К вопросу о выделении объектов на изображении методами слепой сегментации

Ханыков Игорь Георгиевич, аспирант лаборатории Прикладной информатики и информатизации общества

Харинов Михаил Вячеславович - научный руководитель канд.техн.наук лаб.Прикладной информатики СПИИРАН

05.13.01 – «Системный анализ, управление, обработка информации»

Тема диссертационной работы: «Распознавание объектов на полноразмерных изображениях для решения задач эколого-экономического мониторинга»

Содержание доклада

1. Актуальность решения задачи сегментации изображений
2. Классификация и обоснование выбора метода сегментации изображений
3. Анализ унифицированных методов сегментации
4. Обзор результатов работы лидирующих лабораторий компьютерного зрения
5. О соотношении различных средних от трех величин

1. Актуальность решения задачи сегментации изображений

Сегментация изображений – выделение объектов.

Применение сегментации:

- В анализе медицинских снимков – выявление клеточных и субклеточных структур,
- В системах безопасности – идентификация радужной оболочки, отпечатков пальцев, распознавание лиц;
- В системах контроля дорожной обстановки – регистрация автотранспортных номеров, модели автомобиля;
- В анализе космических снимков – мониторинг природных и искусственных объектов, природно-климатических, ландшафтных изменений и др.

Алгоритмы сегментации как правило разрабатываются для конкретных объектов. Более общие подходы сталкиваются с чрезмерной вычислительной сложностью.

Концепция выделения объектов

Концепции выделения объектов	
Выделение *целевых* объектов на изображении	**Выделение *всех* объектов на изображении**
Назначение: -- Ориентировано на пользователя-предметника **Особенности**: -- на выходе единственное разбиение на объекты -- решает задачу распознавания объектов интереса **Преимущества**: -- готовые решения **Недостатки**: -- требует обучения или предварительной настройки -- обеспечивает устойчивое выделение только объектов интереса	**Назначение:** -- Ориентировано на программиста (сформулировано DARPA) **Особенности**: -- на выходе множество разбиений и множество объектов -- разделение процессов выделения и распознавания **Преимущества**: -- применимо для улучшения традиционной сегментации -- обеспечивает устойчивую аппроксимацию изображения -- не использует предположений об объектах и изображениях **Недостатки**: -- вычислительно сложная задача

Обоснование выбора направления исследования

Концепция выделения *целевых* объектов объединяет процессы выделения и распознавания и поэтому:

1) обеспечивает узконаправленные решения.

2) приводит к созданию большого количества трудоемких решений с возрастанием числа целевых объектов.

Задачи исследования

В альтернативной концепции только выделения объектов, *целевыми* являются все объекты, для детектирования которых необходимо:

