

# Сегментация и обнаружение контрастных объектов и их применение в навигации роботов

Кий Константин Иванович

kikir\_46@mail.ru

**Институт Прикладной Математики  
им. Келдыша РАН**

**ММРО-2015, Светлогорск**

# Цветовые сгустки дорожной сцены



# Описание цветных изображений с помощью графа цветowych сгустков



# Цветовые сгустки цветного изображения граф STG

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

# Непрерывные граничные кривые и ростки глобальных контрастных объектов

- 1. Определить на *STG* левые и правые непрерывные граничные кривые – ростки глобальных объектов.
- 2. Построить двудольный граф левых и правых ростков глобальных контрастных объектов *LRG* и интерпретировать глобальные контрастные объекты как связные компоненты на *LRG*.

## 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  $Int_i$ ,  $i = 1, 2$ ,  $Int_i^c$  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  $Int_j^c$  имеют достаточно большое пересечение в смысле расстояний (1) 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



# Левый и правый росток частей неба



# Части обочины



# Части дороги



# Инструменты сегментации

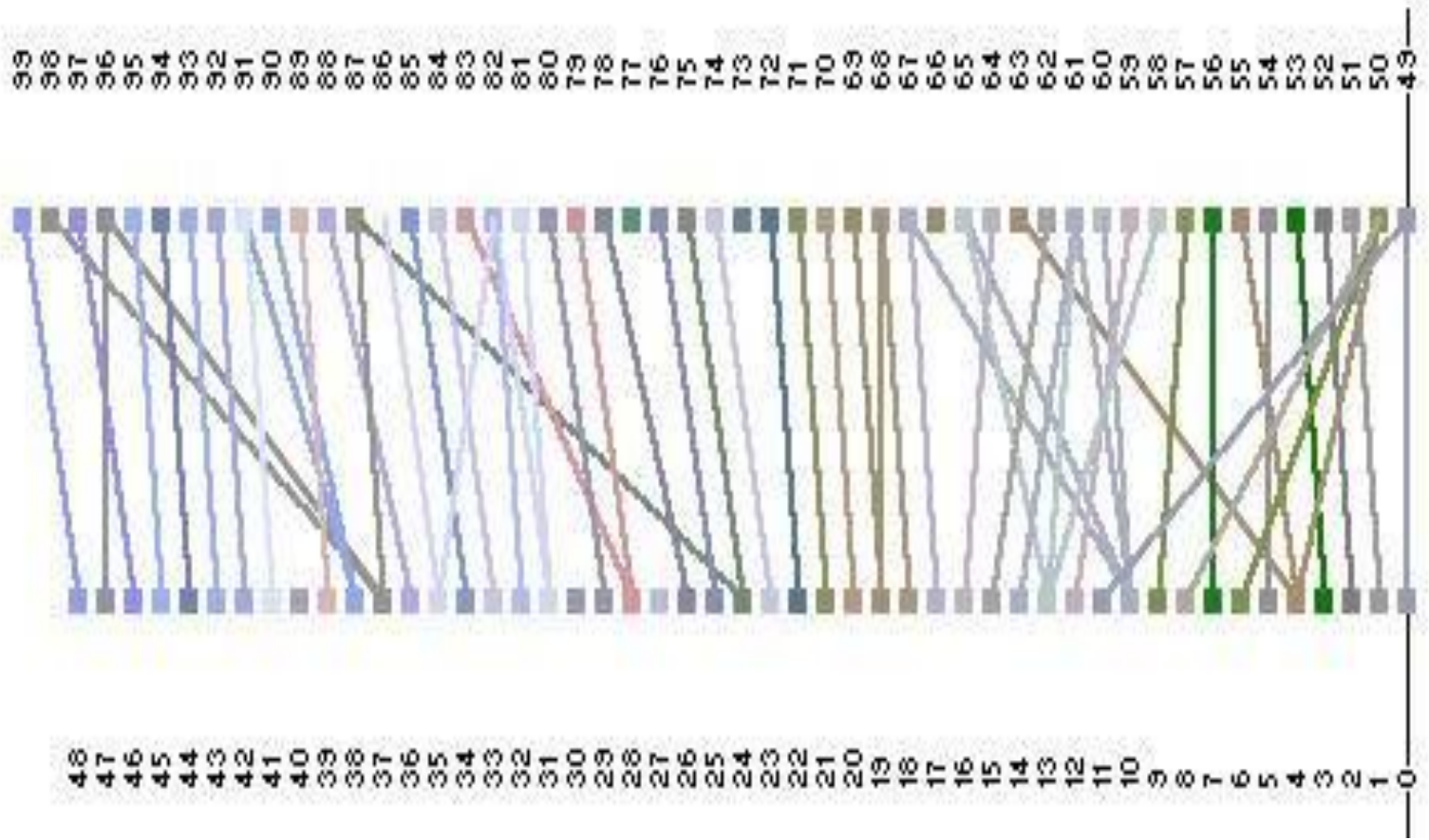
- Описание соотношения соседства между областями.
- Описание цветовых параметров левых и правых ростков объектов.
- Описание геометрии граничных кривых.
- Описание связи между левыми и правыми ростками объектов.
- Сравнение геометрических и цветовых параметров соседних ростков.

