

# Минимизация ошибки аппроксимации структурированного изображения кусочно-постоянными приближениями

М.В. Харинов

Санкт-Петербург, Институт информатики и автоматизации  
Российской академии наук (СПИИРАН)

28 ноября, 2019

# Оптимальные приближения изображения

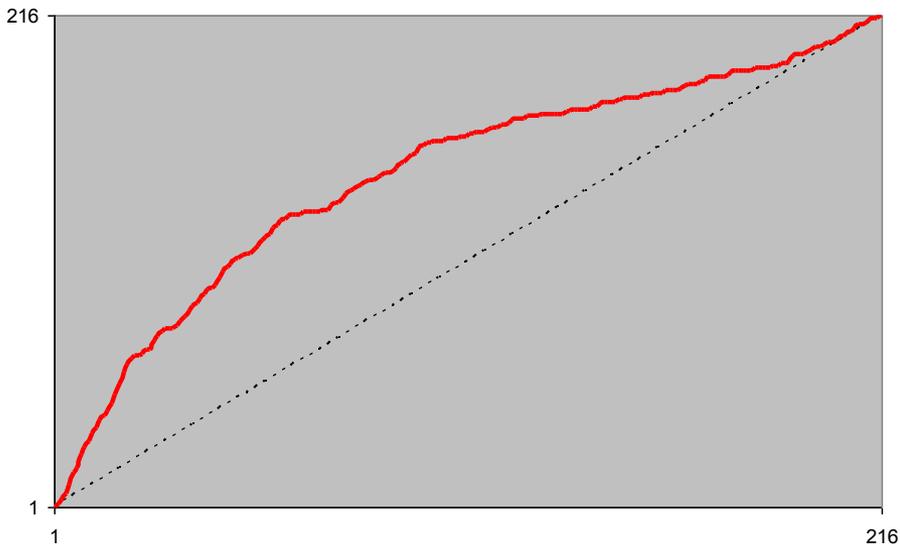


и т.д. – всего 216 оптимальных приближений. Программа Z\_OptHstSegSuF.exe – **МОЖНО СКАЧАТЬ**

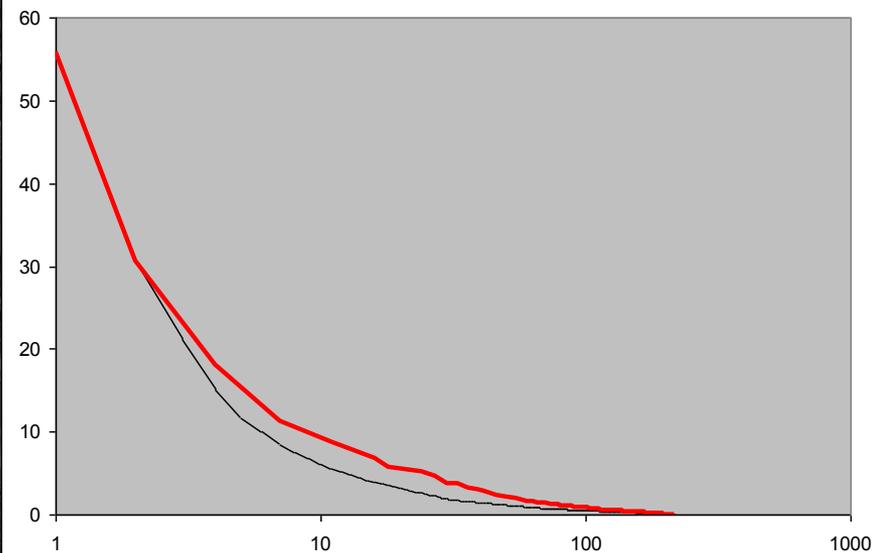


Суперпиксели – это максимальные множества пикселей, из которых можно составить без искажений  $k \sim 100$  начальных оптимальных разбиений изображения.

