

# Разработка алгоритмов сегментации изображений сложной структуры

Мурашов Д.М. <sup>1</sup> , Березин А.В.<sup>2</sup>, Ганебных С.Н. <sup>1</sup>, Иванова Е.Ю. <sup>2</sup>

<sup>1</sup>) ФИЦ ИУ РАН, Москва

<sup>2</sup>) Государственный Исторический музей, Москва  
d\_murashov@mail.ru , berezin\_aleks@mail.ru

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 15-07-09324 и проект № 15-07-07516 .

Всероссийская конференция с международным участием  
<<МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ>>  
19-25 сентября 2015 г.  
Светлогорск

# Задачи исследования

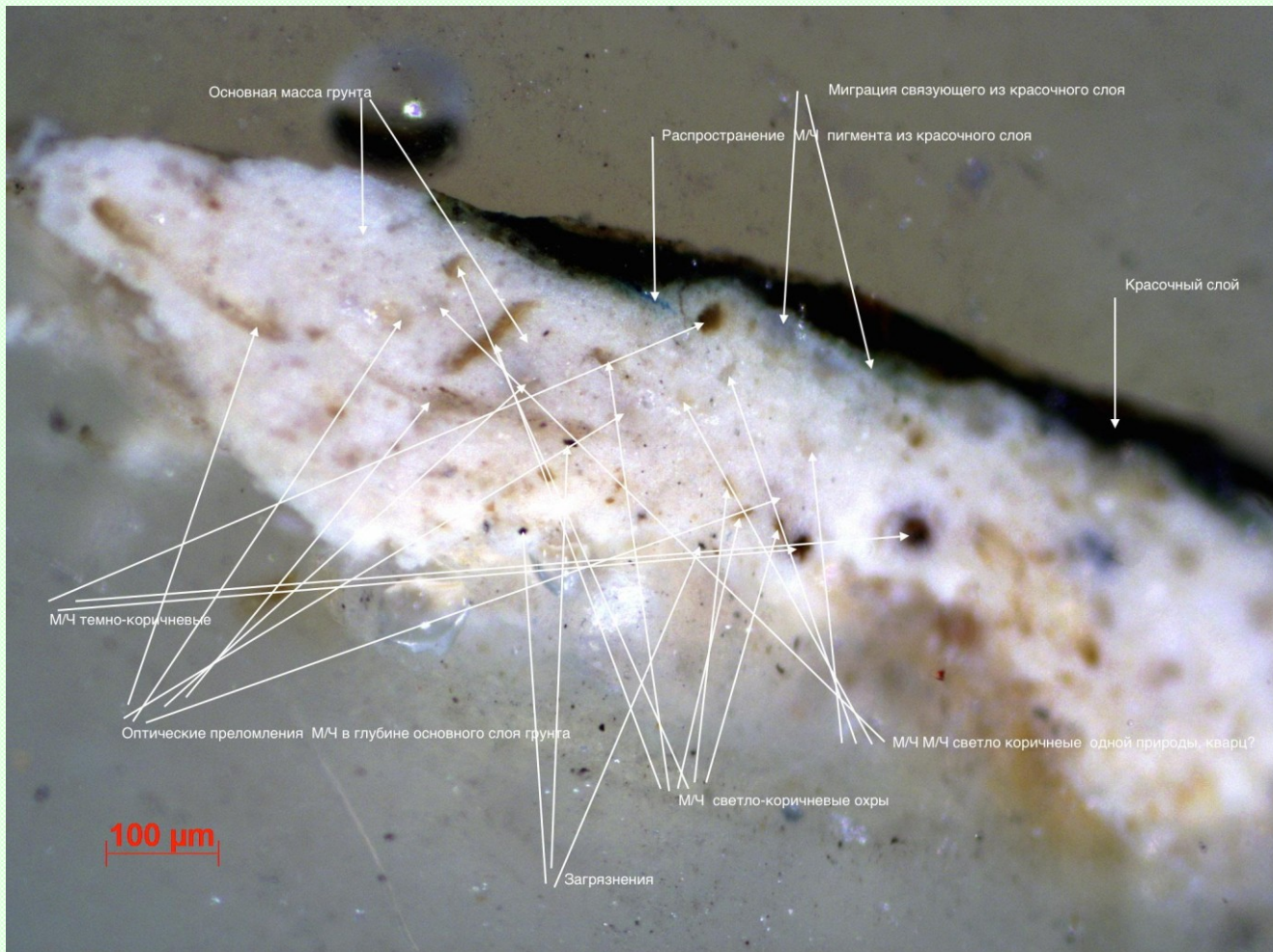
Исследование эволюции грунтов в произведениях станковой масляной живописи на примерах подписных и датированных произведений европейских и русских художников XVII – XIX вв.

