



Сегментация многоспектральных изображений для выявления изменений в лесах

Ховратович Т. С., Барталев С.А.

Изменения в лесных экосистемах

Основные факторы, вызывающие изменения в лесах

- Факторы мгновенного действия
 - Вырубки
 - Пожары
 - Насекомые
- Факторы долгосрочного действия
 - Промышленные выбросы
 - Изменения климата



Лесовосстановление

- Лесовосстановление после воздействия возмущающих факторов
- Заращение сельскохозяйственных угодий

Поиск изменений по спутниковым данным

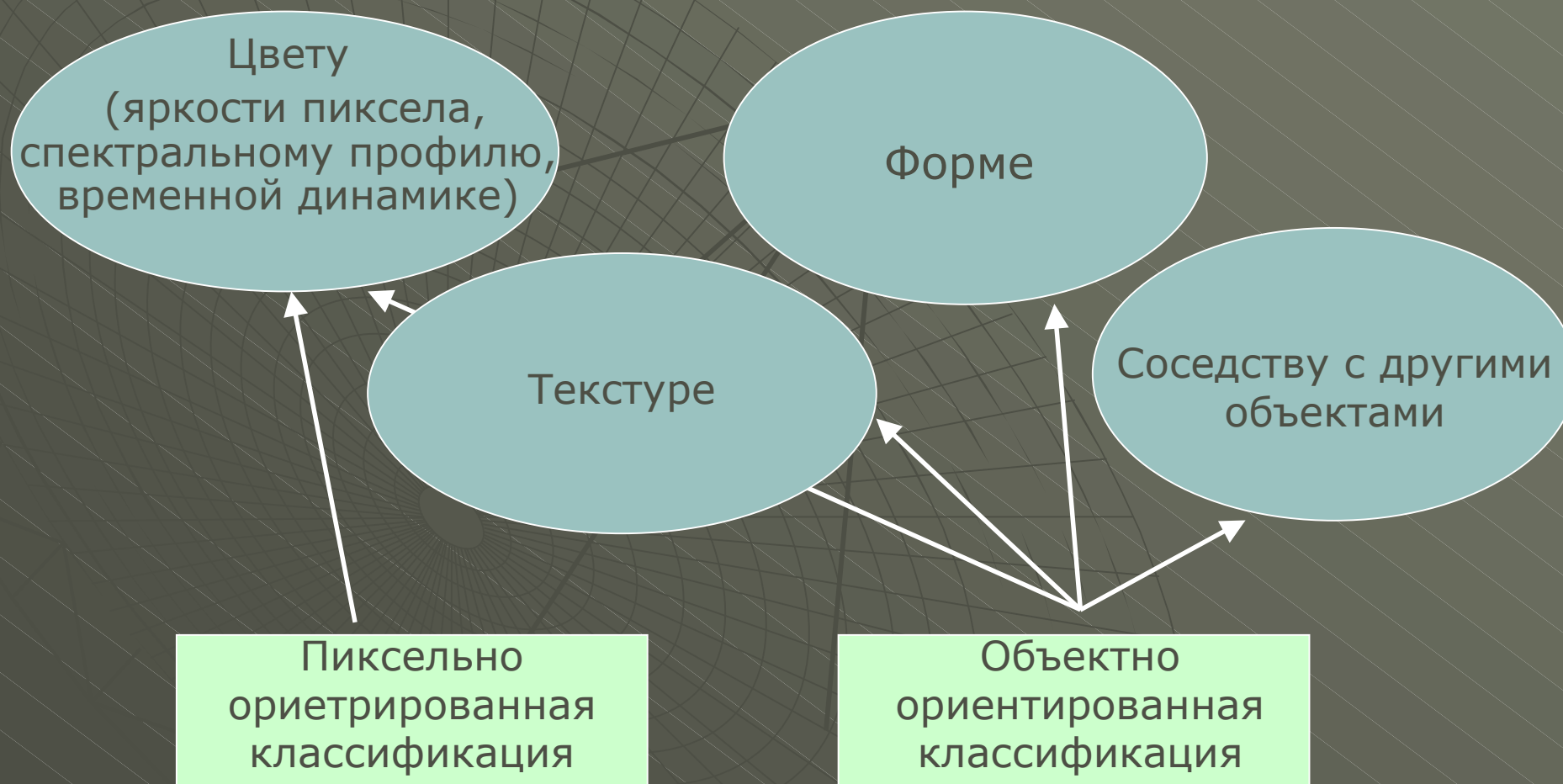


Red - 0,78-0,89 мкм, Green - 1,58-1,75 мкм, Blue - 0,61-0,68 мкм

Фрагмент тестового участка в Московской области: слева – сентябрь 2009 года, справа – август 2010 года

