

**ИСОИ С РАН**



**Институт систем обработки изображений Российской Академии наук  
ОАО «Самара-Информспутник»  
НП «Поволжский центр космической геоинформатики»**

# **КОМПЬЮТЕРНАЯ ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ**

**Д.т.н. Сергеев В.В.,  
член-корр. РАН Сойфер В.А.,  
к.т.н. Чернов А.В.  
vserg@smr.ru, soifer@smr.ru, ache@smr.ru**

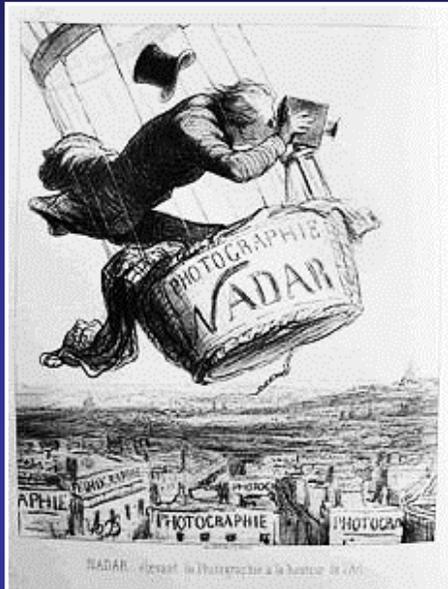
**САМАРА  
2008**

## План доклада

1. Развитие аэро- и космической фотосъемки
2. Основные задачи обработки изображений в ГИС:
  - а) компрессия изображений
  - б) восстановление и фильтрация изображений
  - г) обнаружение и распознавание картографических объектов
  - д) анализ изменений на последовательности снимков
- 3 Поволжский центр космической геоинформатики:
  - а) организация и технические возможности Центра
  - б) Региональный банк данных космических снимков
  - в) некоторые решаемые прикладные задачи

### Выводы

# Начало аэрокосмической фотосъемки Земли



Первая аэрофотосъемка  
**Gaspard Felix  
Tournachon (Nadar)**  
1858, воздушный шар



Первая сохранившаяся  
аэрофотография  
**James Wallace Black**  
Бостон (1870)

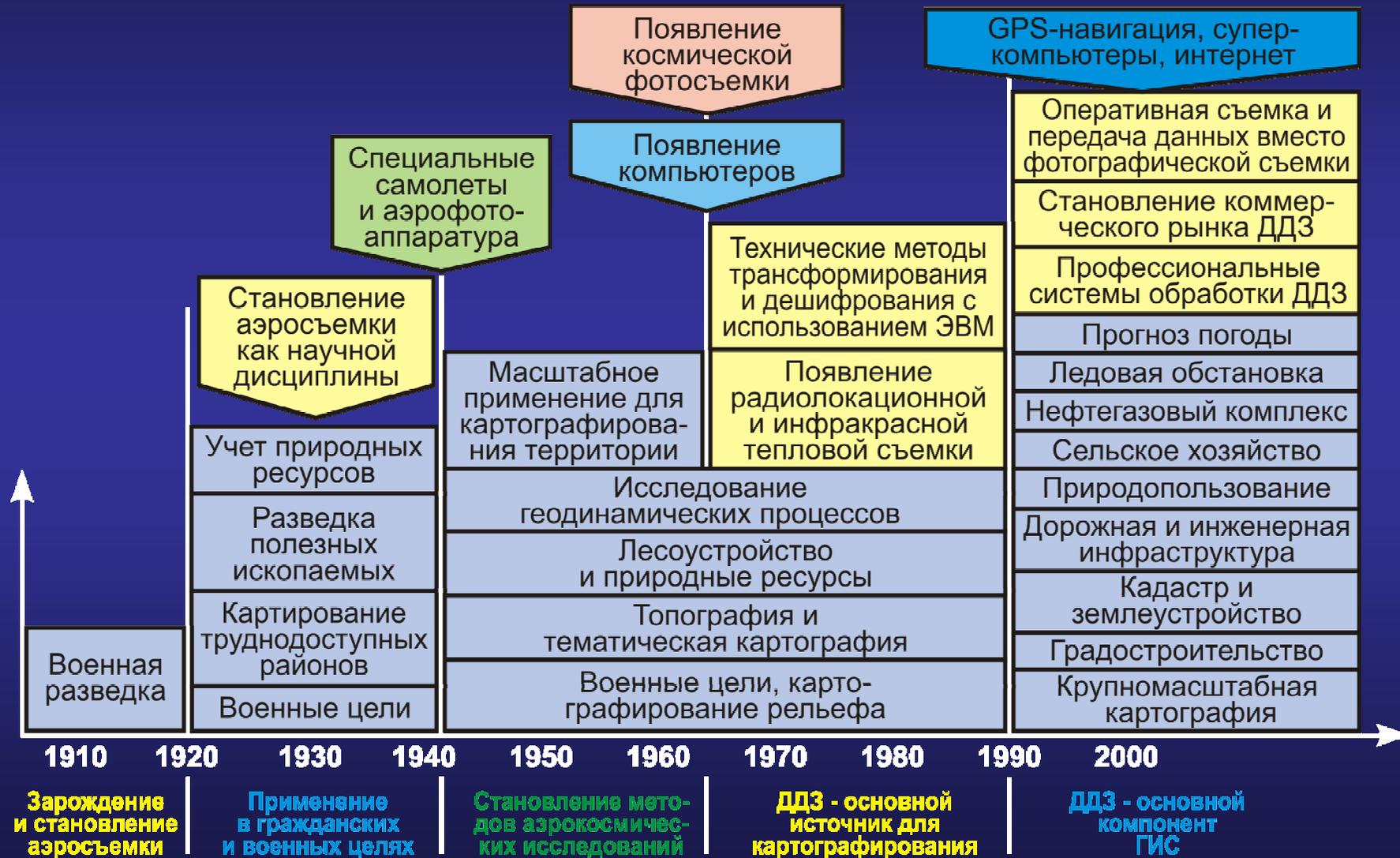


Первая  
аэрофотосъемка  
в целях военной  
разведки (1909)