Выявление особенностей структуры грунта с помощью информации, получаемой микрофотосъемкой образцов красочного слоя:

- количество слоев грунта в образце;
- толщина каждого из слоев грунта и красочного слоя;
- глубина проникновения связующего масляных красок в структуру грунта;
- размеры отдельных частиц вкраплений в грунте;
- цвет слоев грунта и отдельных вкраплений;
- наличие групп вкраплений отличающихся размером, цветом и формой частиц.

Необходима сегментация изображения образца грунта.

# Изображения микросрезов



## Задачи сегментации

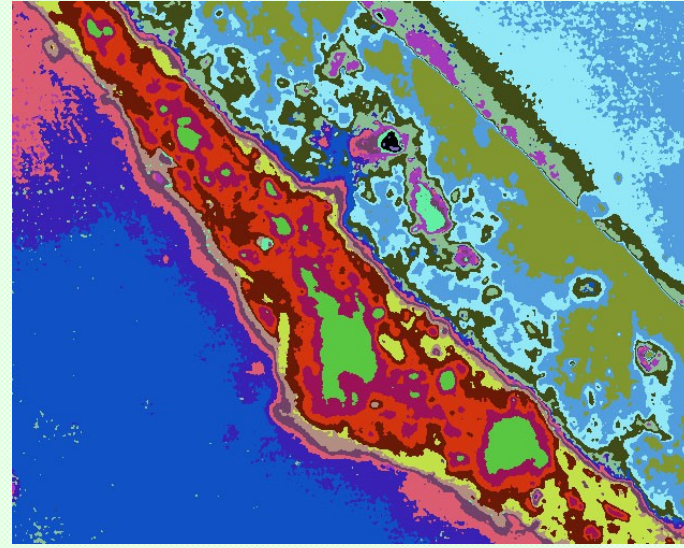
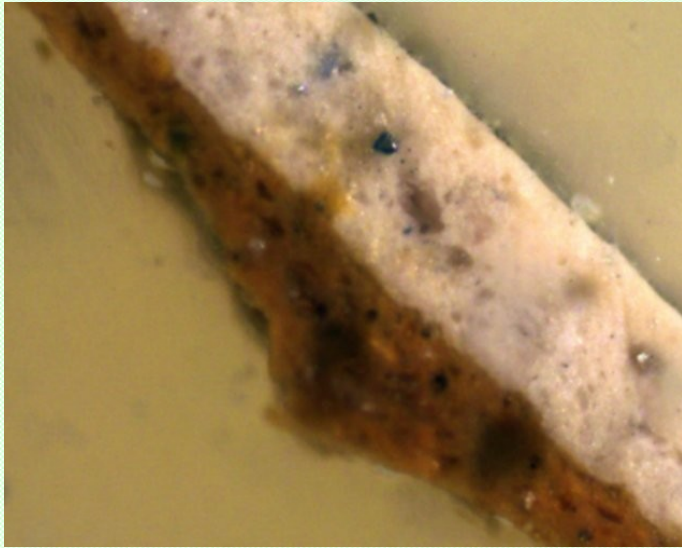
1. Выделение слоев.
2. Выделение вкраплений и частиц пигмента.