Анализ спутниковых изображений

- ◆ Объект можно отнести к определенному классу благодаря



Преимущества и недостатки объектно-ориентированной классификации

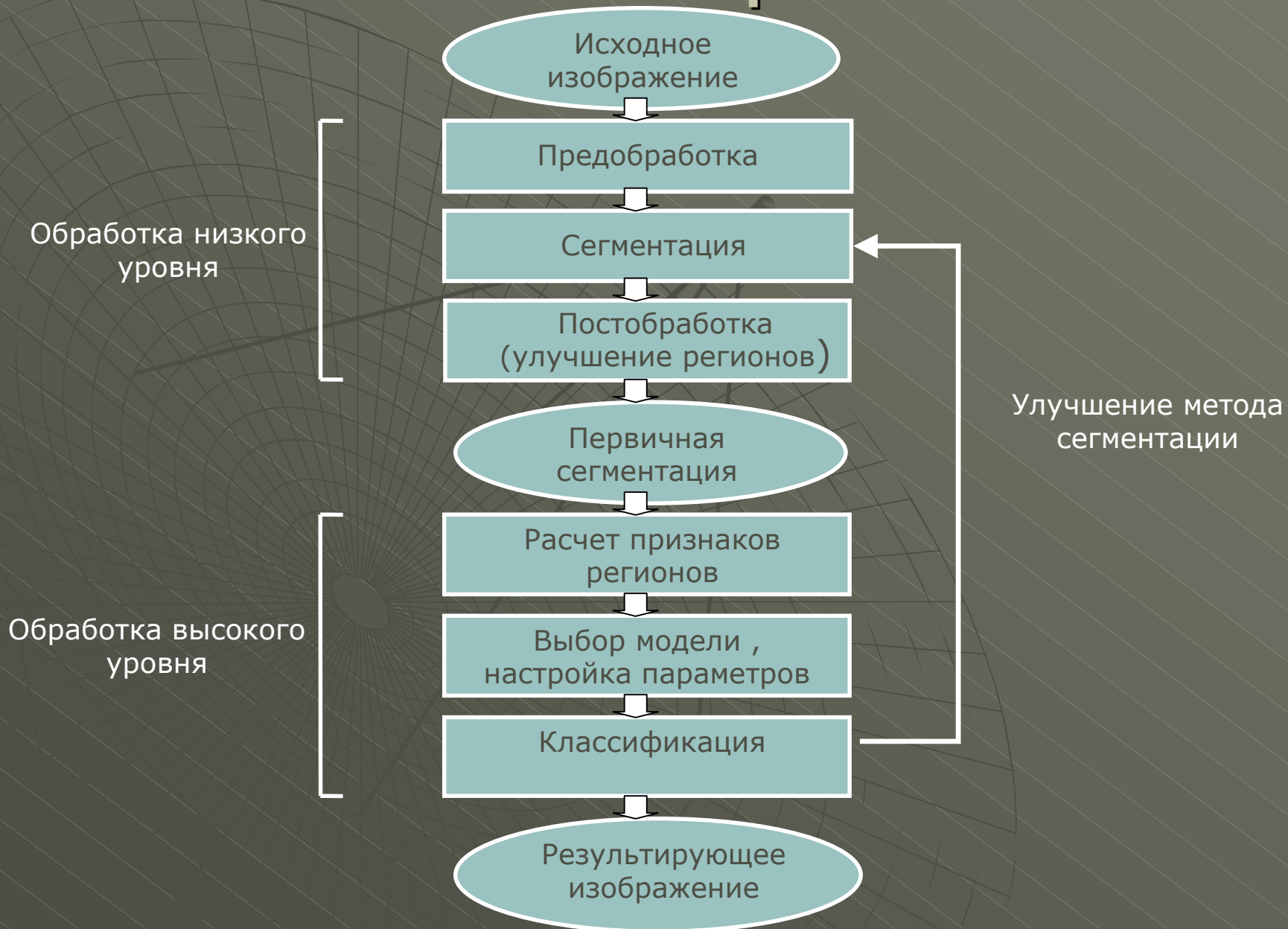
+

- ◆ Улучшение качества классификации
- ◆ Отсутствие эффекта «соли и перца»
- ◆ Детектирование сложных по форме и текстуре объектов
- ◆ Результаты удобно интерпретировать в ГИС