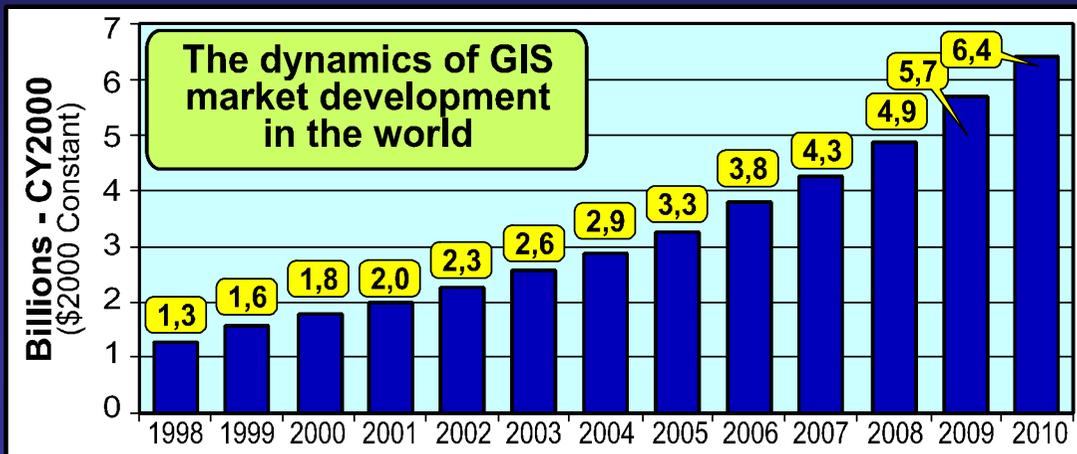


Первая фотография  
Земли, полученная  
с орбитального КА  
**Герман Титов**  
(1961)

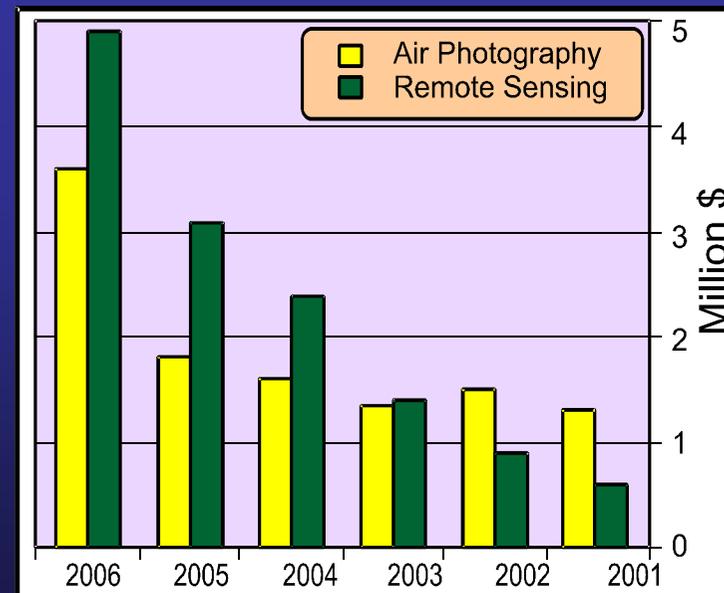
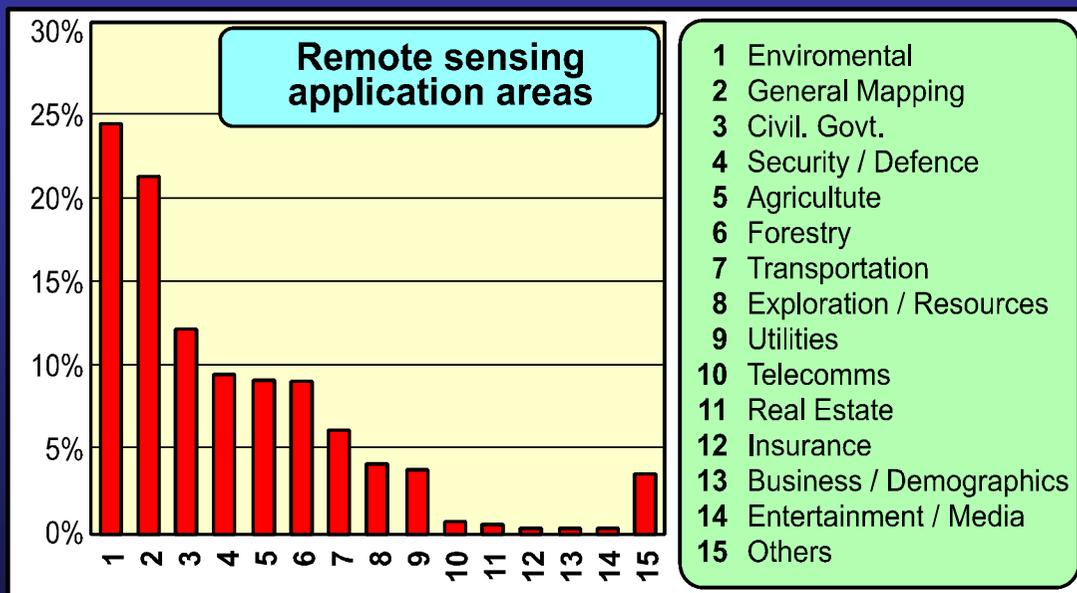
# Развитие дистанционного зондирования Земли