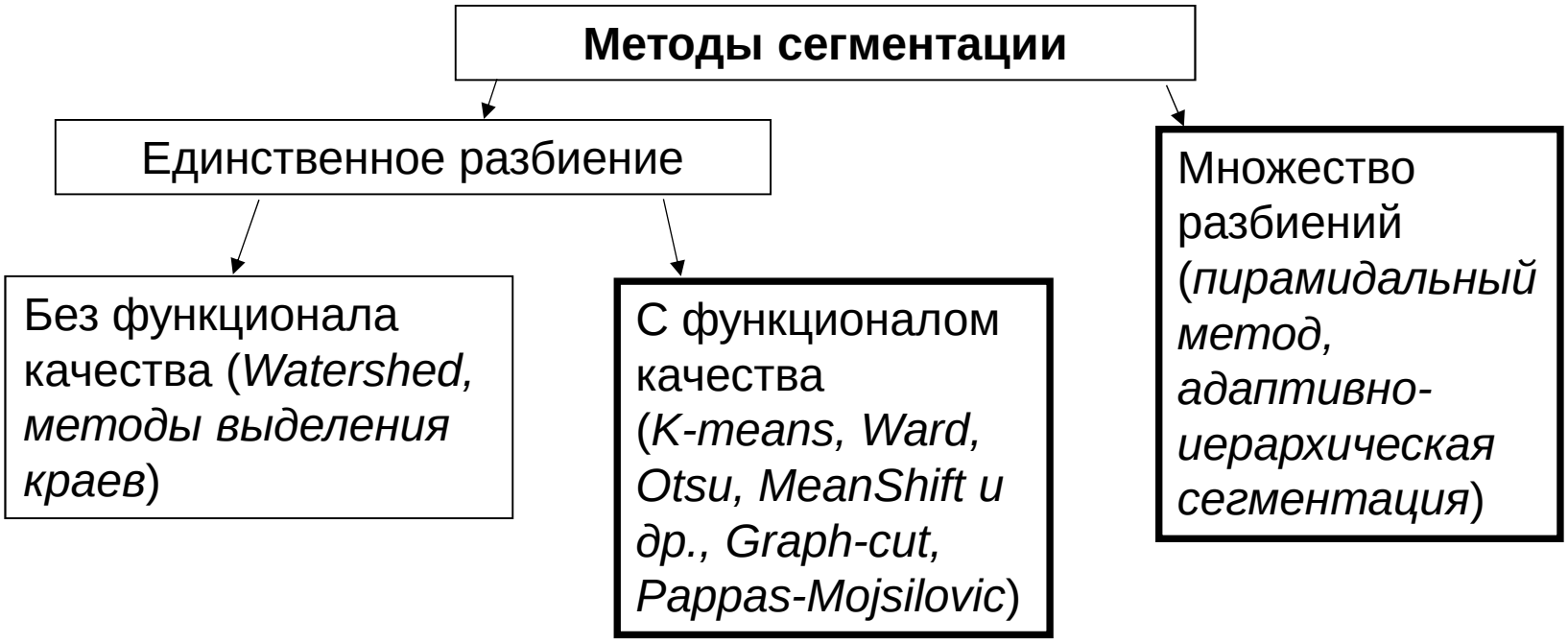
-- обобщить и унифицировать понятие «объекта»

-- для определения понятия «объекта» как элемента наилучшего разбиения установить численную оценку качества разделения изображения на «объекты».

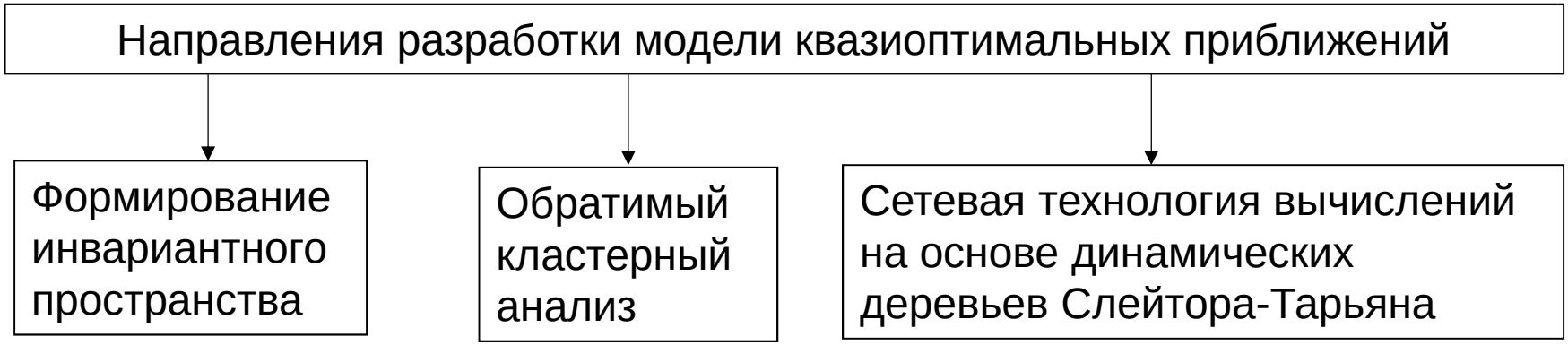
2. Классификация методов сегментации изображений

Традиционная классификация «по прецеденту»