-

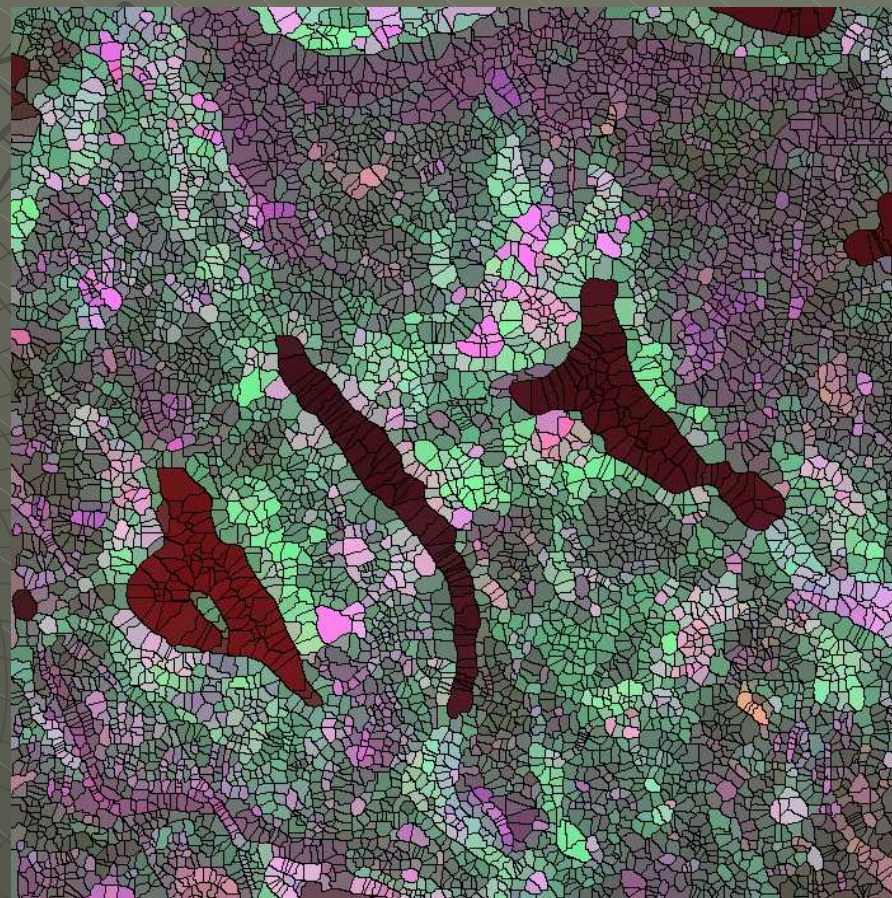
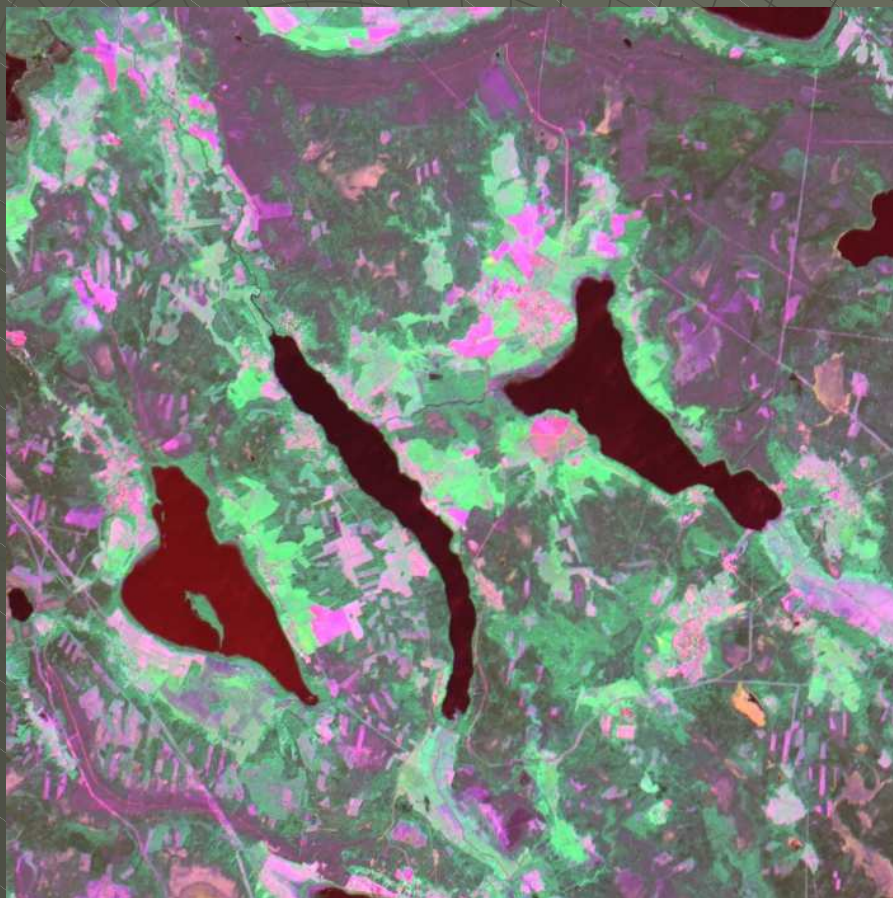
- ◆ Увеличение сложности приложений и времени их работы