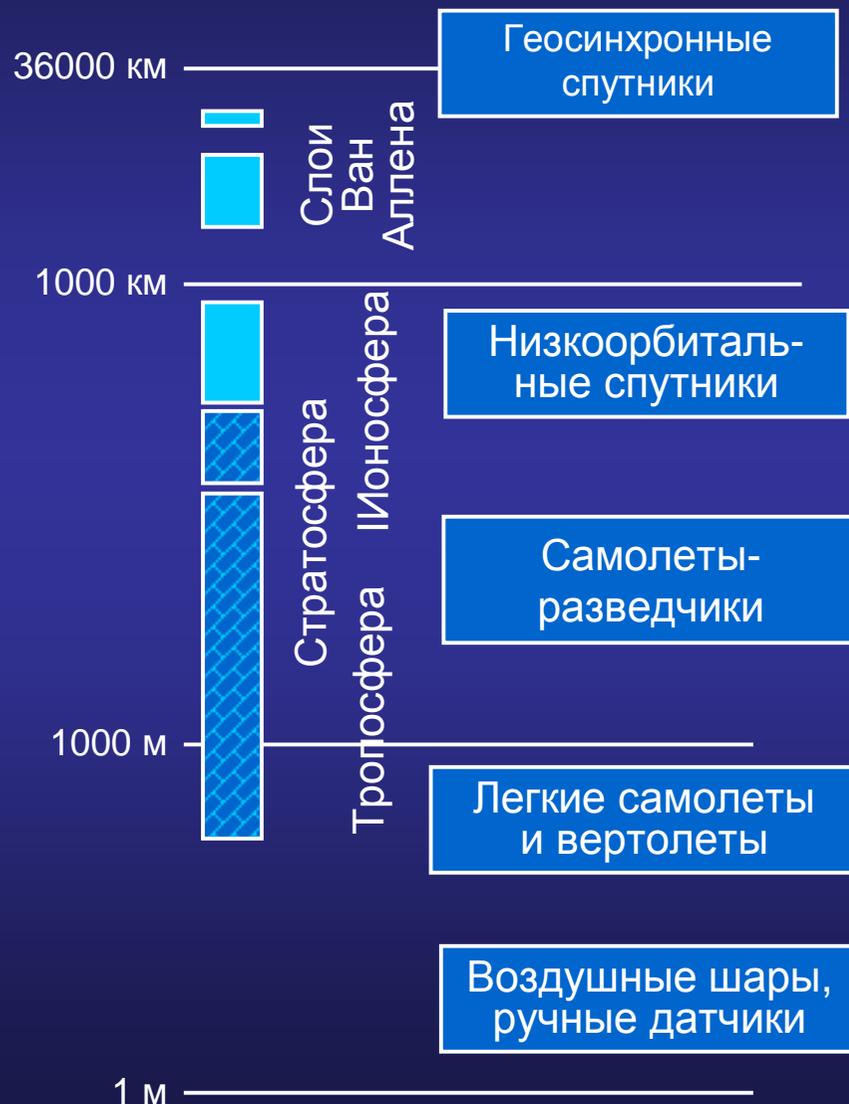
# Рынок данных дистанционного зондирования (ДДЗ) и ГИС



Соотношение рынков аэро- и космических съемок в России



# Технические средства получения ДДЗ



## Классификация космических ДДЗ

### По диапазону длин волн:

Видимый, ближний ИК, дальний ИК, радиодиапазон.

### По разрешению:

**Низкое** (100-2000 м) Terra/Aqua (MODIS)

**Среднее** (5-50 м) - Spot 2/4, Landsat, Монитор-Э, Radarsat, IRS P5/P6

**Высокое** (1-5 м) - Ресурс-ДК, Iconos, OrbView, Eros-A, TerraSAR

**Сверхвысокое** (0.4 - 1 м) QuickBird, Eros-B, WorldView

## Программное обеспечение

### Для обработки ДДЗ

#### Российское:

ScanImage Processor, Photomod, Talka

#### Зарубежное:

ERDAS, ENVI, ER-Mapper, CIGeomatica

### Для ГИС

**Российское:** Panorama, InGeo, Geograph

**Зарубежное:** ArcGIS, MapInfo, Microstation



## Научное сообщество IAPR+GIS

### **The International Association for Pattern Recognition:**

TC7 «Remote Sensing and Mapping» (<http://www.iapr-tc7.org>)

TC10 "Graphics Recognition" (<http://www.cvc.uab.es/iapr-tc10>)

### **Основные научные мероприятия 2008 года:**

International Geoscience and Remote Sensing Symposium, July 6-11, 2008, Boston, USA (<http://www.igarss2008.org>)

5th IAPR Workshop on Pattern Recognition in Remote Sensing, December 7, 2008, Florida, USA (<http://www.iapr-tc7.org/prrs08>).

### **Некоторые российские научные организации:**

Институт космических исследований РАН  
(<http://www.iki.rssi.ru>)