# Известные подходы

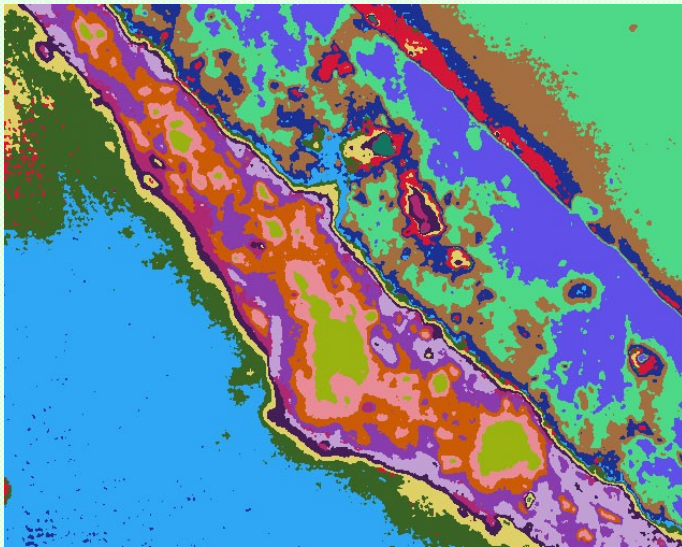
1. Методы кластеризации (k–средних), учет пространственных координат, морфологическая постобработка (Kaspar,R., et al., Microscopic cross-sections of old artworks, ICIP, 2005).
2. Методы на основе моделей случайных полей и гауссовых смесей, применяемых на нескольких уровнях разрешения (M. Haindl et al., 2009).
3. Текстурные методы.
4. Модели активного контура (Zitova, B. et al., Analysis of painting materials on multimodal microscopic level. Proc. SPIE 7531, 2010).

Требуется вмешательство опытного оператора для применения методов сегментации и коррекции результатов.

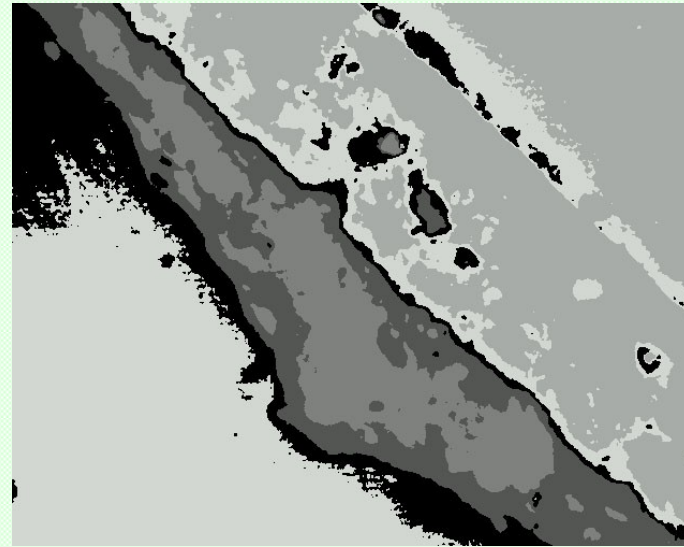
# Алгоритм $k$ -средних



30



25



5

Требуется задать число кластеров.