Число суперпикселей  
в зависимости от числа кластеров

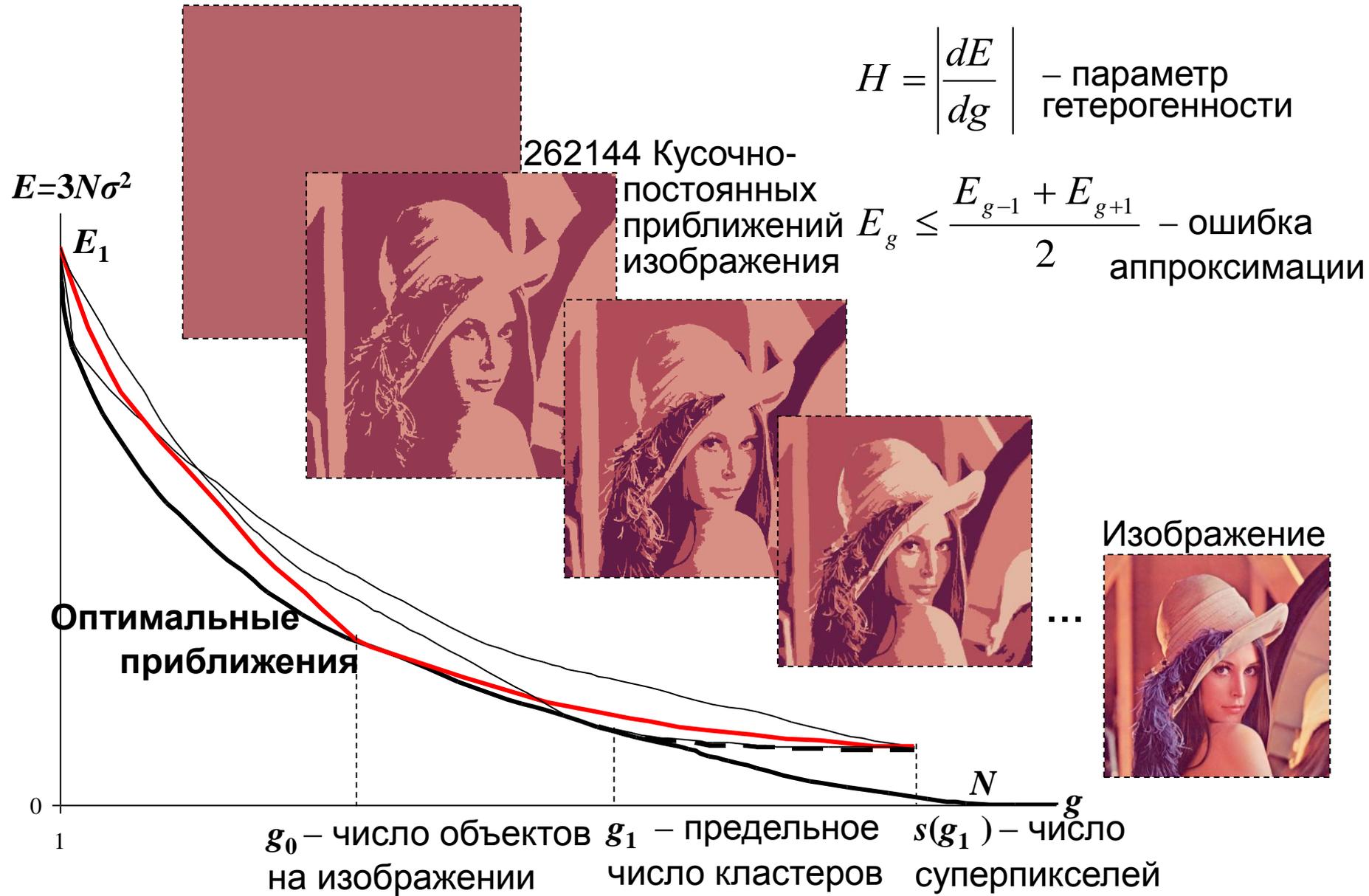


Среднеквадратичное отклонение  
в зависимости от числа кластеров

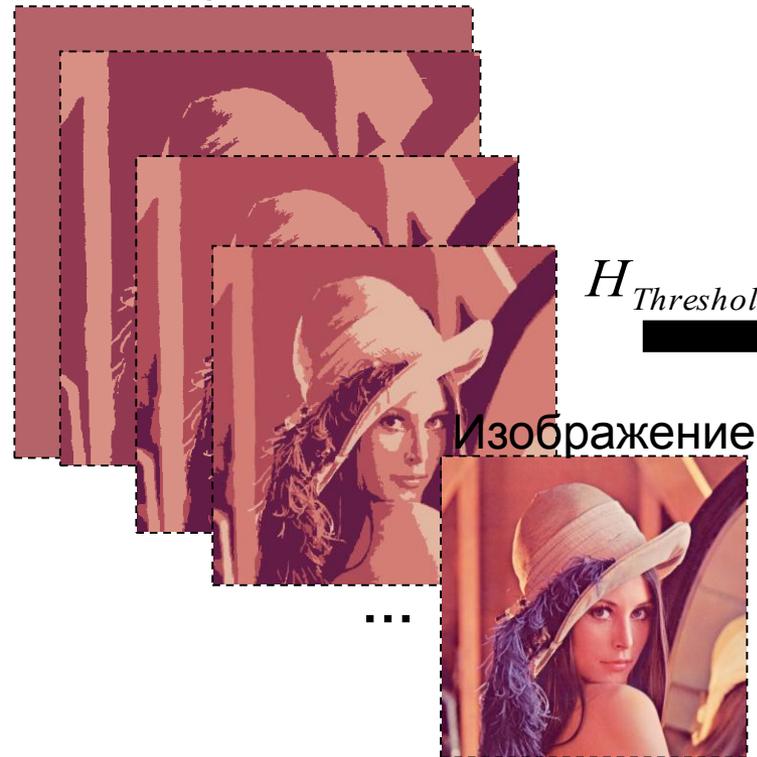


и т.д. – всего 216 иерархических приближений суперпикселями.

# Модель аппроксимации изображения иерархией приближений



262144 приближений



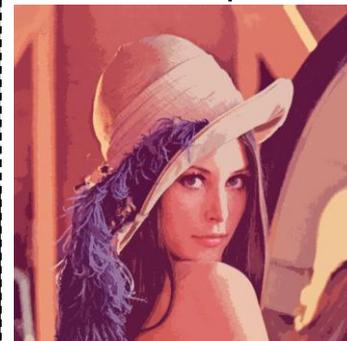
$H_{Threshold} = 1\%$

Карта объектов



5 тонов, 14132 сегментов

Карта в усредненных цветах



13151 цветов

## Настроечные параметры в модели

- 1) Число объектов на изображении  $g_0=262144$
- 2) Число суперпикселей  $s=262144$
- 3) Порог по гетерогенности  $|\Delta E_{split}| = 1\%$  (online-параметр)

1) **Рекурсивный метод Уорда по частям изображения.** **Критерий:**  $\Delta E_{merge} = \min,$