Научный геоинформационный центр РАН (<http://www.ngic.ru>),

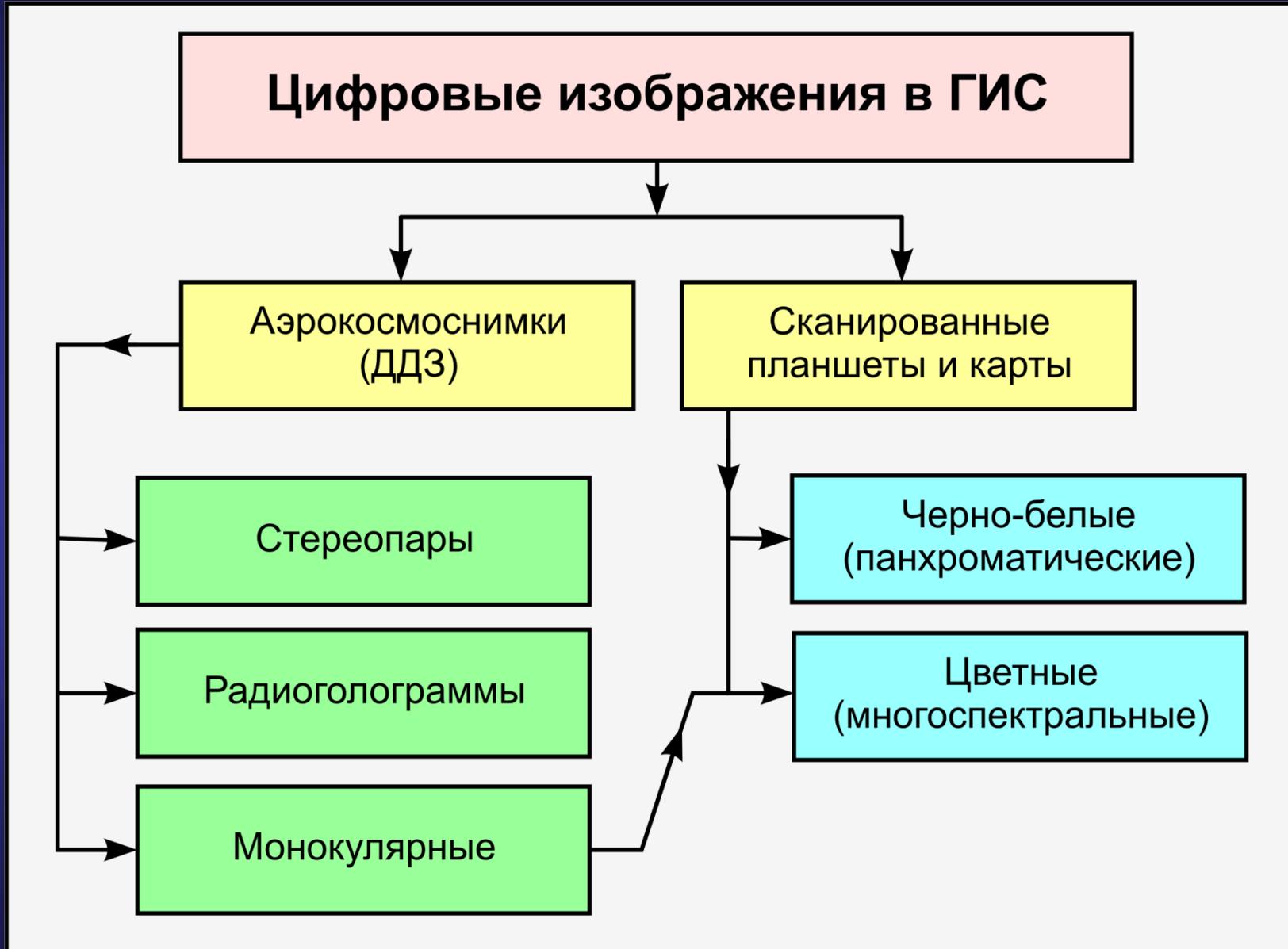
Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН (<http://www.sscs.ru>),

Институт систем обработки изображений РАН  
(<http://www.ipsi.smr.ru>)



## Из Программы фундаментальных научных исследований РАН на 2008-2012 гг

Направление	Ожидаемые результаты
3. Вычислительная математика...	Вычислительные методы решения задач усвоения данных наблюдений (спутниковых и др.) ...
4. Математическое моделирование...	Модели среды обитания человека, антропогенного влияния на окружающую среду...
5. Современные проблемы дискретной математики...	Методы проведения интеллектуального анализа данных, решение задач распознавания и прогнозирования...
27. Теория информации, научные основы ИВС...	Средства интеллектуального анализа данных в больших информационных массивах...
28. Системный анализ, искусственный интеллект...	Способы интеграции гетерогенной информации в распределенной информационной среде...
29. Системы автоматизации, GALS-технологии...	Интеграция данных в системах мониторинга, технология построения интегрированных интеллектуальных ГИС...
43. Экология организмов и сообществ	Системы мониторинга лесных систем, карты почв, растительности, животного мира...
60. Комплексное освоение недр...	Изучение и мониторинг природно-технологических комплексов в районах интенсивного освоения недр...
64. Катастрофические процессы...	Методы и системы мониторинга природных и техногенных опасностей на основе ГИС...
66. Исследование Земли, геоинформатика...	Сейсмо-геодинамические модели, научные основы создания ГИС геопространственного мониторинга...



# Классификация методов обработки изображений, используемых для обработки ДДЗ

## 1) Попиксельная обработка

- пороговая обработка, препарирование;
- преобразование гистограмм;
- Обработка нескольких каналов ( HSI, YCrCb);
- Попиксельная классификация.

## 2) Измерения на изображениях

- статистические характеристики ( E, D, B(m,n), ρ ), гистограмма, вид распределения, отношение сигнал\шум;
- Геометрические характеристики (размеры, площади и пр.), вычисление начальных и центральных моментов

$$\mu^{ij}(m,n) = \sum_{k=-K}^K \sum_{l=-L}^L v(m-k, n-l) k^i l^j$$

## Классификация методов обработки изображений, используемых для обработки ДДЗ (продолжение)

### 3) Локальная обработка - двумерная свертка

$$y(m, n) = v(m, n) ** h(m, n) = \sum_{k=-K_1}^{K_2} \sum_{l=-L_1}^{L_2} h(k, l) v(m-k, n-l)$$

- Фильтрация и восстановление изображений
- Выделением контуров и повышение резкости
- Корреляционное обнаружение, взаимная корреляция
- вычисление поля направлений

### 4) Спектральные преобразования

- Преобразование Фурье
- Вейвлет-преобразование и др.