# Двудольный граф левых и правых ростков

## *LRG*

- *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*).

# Пример графа LRG





## Решаемые задачи

- Поиск реальных объектов на изображении, задаваемых большими фоновыми областями (дороги, лес, поле, небо, дома, и т.д.). Объекты ищутся на основе геометрических и цветовых характеристик и с учетом поведения на бесконечности (перспективы)
- Поиск небольших объектов на фоне найденных больших (другие участники движения и специфические их части, дорожные знаки, дорожная информация, светофоры).

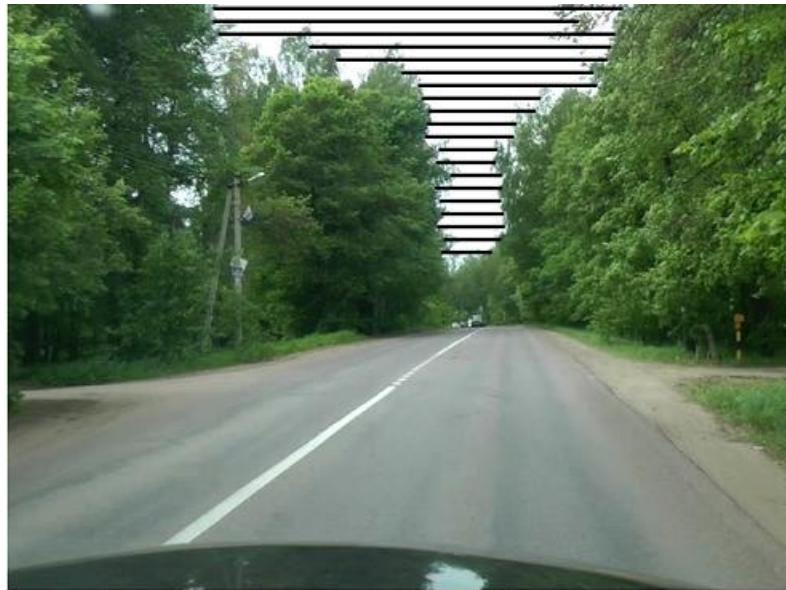
# Поиск участков неба в кадре на основе качественного описания

- Области, образующие небо, расположены в верхней части кадра, имеют высокую яркость и относительно небольшое цветовое насыщение.
- Области, имеющие более высокое насыщение, имеют меньшую яркость.
- Как правило, области не имеют прямоугольной формы, или из нескольких соседних областей прямоугольной формы, более вероятно окрашенная в синий цвет.
- Содержатся области, ширина которых сильно превосходит высоту.
- И т.д.

# Результаты работы детектора неба



# Результаты работы детектора неба



# Результаты работы детектора неба



# Результаты работы детектора неба



# Результаты работы детектора неба



# Результаты работы детектора неба





# Небо и желтая разметка



# Результаты

- Разработаны методы и программный комплекс для построения глобальных контрастных объектов на цветных изображениях реального времени (20 fps для изображений 640x480).
- Разработаны принципы детекторов выделения интересных объектов для реализации движения робота-автомобиля по дорогам.
- Приведены результаты работы детектора неба в кадре дорожных сцен.

Спасибо за внимание!