$$\text{где } \Delta E_{merge} \equiv E(1 \cup 2) - E(1) - E(2) = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2} \|I_1 - I_2\|^2 \geq 0$$

Вычислительная сложность  $\sim N^2 \rightarrow N^{4/3} \rightarrow N^{16/15} \rightarrow N^{256/255} \rightarrow \dots \rightarrow N^{t/(t-1)} \dots \rightarrow N$

2) **CI (Clustering Improvement) – метод разделения/слияния структурированных кластеров пикселей** **Критерий:**  $\min \Delta E_{merge} < \max |\Delta E_{split}|,$

где  $H = |\Delta E_{split}(1 \cup 2)| = \Delta E_{merge}(1, 2)$ , слияние кластеров обратимо:  $1 \cup 2 \leftrightarrow 1, 2$

3) **Метод  $K$ -meanless иерархической реклассификации множеств пикселей из кластера в кластер (Двоенко С.Д., 2014)** **Критерий:**  $\Delta E_{correct} = \min < 0,$

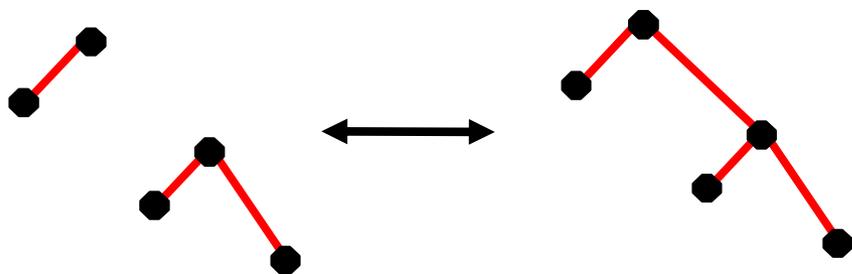
$$\text{где } \Delta E_{correct} = k \left( \frac{n_2}{n_2 + k} \|I_2 - I_k\|^2 - \frac{n_1}{n_1 - k} \|I_1 - I_k\|^2 \right)$$