## Классификация методов обработки изображений, используемых для обработки ДДЗ (продолжение)

### 5) Сжатие изображений

с потерей информации

без потери информации

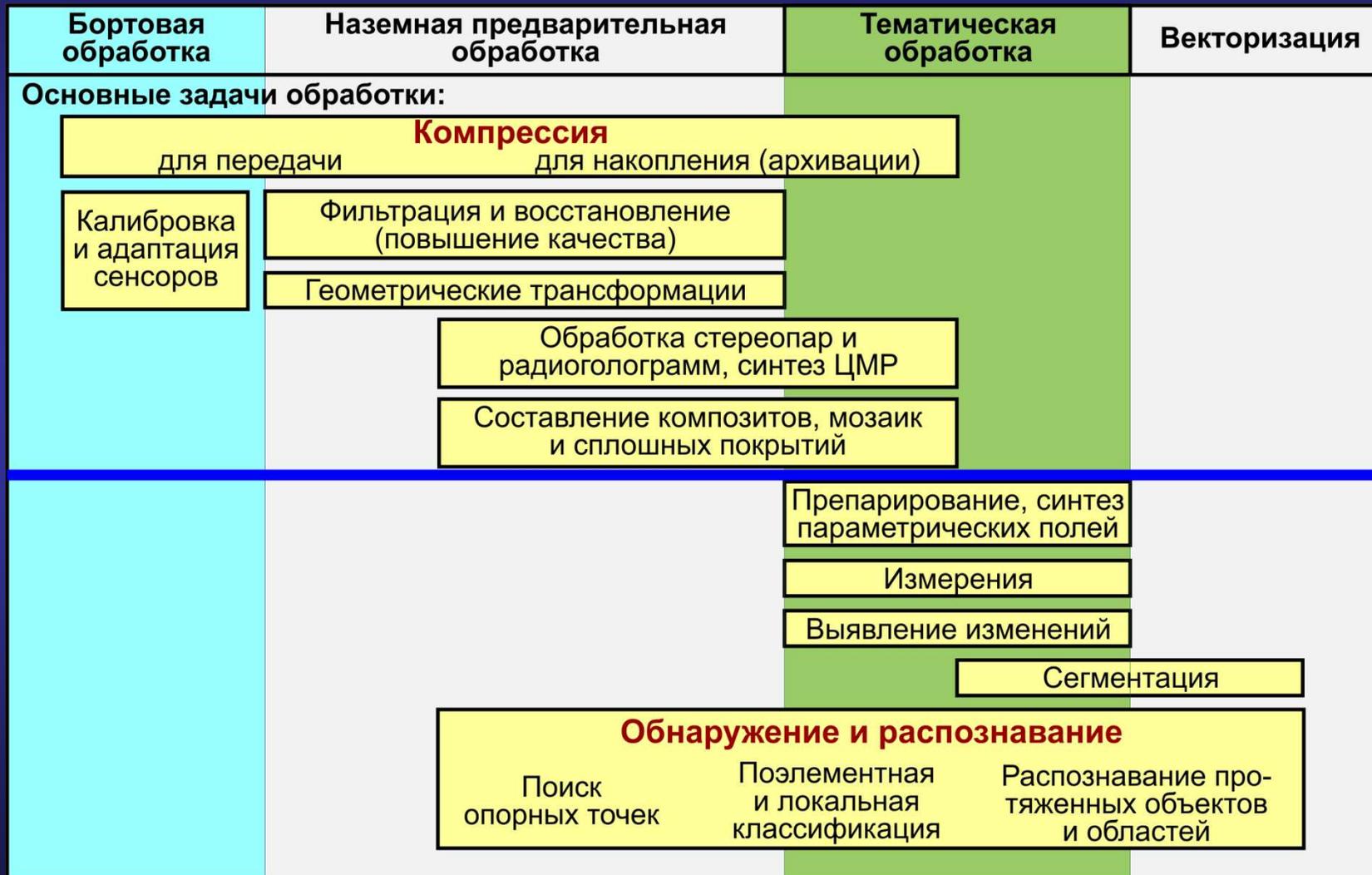
### 6) Геометрические преобразования

### 7) Распознавание и классификация

- Двухэтапная процедура:  
вычисление признаков- классификация;
- «Обучение с учителем» и самообучение и кластеризация
- Признаки на изображении – геометрические, яркостные, стохастические

# Задачи обработки аэрокосмических изображений в ГИС

Стадии обработки:

