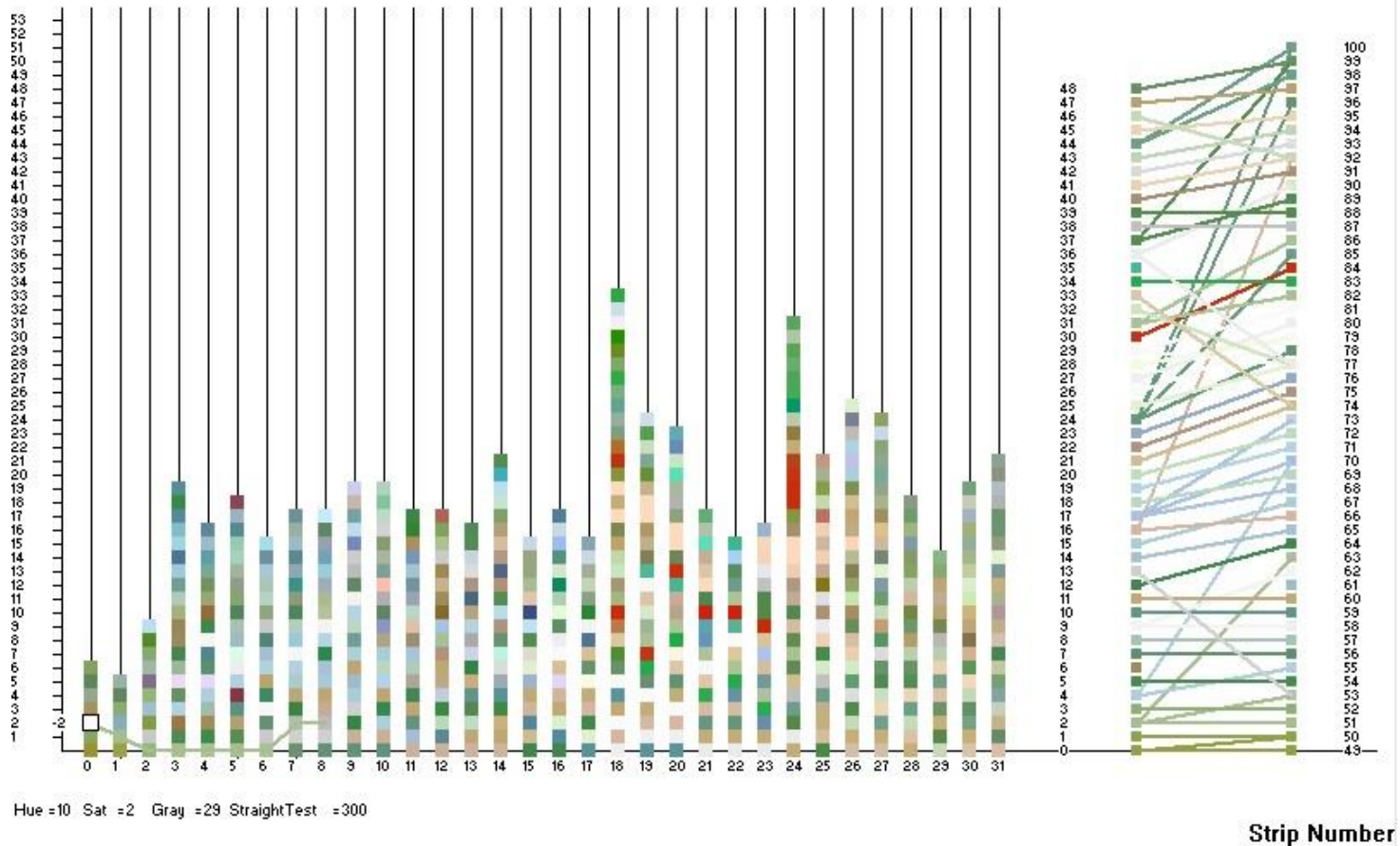


# Двудольный граф левых и правых ростков

## *LRG*

- 1. *Определение.* Пусть  $G_l$  и  $G_r$  – левый и правый ростки контрастных объектов. Будем говорить, что  $G_l$  и  $G_r$  непрерывно связанные ростки, если, по крайней мере, на одной полосе их цветовые сгустки принадлежат последовательности соседних подобных сгустков, связывающей их (подобие здесь понимается в смысле функции контраста-подобия *Discr*).
- 2. Двудольный граф, вершины которого левые и правые ростки контрастных объектов, а ребра которого соединяют непрерывно связанные левые и правые ростки, обозначается *LRG* (left-right germs of global objects).