# Суперпиксельные методы

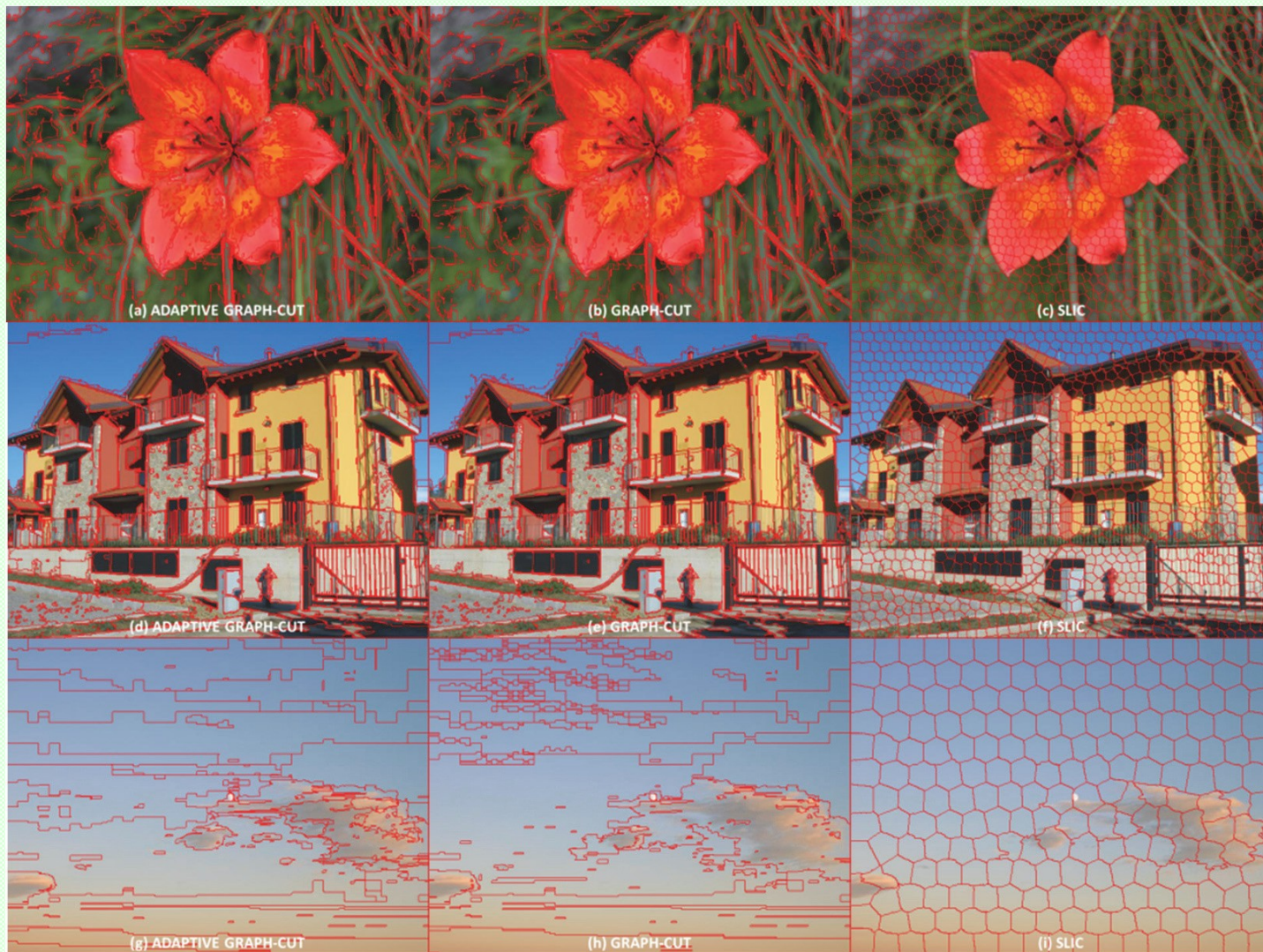


Рис. из статьи: I. Frosio, E.R. Ratner. Adaptive Segmentation Based on a Learned Quality Metric. Proc. VISAPP 2015, Vol.1. P. 283-291.

# Суперпиксельные методы

Достоинства:

- точность границ;
- малые вычислительные затраты;
- гибкость;
- простота применения.

Ограничение :

необходимо группировать суперпиксельные области для выделения объектов на изображении.

# Алгоритм сегментации SLIC (R. Achanta et al., 2012)

Точка изображения  $I$  :  $p = (c_1, c_2, c_3, x, y)^T$ .

1. Изображение разбивается на  $K$  фрагментов размера  $a \times a$  с центрами  $C_i$ .
2. Коррекция координат  $C_i$  из условия  $\nabla I(C_i) \rightarrow \min$ .
3. Формирование локальных кластеров в окрестности  $2a \times 2a$ .  
Расстояние между  $p$  и  $C_i$  :

$$D = \sqrt{d_c^2 + \left(\frac{d_s}{a}\right)^2 m^2}, \quad d_s = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2},$$

$$d_c = \sqrt{(c_{1j} - c_{1i})^2 + (c_{2j} - c_{2i})^2 + (c_{3j} - c_{3i})^2}.$$

4. Определение новых центров  $C'_i$ .
5. Повтор шагов 3 и 4 до достижения заданной точности.