**Обозначения:**  $k, n_1, n_2$  – число пикселей в кластерах;

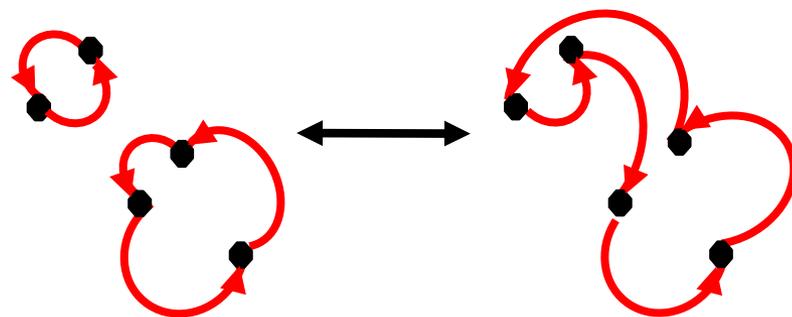
$I, I_1, I_2$  – средние яркости пикселей в кластерах.

# Обратимое формирование алгебраической многослойной сети (АМС)

## Слияние деревьев Слейтора-Тарьяна

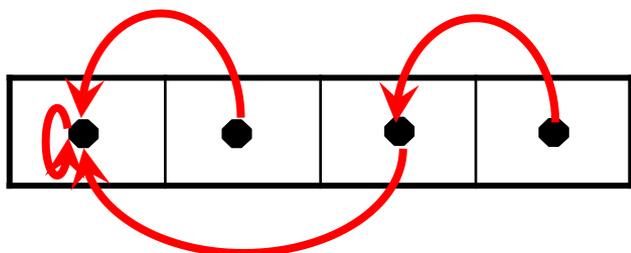


## Слияние циклических графов

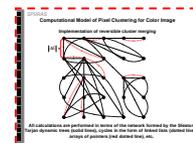
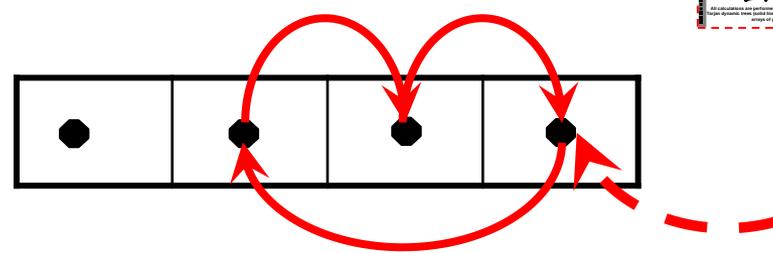