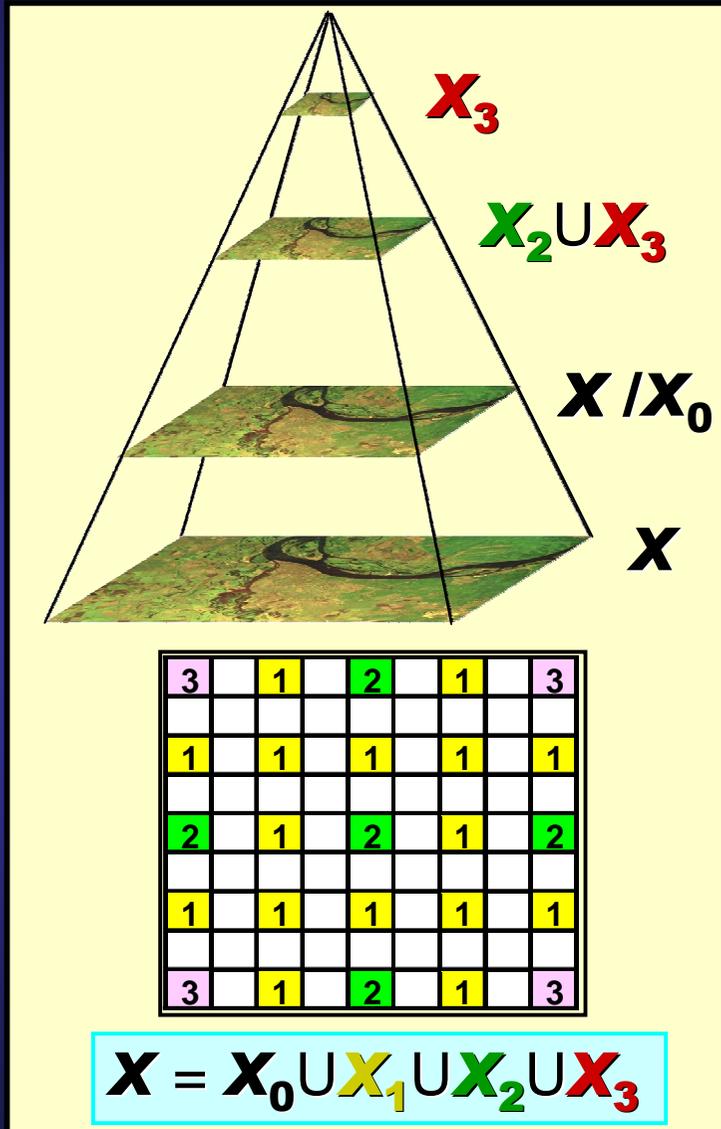


# Компрессия изображений

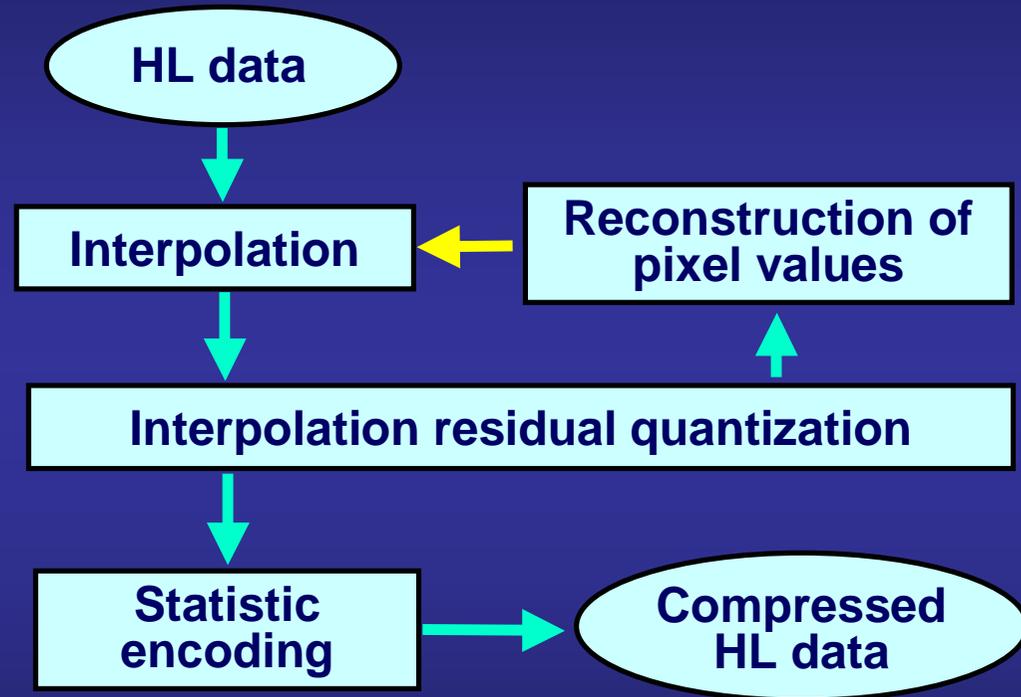
## ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНОЛОГИЯМ

Требования	Компрессия общего применения	Компрессия в задачах ДЗЗ	
		Бортовые комплексы	Наземные комплексы
Критерий качества восстановления изображений	Визуальный, СКО (PSNR)	Максимальная ошибка	Максимальная ошибка
Высокая степень сжатия при заданном качестве	Да	Нет	Да (в режиме нулевой или малой ошибки)
Контроль качества при заданной степени сжатия	Нет	Да	Нет
Низкая сложность алгоритмов компрессии	Нет	Да	Нет
Низкая сложность алгоритмов декомпрессии	Нет	Нет	Да
Мультиразрешение (возможность декомпрессии фрагмента изображения в произвольном масштабе)	Нет	Нет	Да
Стабилизация скорости формирования потока сжатых данных	Нет	Да	Нет
Помехозащищенность сжатых данных	Нет	Да	Нет
<i>Примеры известных технологий компрессии</i>	<i>JPEG, JPEG2000</i>	<i>ДИКМ, ИСИ</i>	<i>ИСИ, MsSID</i>

# Метод иерархической сеточной интерполяции (ИСИ)



Arbitrary hierarchical level (HL)  
compression procedure):

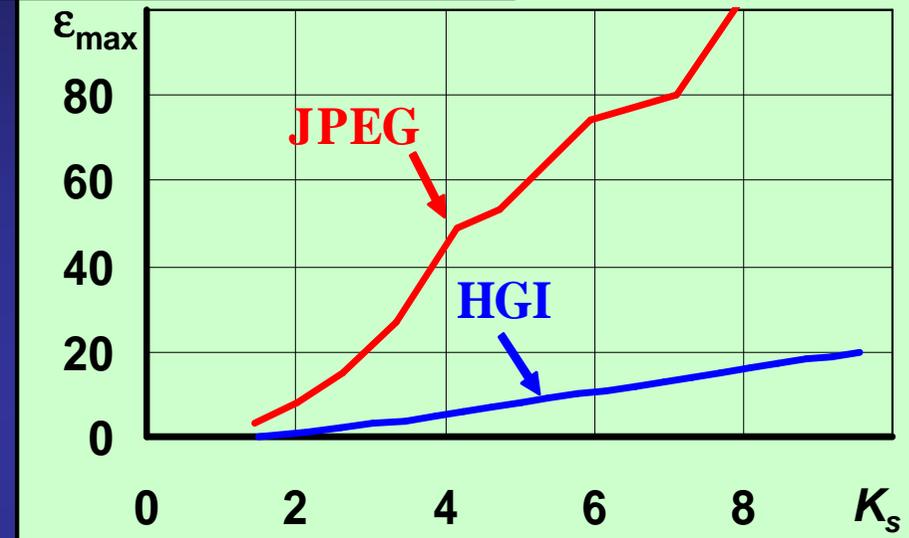


- Известия СИЦ РАН, 1999. Том 1, № 1. С. 99-107
- Proc. Conf. ICPR'00, 2000. Vol. 3, p.232-235