1) Классические методы кластерного анализа: *K-means, MeanShift, QuickShift, MedianShift;*
2) Методы с использованием гистограмм яркостей: *Otsu*;
3) Методы выделения водоразделов: *Watershed;*
4) Методы разреза графов: *Graph-cut*;
5) Методы, использующие модели: *поиск текстур, поиск по прототипу;*
6) Иерархические методы: *пирамидальный метод, Ward*
7) Методы выделения краев: *фильтры Робертса, Превитта, Собеля, Кенни, Гаусса;*



Модель квазиоптимальной сегментации кусочно-постоянными приближениями

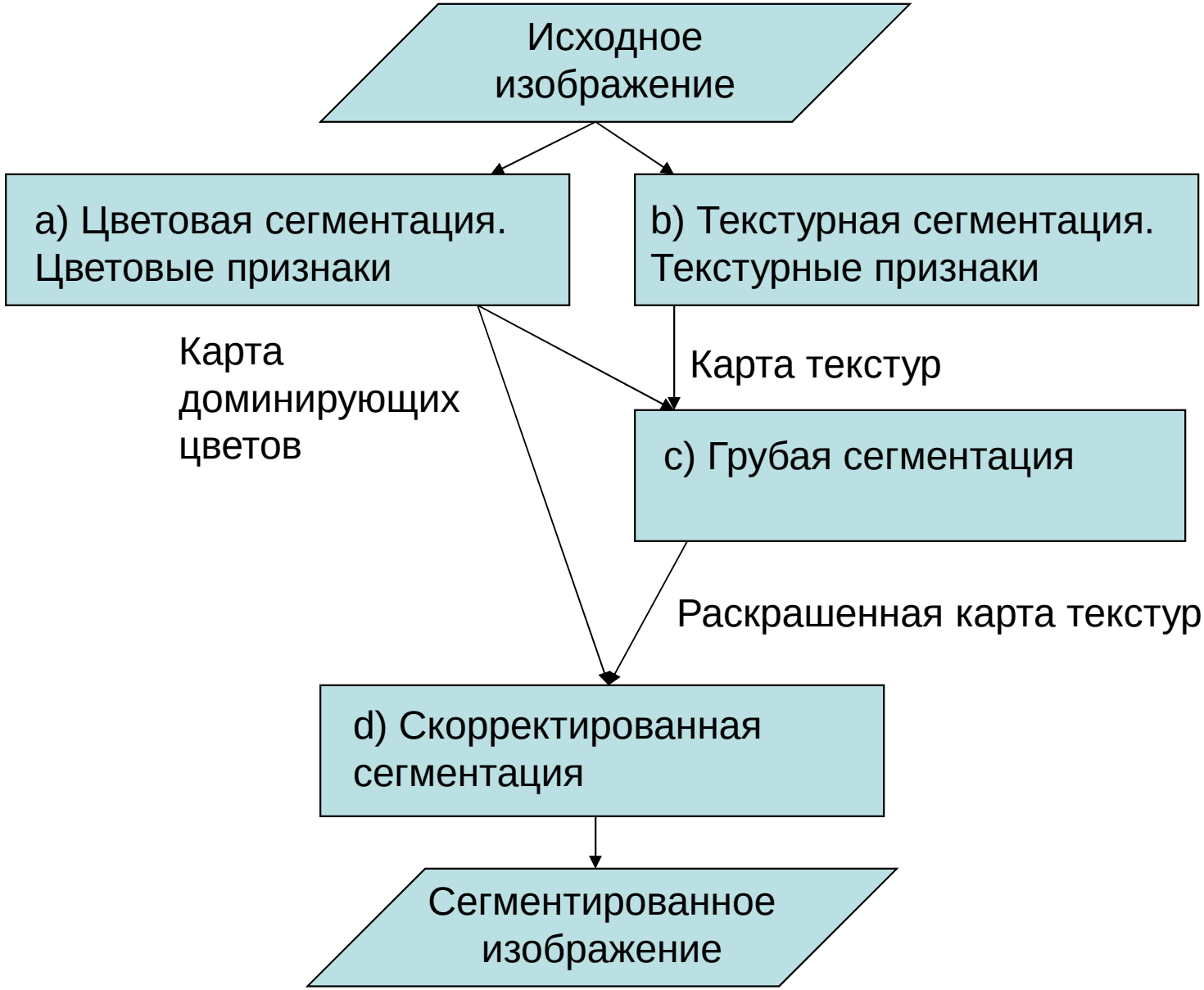


Положения модели

1. Изображение структурировано и состоит из вложенных изображений
2. Объект – вложенное изображение.
3. На выходе сегментации – множество приближений, в том числе и исходное изображение.
4. Функционал качества – суммарная квадратичная ошибка (СКО).
5. Математический аппарат: a) методы кластерного анализа; b) теория графов; c) методы обратимых вычислений
6. Прототипы: методы Уорда, К-средних, Отсу, модель Мамфорда-Шаха (Mumford-Shah).

3. Пример известного метода сегментации

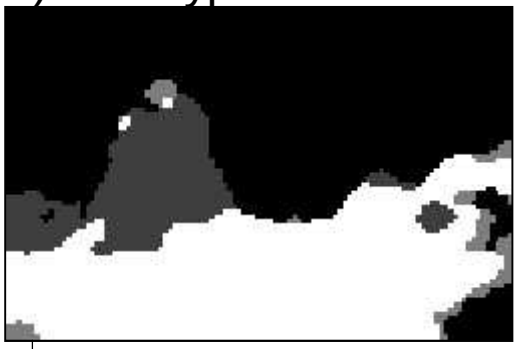
Метод адаптивной сегментации по цвету и текстуре, Паппас-Мойсилович