# Процедура постобработки

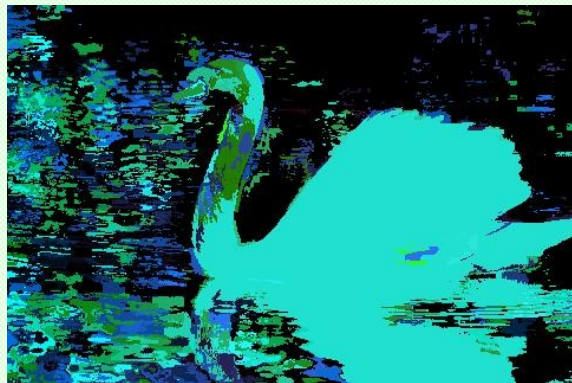
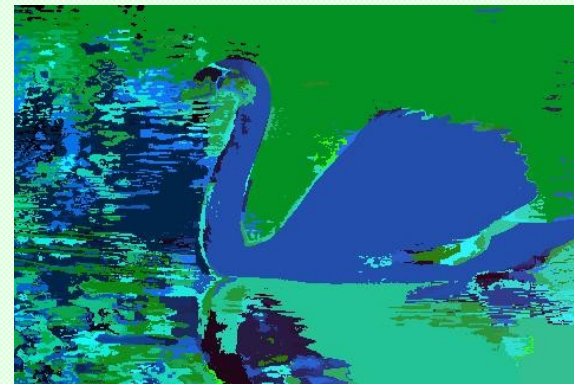
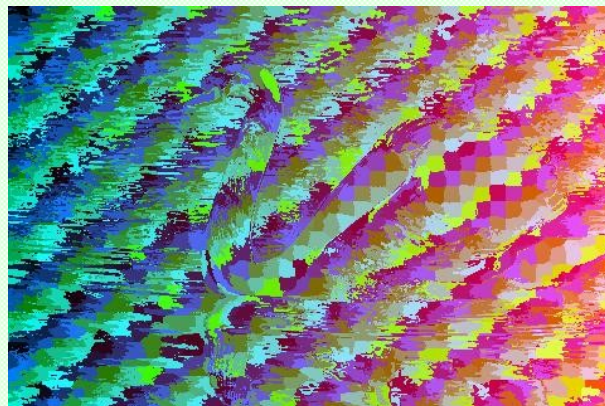
1. Объединение соседних суперпиксельных областей.

$$\mathfrak{S}_{ij} = \mathfrak{S}_i \cup \mathfrak{S}_j, \text{ если } d_c(C_i, C_j) < \delta_1,$$

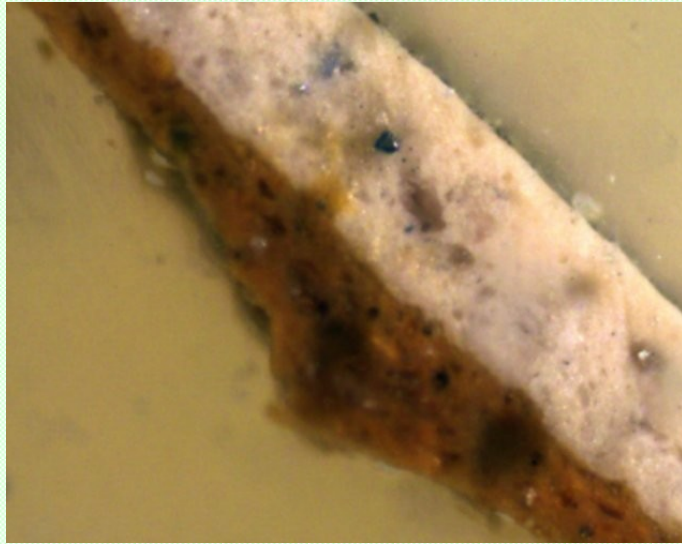
$$d_c(C_i, C_j) = \sqrt{(c_{1j} - c_{1i})^2 + (c_{2j} - c_{2i})^2 + (c_{3j} - c_{3i})^2}.$$

2. Объединение суперпиксельных областей на всем изображении.