Схема объектно-ориентированного анализа изображений



Сегментация изображений

Под сегментацией понимается разбиение изображения на непохожие по некоторому признаку области. Предполагается, что области соответствуют реальным объектам, или их частям, а границы областей соответствуют границам объектов.



Red – 0,61-0,68 мкм, Green – 0,78-0,89 мкм, Blue – 1,58-1,75 мкм

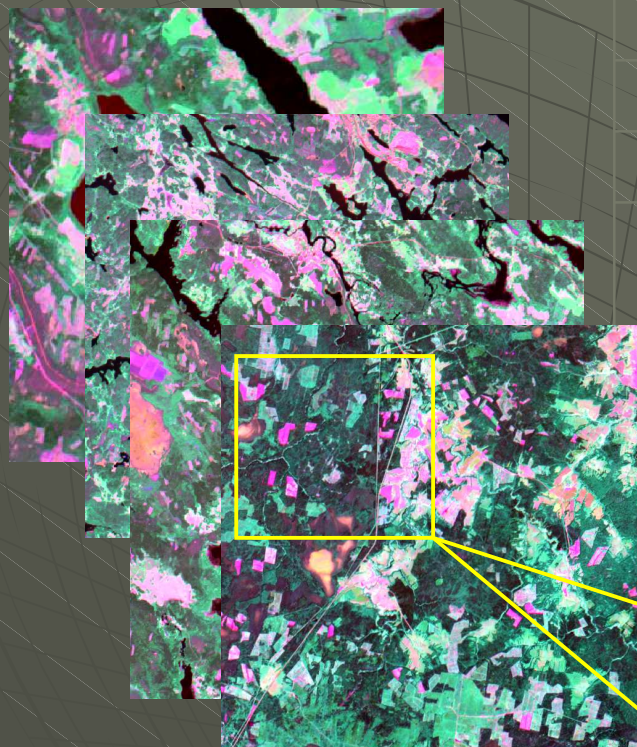
Основные трудности сегментации

Проблема	Решение
Избыточная сегментация	Настройка параметров алгоритма
Недостаточная сегментация	
Плохая сегментация интересующих объектов	Подбор алгоритма/ входных данных

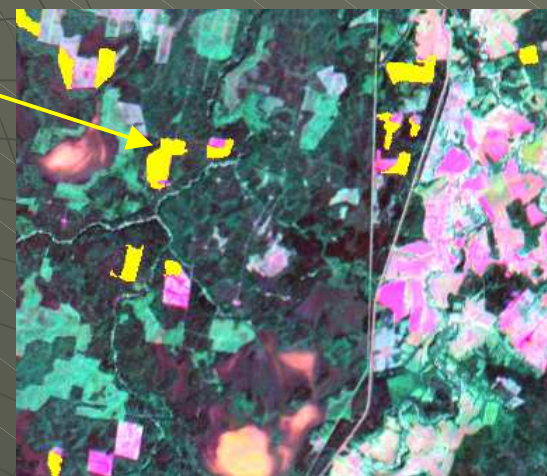
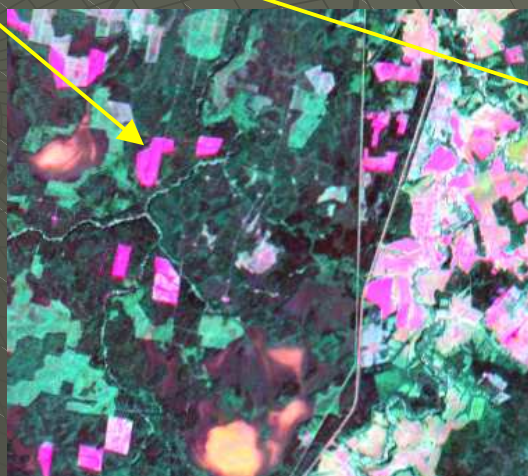
Основные вопросы

- ◆ Как выбрать/построить алгоритм выделения связных областей?
- ◆ Как настроить параметры алгоритма для оптимальной сегментации объектов интереса на изображении?
- ◆ Как оценить качество сегментации?
- ◆ Как выбрать входные данные для анализа?