Результаты исполнения блоков операций a, b, c, d

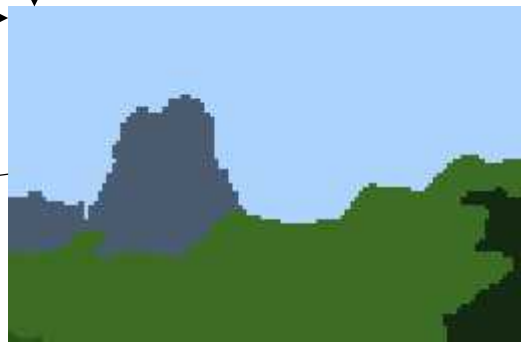
Исходное изображение

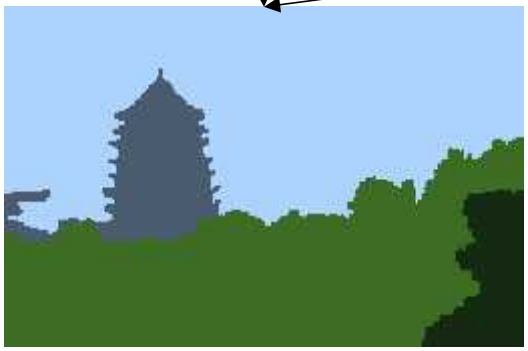
b) Текстурная сегментация



a) Цветовая сегментация

c) Грубая сегментация





d) Скорректи-
рованная
сегментация

Недостатки метода сегментации по цвету и текстуре

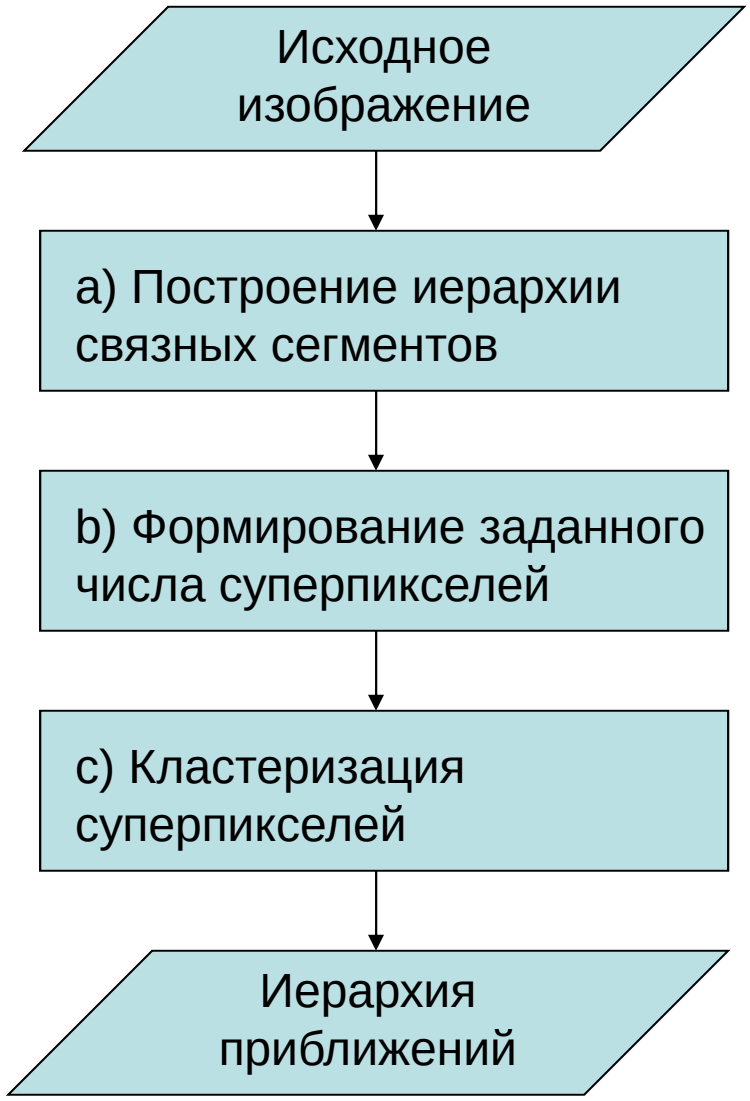
1. Необходимость задания размера и формы области для расчета вектора доминирующих цветов.

2. Неопределенность вычислений вектора-признака при попадании область расчета на границу смены цветов.

3. **Результирующая сегментация с единственным числом кластеров.**