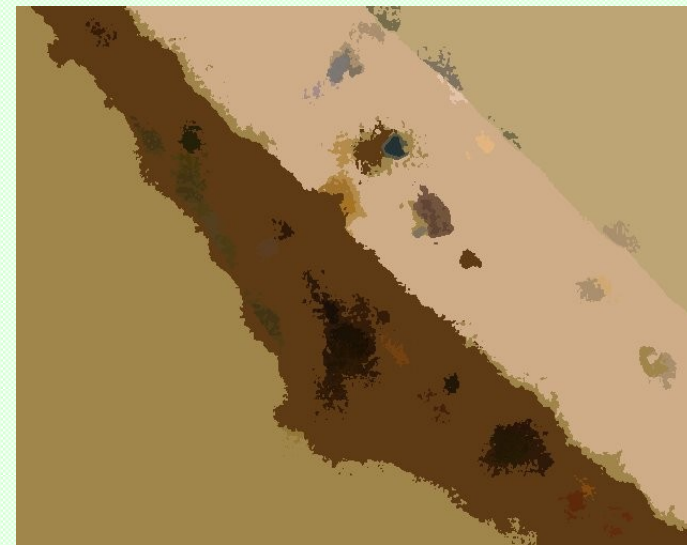
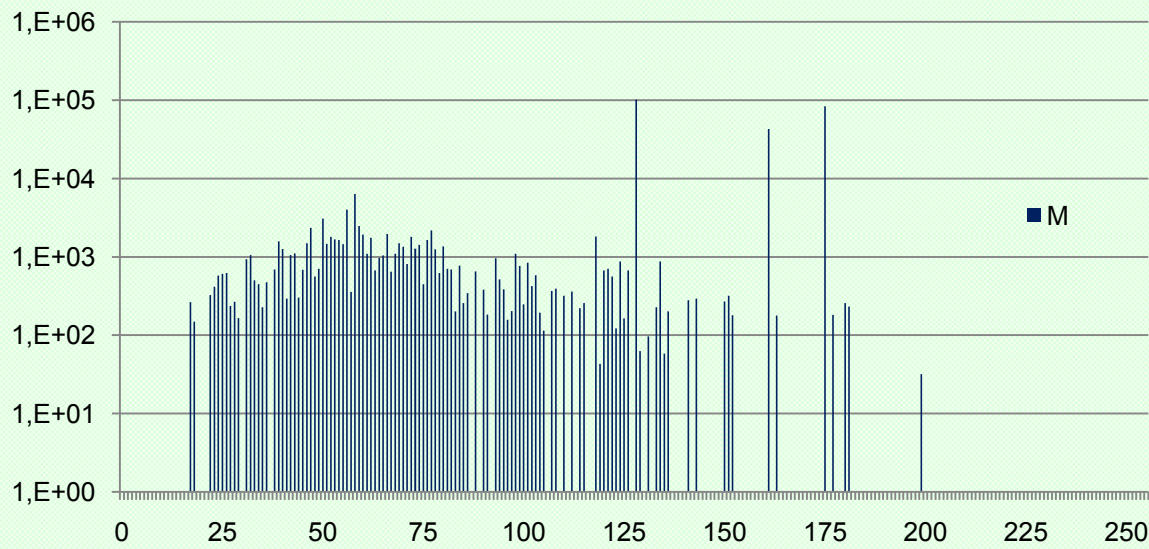
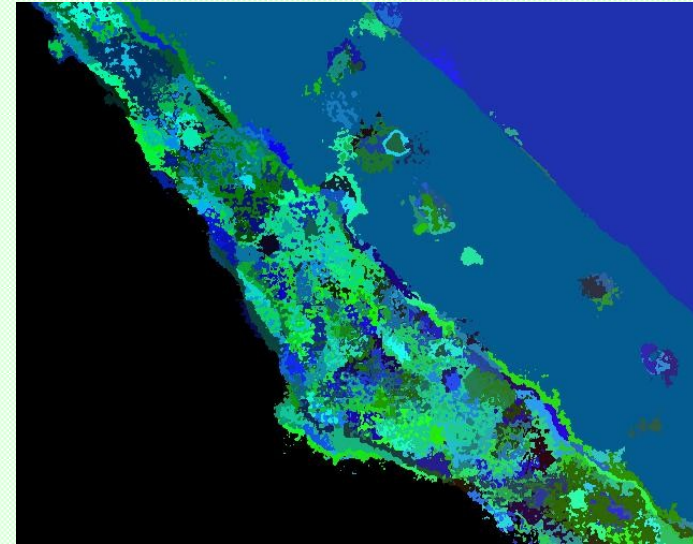
$$\mathfrak{S}_{ij} = \mathfrak{S}_i \cup \mathfrak{S}_j, \text{ если } d_c(C_i, C_j) < \delta_2.$$