Спутниковые данные: вырубки

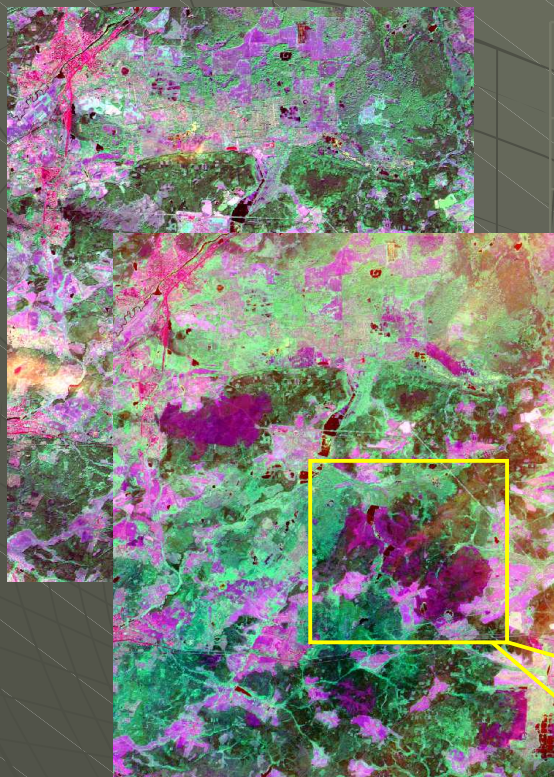


Спутниковый прибор		HRVIR-SPOT4
Дата съемки		2007-2008
Пространственное разрешение		20 м
Спектральный диапазон каналов	красный	0,61-0,68 мкм
	ближний инфракрасный	0,78-0,89 мкм
	средний инфракрасный	1,58-1,75 мкм
	Количество фрагментов	28
Площадь тестовых участков		11,2 тыс. км ²

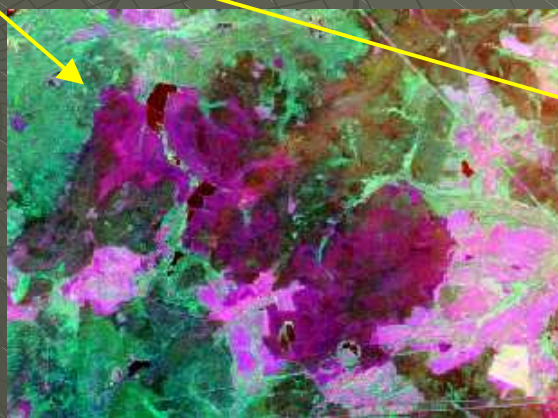


Red – 0,61-0,68 мкм, Green – 0,78-0,89 мкм, Blue – 1,58-1,75 мкм

Спутниковые данные: гари



Спутниковый прибор	Landsat 5	
Дата съемки	2009-2010	
Пространственное разрешение	30 м	
Спектральный диапазон каналов	красный	0,63-0,69 мкм
	ближний инфракрасный	0,75-0,90 мкм
	средний инфракрасный	1,55-1,75 мкм
Количество сцен	2	
Площадь тестового участка	67, 5 тыс. км ²	



Red – 0,63-0,69 мкм, Green – 0,75-0,90 мкм, Blue – 1,55-1,75 мкм

Исследуемые алгоритмы

Метод	Основная идея
Модифицированный метод к-средних	Кластеризация многомерной гистограммы
Метод водораздела ¹	Разрастание регионов из заданных точек роста
Метод выделения краев ²	Выделение краев областей с помощью фильтрации
Color Structure Code ³	Разделение и слияние областей на гексагональной топологической решетке

¹ Serge Beucher and Fernand Meyer. The morphological approach to segmentation: the watershed transformation. In *Mathematical Morphology in Image Processing* (Ed. E.R. Dougherty), pages 433-481 (1993).

² Борисенко В.И., Златопольский А.А., Мучник И.Б. Сегментация изображения // Автоматика и телемеханика, 1987. № 7. С.3-56.

³ Lutz Priese and Patrick Sturm. Introduction to the Color Structure Code and its Implementation (2003).