# Граф *LRG* и информация о правом ростке глобального объекта (часть пола)



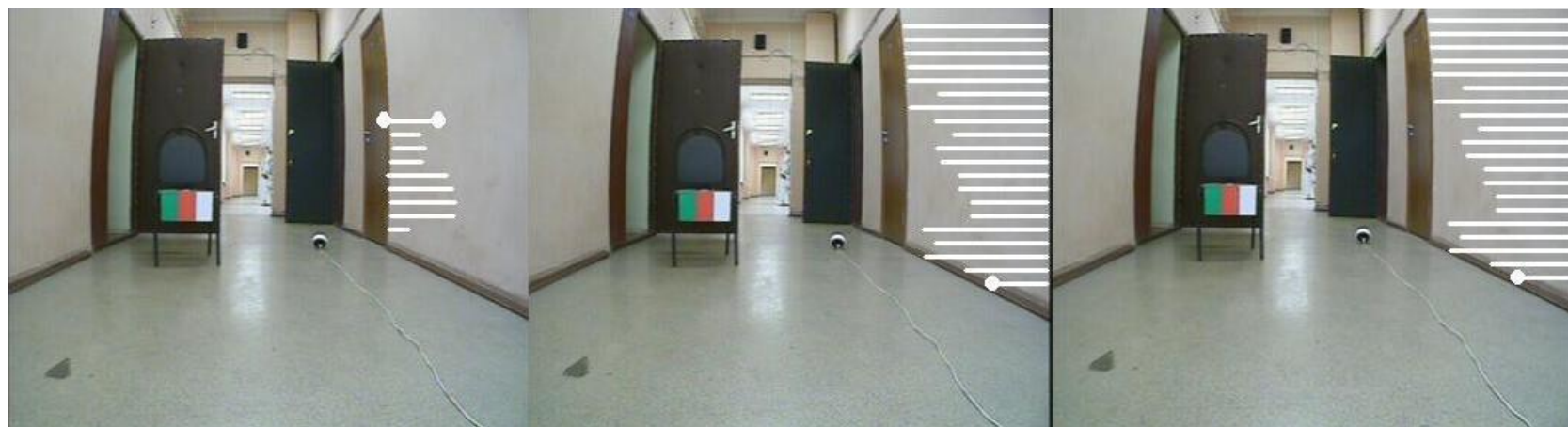


# Операции сегментации и поиска объектов с заданными характеристиками и формой

- 1. Рассматриваются связные компоненты на *LRG*.
- 2. Оцениваются геометрические параметры границ.
- 3. Находятся компоненты, границы которых удовлетворяют заданным условиям и цветовые параметры которых приблизительно такие как и у разыскиваемых объектов.
- 4. В сложных условиях (при пересветках, заслонениях) выполняются процедуры кластеризации на множестве левых и правых контрастных кривых с целью достроения оборванных связей.



# Связная компонента на *LRG*, соответствующая стене



Левые и правые ростки объектов из связной компоненты на  $LRG$ , образующие открытую дверь с заслонением



## Что дает новая техника

- 1. Решать задачи только на основе сжатого структурного описания (структура цветowych сгустков + граф цветowych сгустков + двудольный граф левых и правых ростков глобальных объектов - контрастных граничных кривых) без обращения к массиву изображения.
- 2. Искать составные объекты и описывать взаимное расположение нескольких объектов. Отыскивать соседние объекты для выделенных. Искать объекты рядом и между.
- 3. Отслеживать движение границ объектов снабженных информацией о цветowych параметрах объектов и сжатым описанием их формы.

# Примеры решаемых практических задач

- 1. Поиск искусственных меток, составленных из окрашенных геометрических фигур.
- 2. Поиск естественных больших ориентиров в помещении (двери, стены, окна, и т.д.).
- 3. Организация движения робота в помещениях на основе анализа ориентиров.
- 4. Анализ дорожных сцен.