# Выделение слоев микросреза



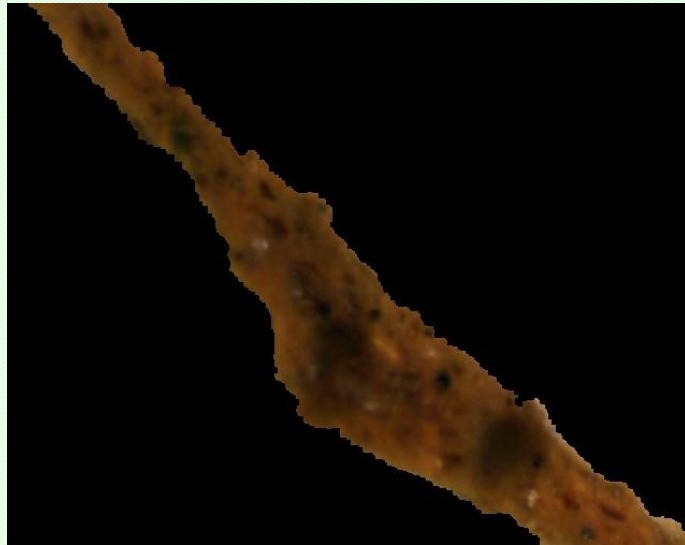
CIE Lab



Гистограмма мощности суперпиксельных областей.

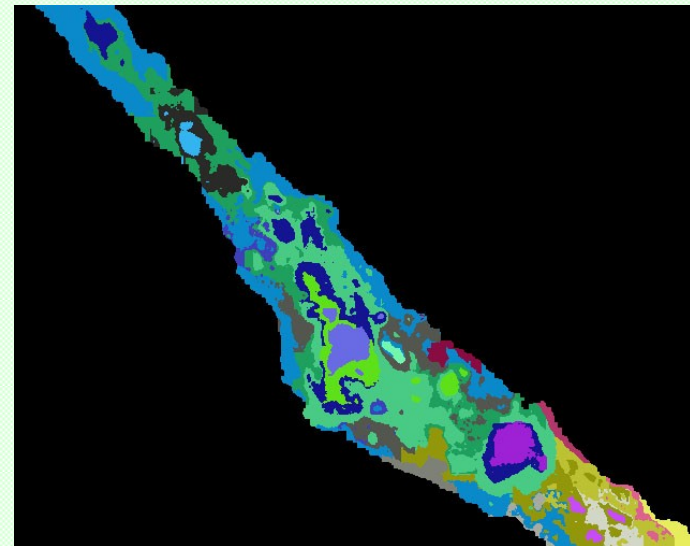
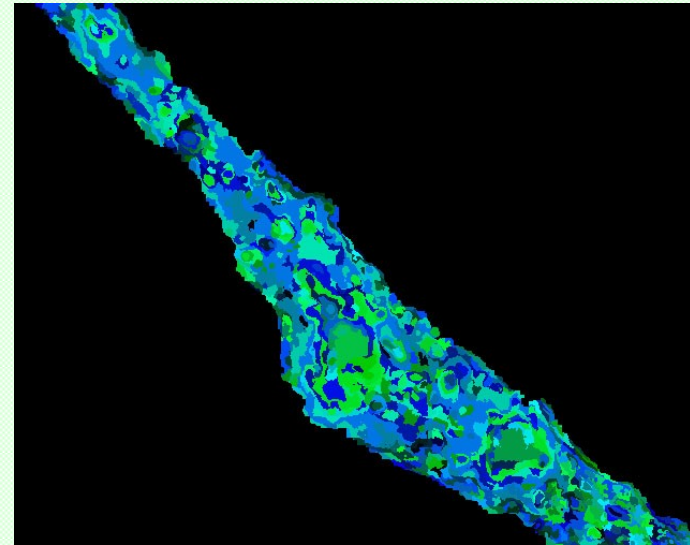
# Выделение вкраплений в слоях грунта

Сегментация вкраплений выполняется послойно.