Критерии оценки качества сегментации

Название	Формула	Значение
NumberRelation	$1/N_{\text{seg}}$, где N_{seg} – количество областей, покрывающих вырубку	Отношение 1 к среднему количеству областей, покрывающих вырубку
AreaRelation	$S_{\text{log}}/S_{\text{seg}}$, где S_{log} и S_{seg} – соответственно площади вырубки и областей, ее покрывающих	Отношение площади вырубки к суммарной площади областей, ее покрывающих
FOM	$\frac{1}{N_{I_s}} \sum_{i=1}^{N_{I_s}} \frac{1}{1 + d^2(i)}$ где N_{I_s} – число пикселей контура I_s, d – расстояние до построенного контура	Характеризует расстояние между контурами
Hausdorff	$\max_s \min_t d(x_s, x_t)$ где x_s и x_t – пиксели, контура вырубки и построенных контуров	Расстояние между двумя множествами пикселей (контуров)

Критерии оценки качества сегментации

Название	Формула	Значение
Baddeley, p=2	$\sqrt{\frac{1}{N_{I_s(x)}} \sum_{x \in I_s(x)} (d(x, I_s) - d(x, I_t))^2}$ где $N_{I_s(x)}$ – число пикселей внутри контура вырубki	Характеризует расстояние между контурами
Average Distance	$\frac{1}{N_{I_s}} \sum_{i=1}^{N_{I_s}} d(i)$ где N_{I_s} – число пикселей контура вырубki, $d(i)$ – расстояние до ближайшего контура	Среднее значение ошибки сегментации
Variance Distance	$\frac{1}{N_{I_s}} \sum_{i=1}^{N_{I_s}} (d(i) - AD)^2$ AD – average distance	Дисперсия ошибки сегментации

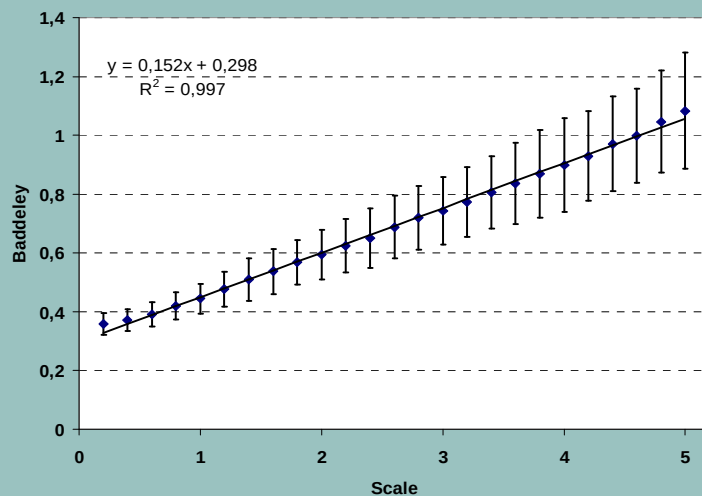
Этапы обработки данных

1. Радиометрическая калибровка спутниковых данных
2. Построение нормализованных **RGB** изображений (**Red** – 0,61-0,68 мкм, **Green** - 0,78-0,89 мкм, **Blue** - 1,58-1,75 мкм)
3. Сегментация изображений одним из четырех алгоритмов при варьировании параметров
4. Вычисление значений критериев качества сегментации для каждого из построенных разбиений на связные области при помощи масок изменений
5. Построение графиков зависимости значений критериев качества от значений параметра для каждого из четырех алгоритмов

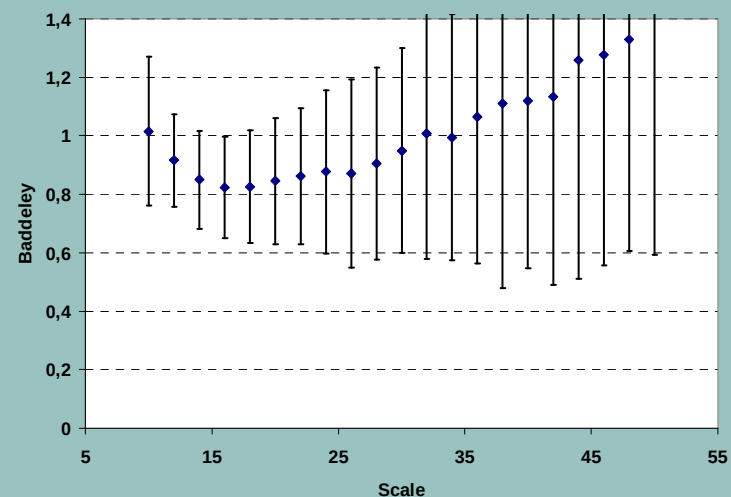
Требования к хорошему критерию оценки качества сегментации