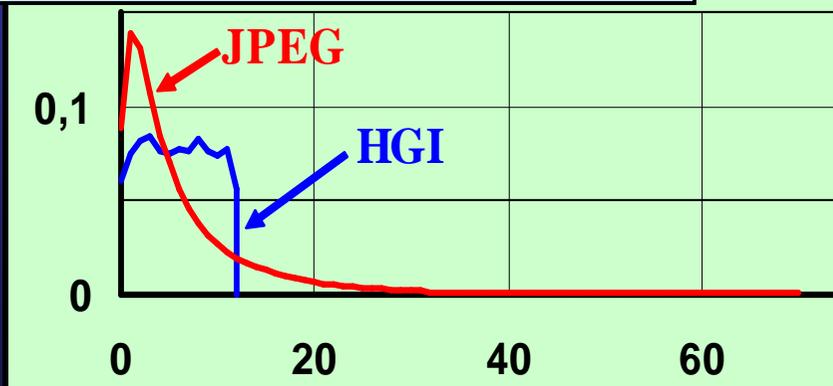
# Результаты экспериментов



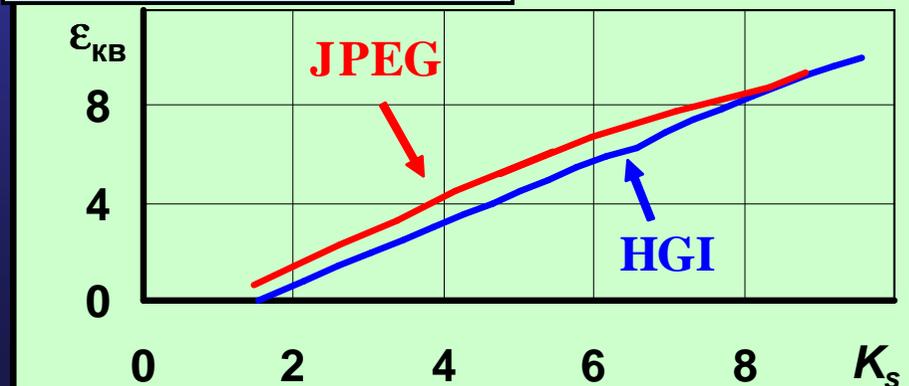
Maximal deviation



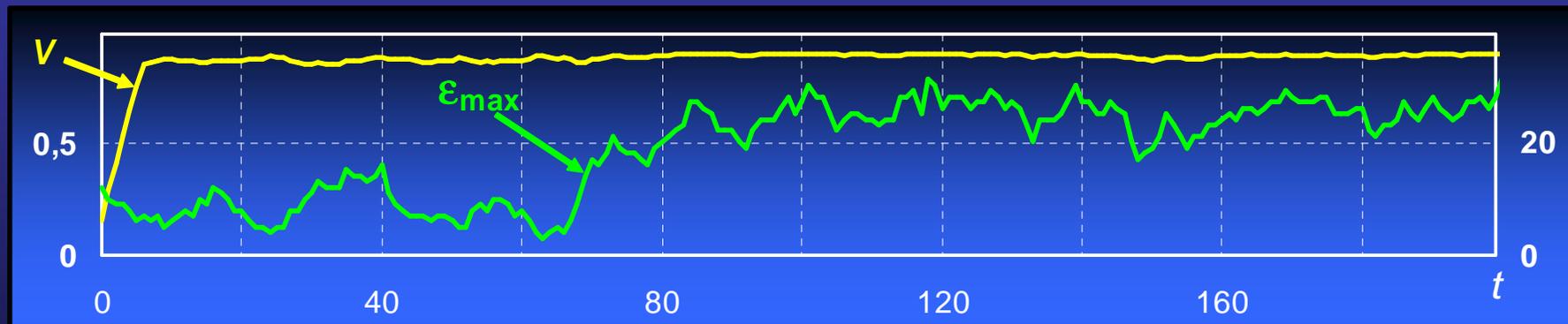
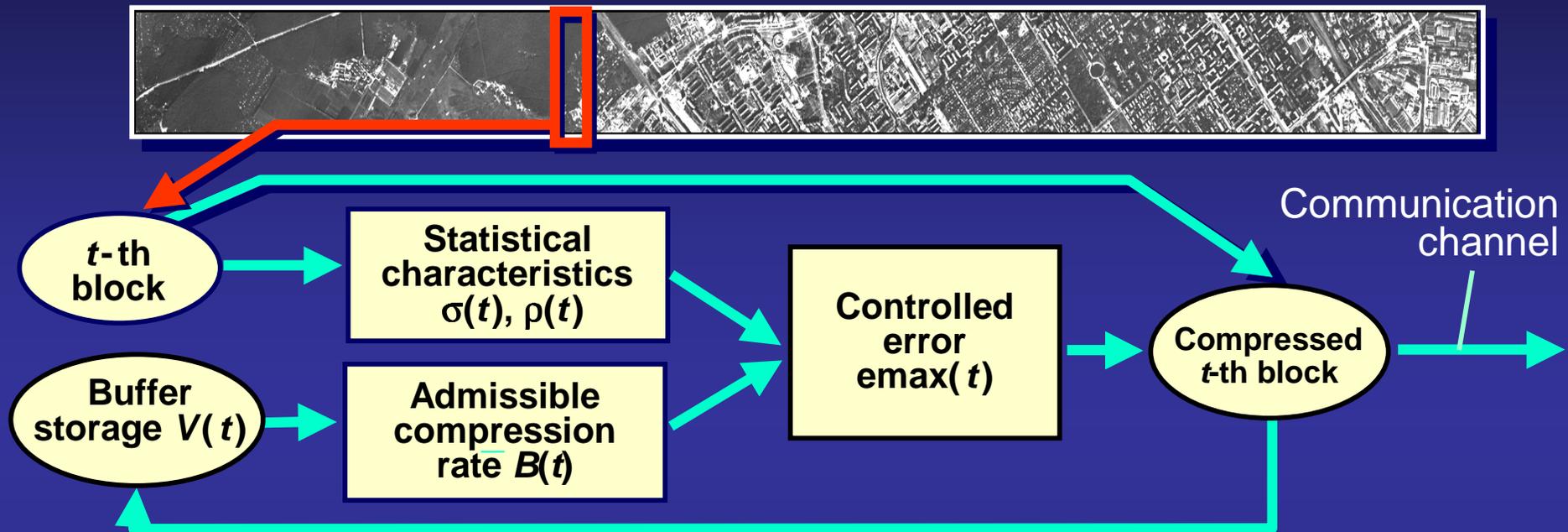
Error distribution histogram