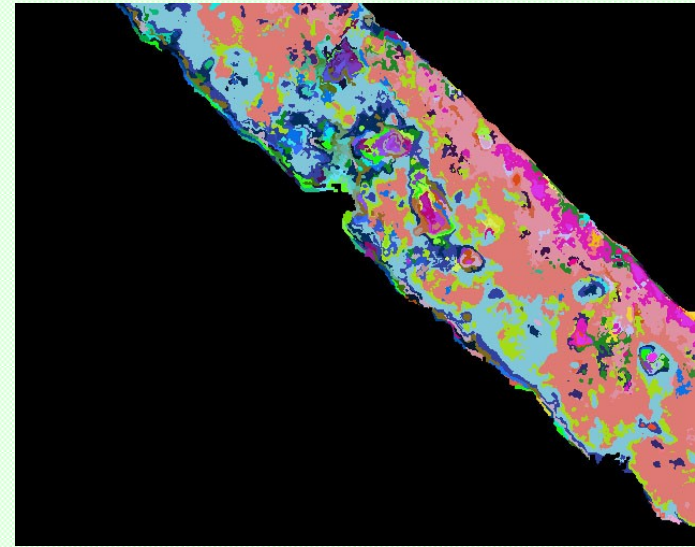
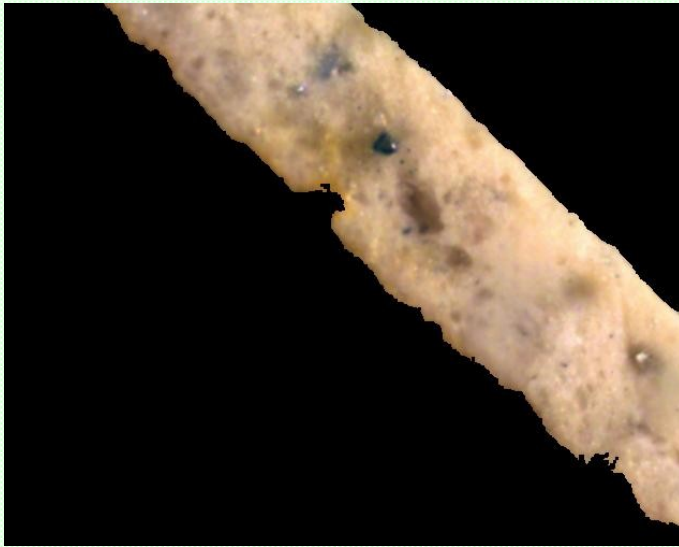


RGB

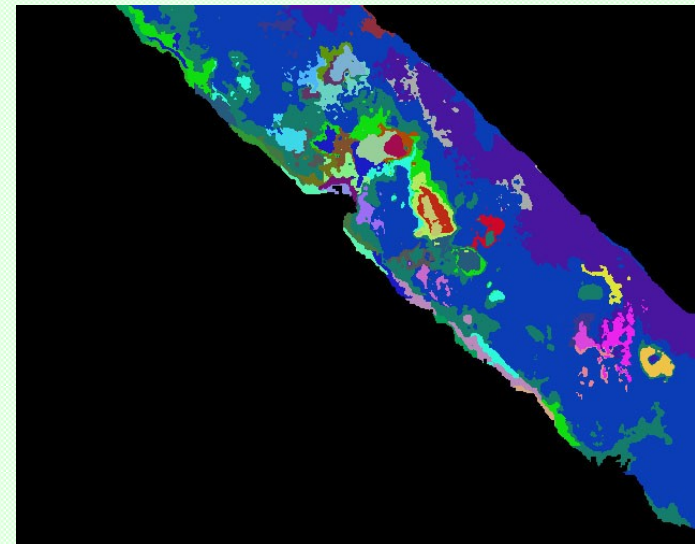
Результат работы алгоритма при различных значениях параметров



# Выделение вкраплений в слоях грунта



Результат работы алгоритма при различных значениях параметров



# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработана методика сегментации изображений образцов грунта, взятых с произведений живописи.
2. Выбран алгоритм сегментации изображений микросрезов грунта – алгоритм суперпиксельной сегментации SLIC.
3. Предложена двухшаговая процедура постобработки сегментированных изображений.
4. Направления дальнейших исследований:
  - разработка процедур и методик выбора параметров алгоритма;
  - оценка качества сегментации изображений образцов грунта;
  - решение задач по выявлению особенностей структуры грунта;
  - обработка изображений коллекции микросрезов грунта ГИМ.