- ◆ Достигает экстремума на интервале варьирования параметра алгоритма

Метод водораздела



Color Structure Code

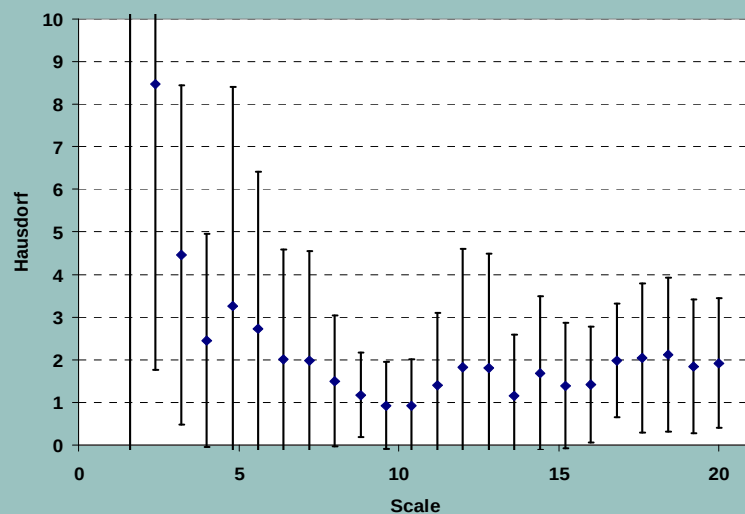


- ◆ Если экстремума нет, то возможно два случая: либо критерий плохо вычисляет расстояние между контурами, либо алгоритм плохо выделяет объекты интереса

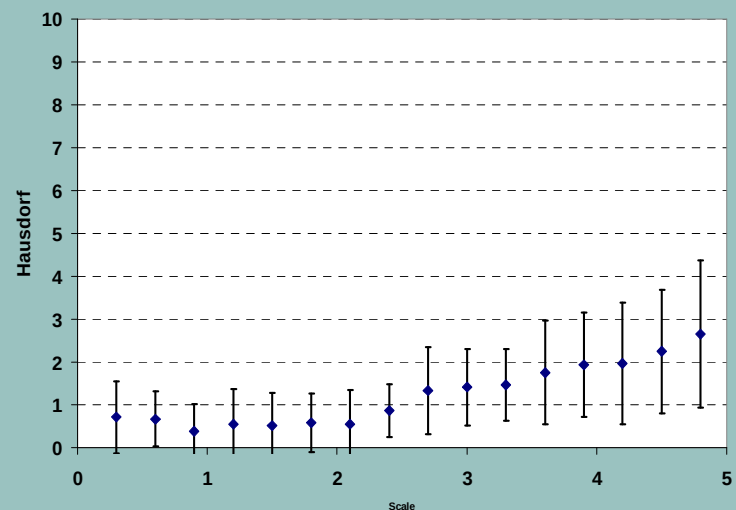
Требования к хорошему критерию оценки качества сегментации

- ◆ Имеет минимальную дисперсию
- ◆ Имеет низкую вариацию, то есть стремится к монотонной функции

Кластеризация гистограммы



Метод выделения краев



Выбор критерия оценки качества сегментации

Критерий	Метод кластеризации гистограммы	Метод водораздела	Метод выделения краев	Color Structure Code
Number relation	-	-	-	-
Area relation	+	-	+	-
FOM	+	-	+	+
Hausdorff	-	-	+	+
Baddeley	+	-	+	+
Average distance	+	-	+	+
Variance distance	-	-	+	+