4. **Эвристическое задание стоимости сочетания цветов (кодовой книги), которую требует «метрика OCCD»**.

Блок-схема алгоритма квазиоптимальной сегментации



Mumford-Shah

Segmentation Improvement

Ward's

Операции:

-- «***merge***» слияния двух кластеров;

-- «***divide***» разделения кластера надвое;

-- «***correct***» реклассификации части пикселей кластера

-- «***split***» выделения части в отдельный кластер

Результаты сегментации посредством кусочно-постоянных приближений

«ChinaHouse» 644x424

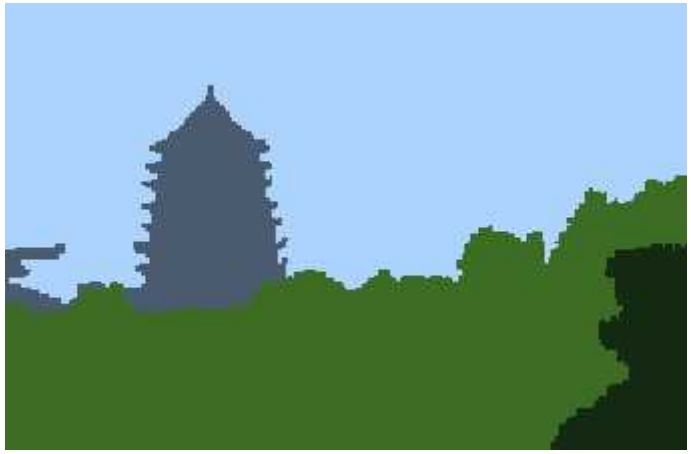
1, 2, …, 10, 20,…, 100, 200, …, 1000, 2000, …, 10000, 20000.

Представлено 47 приближений. Всего приближений данного изображения 644*424=273056.