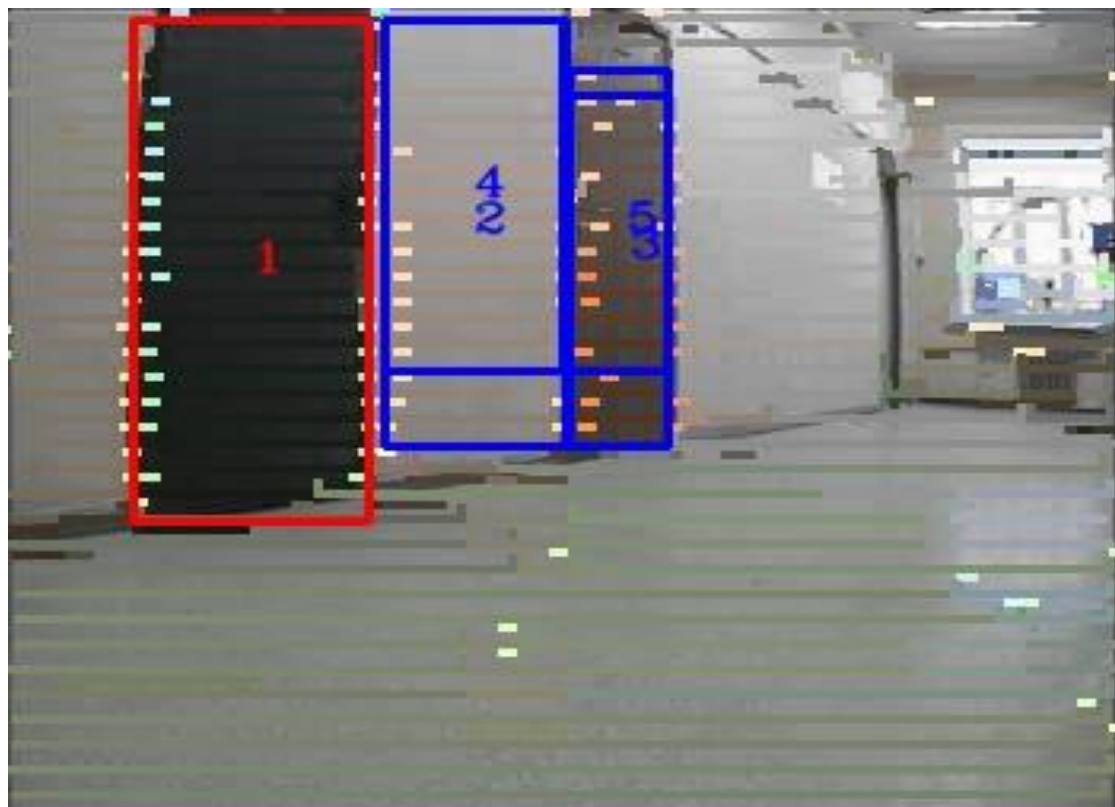
# Робот “Амур” лаборатории “Сенсорика”



# ОБРАБОТКА ПРИ ДВИЖЕНИИ ЗА МЕТКОЙ



# ОБРАБОТКА ПРИ ДВИЖЕНИИ К ДВЕРИ





# ТЕКУЩИЕ РАЗРАБОТКИ

- Разрабатываются комплексы программ для:
- 1. Анализа движения частей меток и работы с метками в условиях заслонений, частичного выхода метки за пределы кадра и ее вращений (включая поворот на 180 градусов)
- 2. Обнаружения человека, несущего метку и анализа его действий.
- 3. Анализа ситуации при движении к большим ориентирам (заслонение, появление людей в кадре, и т.д.).
- 4. Движения по коридору с использованием естественных ориентиров в присутствии других объектов (людей).



## Результаты

- Разработаны методы и программный комплекс для анализа цветных изображений реального времени на основе их нового структурного описания с помощью графов *STG* и *LRG* .
- Для изображений формата 640X480, на современных персональных компьютерах скорость обработки более 20 fps.
- На базе программного комплекса создана и протестирована система автономной навигации робота Амур для движения на ориентиры.

Спасибо за внимание!

# Литература по новому методу сегментации и понимания изображений

1. Kiy K.I. A New Real-Time Method for Description and Generalized Segmentation of Color Images, *Pattern Recognition and Image Analysis*. 2010. N. 2. P. 169-178.
2. K.I. Kiy, A new real-time method of contextual image description and its application in robot navigation and intelligent control, in *Computer Vision in Advanced Control Systems Using Conventional and Intelligent Paradigms*, Springer Book Series 8578, Vol 2, Chapter 5, December, 2014.
3. Kiy K.I. Segmentation and Detection of Contrast Objects and Their Application in Robot Navigation, *Pattern Recognition and Image Analysis*. 2015. N. 1.