## Пример ядра сети для изображения из 4-х пикселей

### Дерево Слейтора-Тарьяна



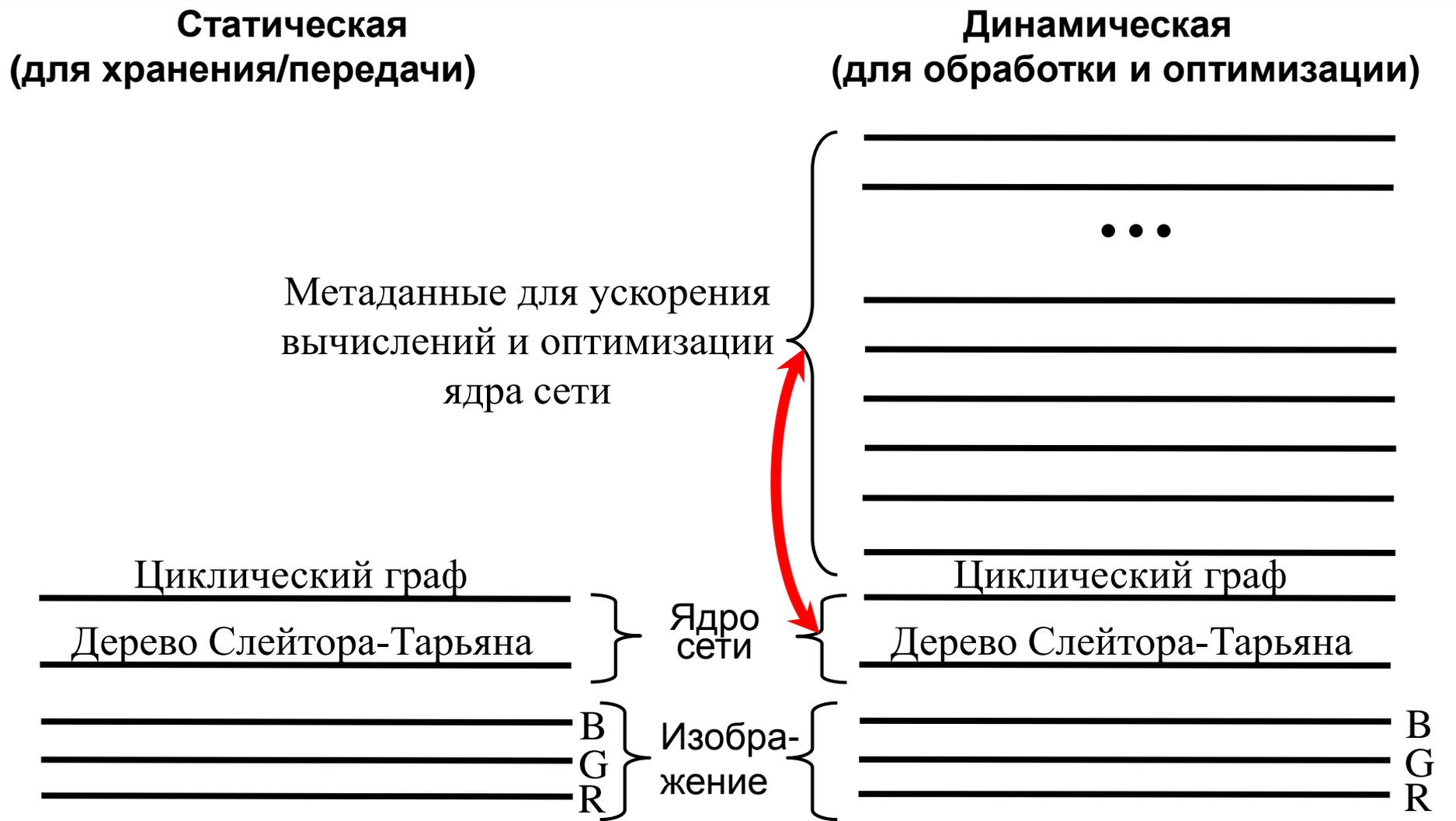
### Циклический граф



Все вычисления выполняются в терминах «наброшенной» на пиксели алгебраической многослойной сети, которую образуют деревья Слейтора–Тарьяна, циклические графы и системы указателей. Дугам дерева приписываются в качестве весов значения гетерогенности  $H$ , а узлам – аддитивные и другие характеристики.

Поддерживается обратимость вычислений, которые остаются доступными для модификации и оптимизации за счет обратимости операции слияния кластеров пикселей.

# Структура данных алгебраической многослойной сети (АМС)



SPIIRAS

## Segmentation Improvement and Repair Approximating with 1024 segments example



SPIIRAS

## Synchronous Object Detection in a Composite Image

Composite image

Representation in 20 colors



## Hierarchical Pixel Clustering Improvement



## Модернизация кластерного анализа для детектирования иерархии объектов

Содержание	Примечание
Сегментация изображения → Кластеризация пикселей	Иерархическая
Разделение/слияние → Разделение/слияние структурированных кластеров пикселей	Обратимая операция & вычисления
Метод Уорда → Рекурсивный метод Уорда по частям изображения	Поддерживается иерархия из млн. приближений
Метод К-средних → K-meanless метод иерархической реклассификации кластеров пикселей	Двоенко С.Д. (PRIP'2014)
Дендрограммы → Сеть= Деревья Слейтора-Тарьяна + Циклические графы	Алгебраическая Многослойная Сеть (АМС)