Сравнение результатов сегментаций изображения

Сегментация по цвету и текстуре

Исходное изображение



Сегментация квазиоптимальными приближениями

…

…

Сравнительная таблица двух методов автоматической сегментации

Метод	**Метод сегментации на основе текстурных и цветовых признаков**		**Модель квазиоптимальных приближений**
Модель	Объединение алгоритмов текстурной и цветовой сегментации		Изображение из «объектов»; Иерархия кусочно-постоянных приближений; Алгоритмы кластерного анализа;
	Цветовая сегментация	Текстурная сегментация	
Признаки	Коэффициенты векторов доминирующих цветов	Энергетические коэффициенты	Суммарные яркости и число пикселей
Критерии	min{ OCCD }	Порог детектирования доминирующего цвета	Минимизация среднеквадратичного отклонения
Вычисли-тельный аппарат	Извлечение признаков - Адаптивный алгоритм кластеризации (ACA) Сборка по критерию объединения	1. Извлечение признаков - сепарабельное одноуровневое 9/7 вейвлет-разложение; 2. Унификация окрестности границ сегментов медианным оператором 9x9 3. Сборка текстур одного типа - двухуровневый *K-means*	1. Модель Мамфорда-Шаха, 2. метод Уорда, 3. *K-meanless,* Операции над кластерами пикселей и сегментами изображения *Merge, Divide, Split, Correct*
Вычисли-тельная сложность	OCCD: кубическая сложность ACA: кубическая сложность	1. линейная сложность 2. линейная сложность 3. квадратичная сложность	1. линейная сложность 2. условно линейная сложность 3. условно квадратичная сложность

4. Обзор результатов работы лидирующих лабораторий компьютерного зрения, рассматривающих задачи сегментации изображений

Россия,

1) Москва, ГосНИИАС (Ю.В. Визильтер);
3) Санкт-Петербург, ГОИ (В.Р. Луцив);
2) Тула, ТулГУ (А.В. Копылов, С.Д. Двоенко),
4) Нижний-Новгород, ItSeez
5) Таганрог, CVisionLab

Швейцария,

6) Цюрих, EHT biwi (Luck van Gool)

Бельгия,

7) KU Leuven VISICS

Сингапур,

8) National University of Singapore (Boix Xavier)

США,

9) University of California, Berkeley, Los-Angeles, Santa-Barbara
10) г. Дэйтон, University of Dayton
11) г. Чикаго, Northwestern University
12) г. Балтимор, John Hopkins University
13) г. Кэмбридж, Massachusetts Institute of Technology

5. О соотношении различных средних от трех величин

Средние Лемера – это средние, задаваемые формулой:

$$L_{\substack{n\\p}} = \sum_{i=1}^{n} x_i^p \Big/ \sum_{i=1}^{n} x_i^{p-1},$$

где x_i - измерение, p - показатель степени, n - количество измерений

Среднее арифметическое *p=1*:

$$L_{\substack{3\\p=1}} = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3} = A_3$$

Среднее геометрическое *p=0*:

$$L_{\substack{3\\p=0}} = \frac{x_1 x_2 x_3}{x_2 x_3 + x_1 x_3 + x_2 x_3} = G_3$$

Среднее гармоническое *p=1/2*:

$$L_{\substack{3\\p=1/2}} = \frac{\sqrt{x_1} + \sqrt{x_2} + \sqrt{x_3}}{\frac{1}{\sqrt{x_1}} + \frac{1}{\sqrt{x_2}} + \frac{1}{\sqrt{x_3}}} = \sqrt{x_1 x_2 x_3} = H_3$$

Среднее квадратическое:

$$\sqrt{L_{\substack{3\\p=2}} L_{\substack{3\\p=1}}} = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2}{3}} = Q_3$$

Среднее контргармоническое *p=2*:

$$L_{\substack{3\\p=2}} = \frac{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2}{x_1 + x_2 + x_3} = C_3$$

Прямые и обратные задачи о средних от трех величин

Виды априорной информации об измерениях:

а) Измерения (*a,b,c*) независимы друг от друга

б) Измерения (*a,b,c*) образуют зависимости: арифметическая, геометрическая, гармоническая прогрессии.

Прямые задачи:

а) Для каждой 3-ки из 5 средних и одного измерения *a* вывести связывающий их полином:
A,*G*,*H*,*Q*,*C, a,b,c*→ P(*A*,*G*,*H*,*a*)…P(*H*,*Q*,*C*,*a*), inv(*b*,*c*)

б) Для каждой 3-ки из 5 средних вывести связывающий тройку средних полином:
A,*G*,*H*,*Q*,*C*→ P(*A*,*G*,*H*)…P(*H*,*Q*,*C*)

Обратные задачи:

а) При заданном связывающем полиноме P(*A,G,H,a*)…P(*H,Q,C,a*), измерении *a* и 2х из 3х средних найти неизвестное 3е среднее.