+/- критерий удовлетворяет/не удовлетворяет
вышеперечисленным требованиям

Экстремум и стандартное отклонение от среднего значения экстремума критерия

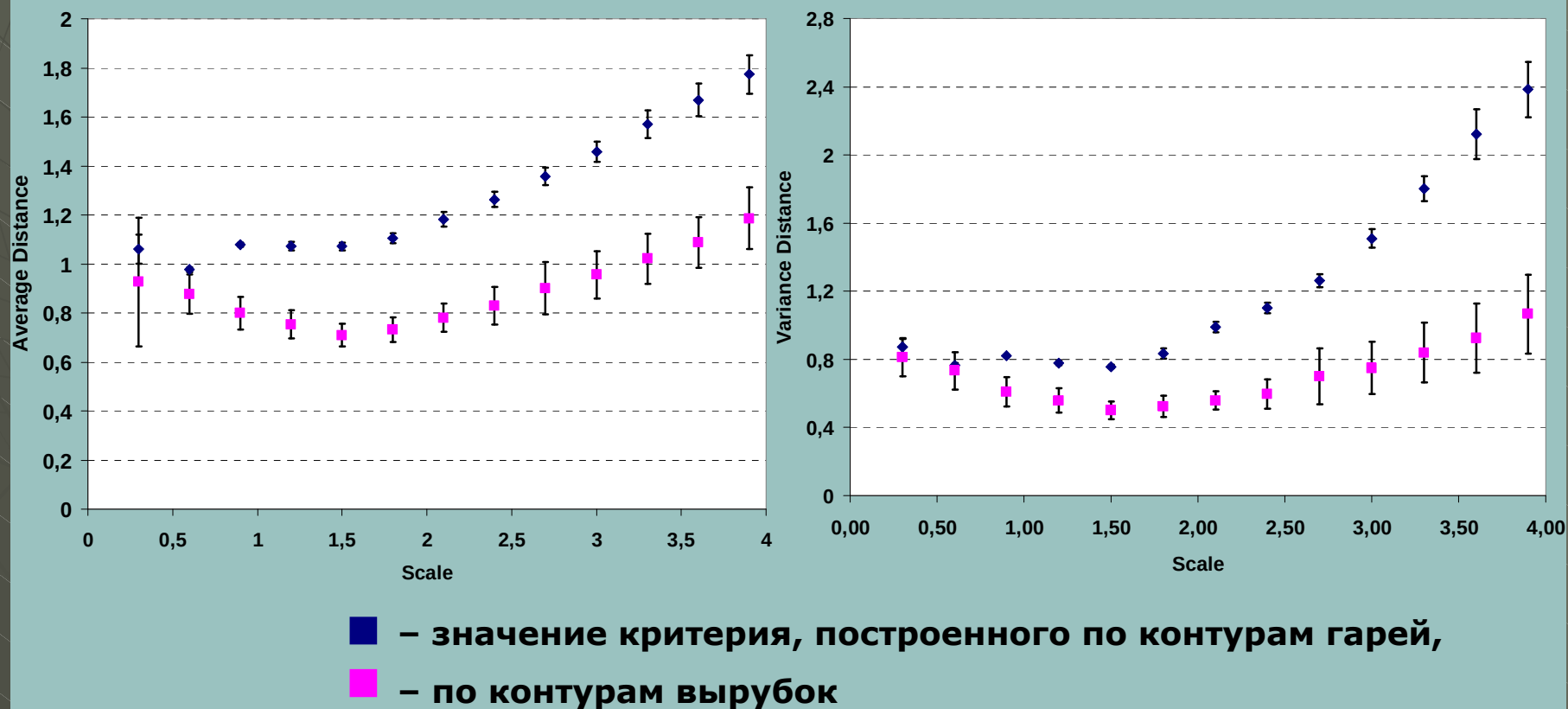
Критерий	Метод кластеризации гистограммы	Метод выделения краев	Color Structure Code
FOM	0.470/0.06	0.410/0.03	0.433/0.06
Baddeley	0.710/0.15	0.734/0.07	0.824/0.18
Average distance	0.645/0.12	0.710/0.05	0.734/0.20
Variance distance	0.660/0.18	0.500/0.05	0.802/0.40

С уровнем доверия $\geq 95\%$ различия между критериями средними значениями критериев FOM, Baddeley и Average distance статистически не значимы.

Сравнение максимальных значений критериев для одиночных изображений и изображений разности

Критерий	Метод кластеризации гистограммы	Метод выделения краев	Color Structure Code
FOM	0.470/0.327 0.06/0.07	0.410/0.405 0.03/0.03	0.433/0.517 0.06/0.07
Baddeley	0.710/1.118 0.15/0.24	0.734/0.741 0.07/0.10	0.824/0.733 0.18/0.25
Average distance	0.645/1.01 0.12/0.20	0.710/0.700 0.05/0.06	0.734/0.593 0.20/0.15
Variance distance	0.660/1.09 0.18/0.51	0.500/0.475 0.05/0.07	0.802/0.858 0.40/0.54

Зависимость выбора алгоритма от типа сегментируемых объектов



ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

В результате проведенных экспериментов было установлено:

- ◆ Критерии Baddeley, FOM, Average distance, а также Variance Distance в качестве вспомогательного критерия, могут быть использованы для выбора алгоритма сегментации и его оптимальных параметров;
- ◆ Наилучший алгоритм из четырех рассматриваемых для сегментации вырубок и гарей - метод выделения границ при сегментации одиночной сцены, и - Color Structure Code при сегментации разностного изображения;
- ◆ Использование изображения разности увеличивает точность сегментации в задачах выявления изменений при сегментации алгоритмом, учитывающим глобальные свойства изображения;
- ◆ Оптимальные параметры алгоритма сегментации должны быть подобраны ориентируясь на выделяемые объекты.