б) Восстановить (*a*, *b*, *c*) по значениям средних при заданном связывающем ИСО: *A*,*G*,*H*, P(*A*,*G*,*H*) → *a*,*b*,*c*

Имеющиеся результаты и возможное применение

- **Рассмотрены задачи**

  1) поиска инвариантных соотношений между средними Лемера A, G, H, Q, C;

  2) восстановления измерений {*a*,*b*,*c*} по известным средним;

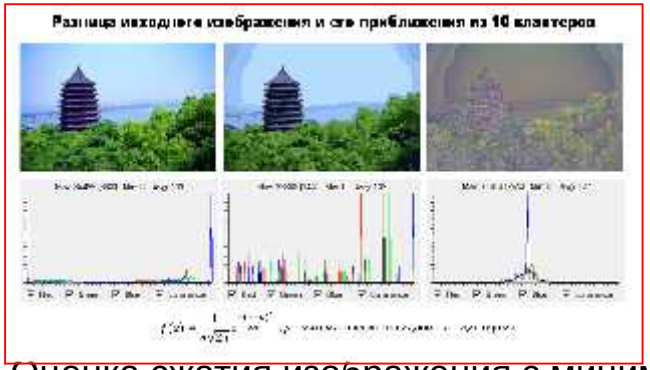
- **Найдены** инвариантные соотношения для различных троек средних от трех измерений при разного рода априорной информации;

- **Получены** выражения для расчета неизвестных измерений *a*,*b*,*c* по известным значениям средних (обратная задача теории измерений);

- **Возможное применение:**
  -- Полученные формулы могут оказаться полезными в технической диагностике; при обработке результатов косвенных измерений;
  Применительно к ЦОИ:
  -- в построении схем контроля приема-передачи информации;
  -- в локализации искаженных пикселей;
  -- в построении инвариантного представления изображения;

Текущие исследования в рамках модели сегментации изображений посредством квазиоптимальных приближений

Цель диссертационной работы – разработка программно-алгоритмического обеспечения унифицированной сегментации изображений для автоматизации труда программиста по созданию систем выделения объектов на цифровых изображениях.

П.н.	**Направления разработки модели квазиоптимальных приближений**	**Ожидаемые результаты диссертационного исследования**
1.	Построение инвариантного пространства	Анализ представления изображения в различных средних яркостях.
2.	Обратимый кластерный анализ	1) Установление статистических закономерностей квазиоптимальной аппроксимации изображения;  2) Оценка сжатия изображения с минимальными потерями. Сравнение с JPEG. 3) Выявления наилучших применений модели.
3.	Сетевая технология вычислений на основе динамических деревьев Слейтора-Тарьяна	1) Освоение вычислений в терминах деревьев Слейтора-Тарьяна. 2) Разработка прикладных алгоритмов фильтрации объектов.

Список опубликованных работ

- Ханыков И.Г. Инвариантные соотношения для средних в случае трех измерений // Информационно-управляющие системы. 2014. №2. С.87–92. Журнал входит в список **ВАК**.

- Харинов М. В., Ханыков И. Г. Оптимизация кусочно-постоянного приближения сегментированного изображения //Труды СПИИРАН. – 2015. – Т. 3. – №. 40. – С. 183-202.
Сборник из списка **ВАК**

- Харинов М. В., Ханыков И. Г. Комбинированный метод улучшения сегментации изображения //Труды Бурятского государственного университета. – 2015. – С. 118–124.
Сборник из списка **ВАК**.

- Ханыков И.Г. Сопоставление двух методов автоматической сегментации// Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2015). IX Санкт-Петербургская межрегиональная конференция. Санкт-Петербург 28-30 октября 2015 г.: Материалы конференции / СПОИСУ. – СПб., 2015. – С.88-89

- Ханыков И.Г. Сопоставление двух методов автоматической сегментации// Региональная информатика и информационная безопасность. Сборник трудов. Выпуск 1 / СПОИСУ. – СПб., 2015. – С. 366–370