Standard deviation



# Стабилизация скорости формирования сжатых данных

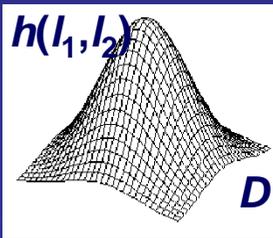
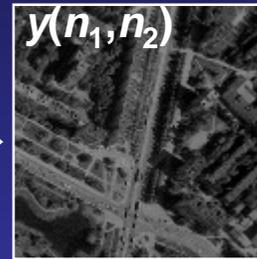


- Proc. Conf. ICPR'00, 2000. Vol. 3, p.232-235
- Pattern Recognition and Image Analysis, 2003, Vol.13, No.2, pp. 205-207

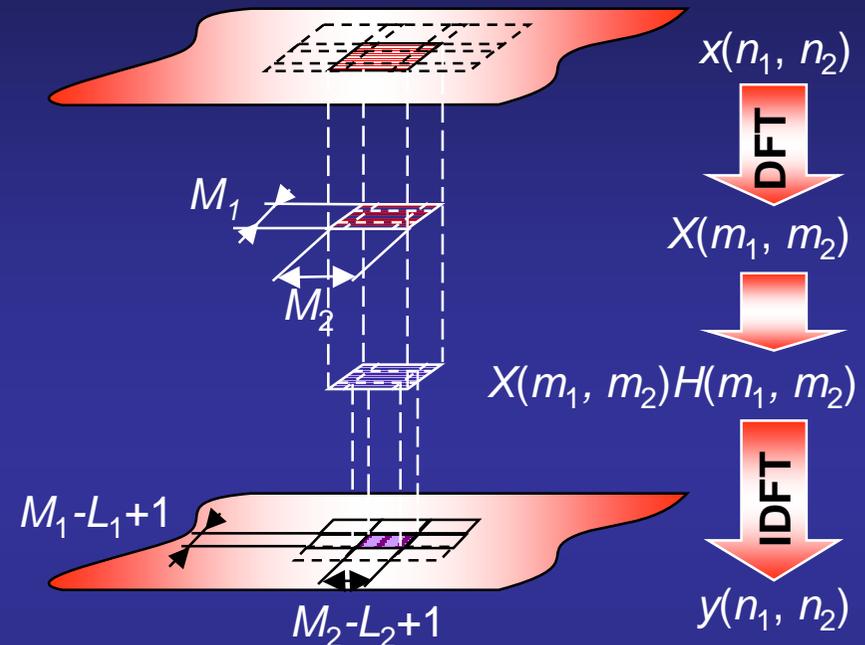
# Линейная фильтрация большеразмерных изображений



**Convolution**



$$y(n_1, n_2) = \sum_{(l_1, l_2) \in D} h(l_1, l_2) x(n_1 - l_1, n_2 - l_2)$$



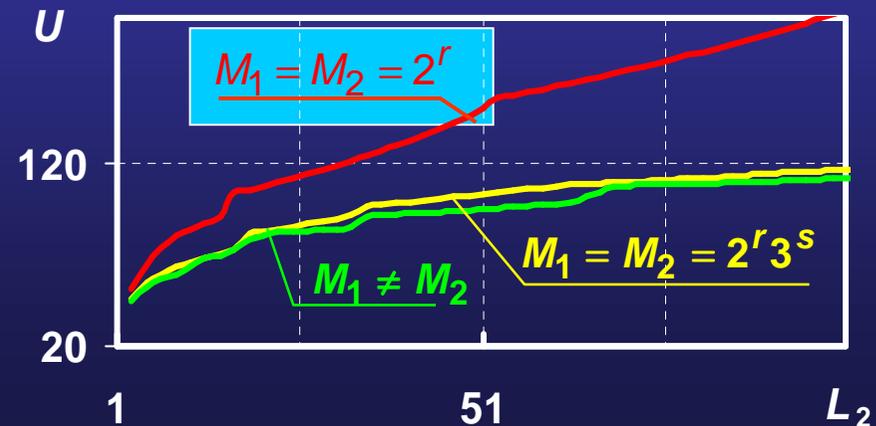
- **Purpose**

- Minimizing  $U$  - number of arithmetic operations per output image pixel

- **Solution**

- Optimal choice of section size ( $M_1 \times M_2$ ) and a DFT algorithm from an extended set

- Pattern Recognition and Image Analysis, 1993. Vol.3, No 4, pp.455-458
- Proc.SPIE, 1994, Vol. 2363, pp. 134-141
- Proc. OGRW-6-2003", 2003, pp.149-154.



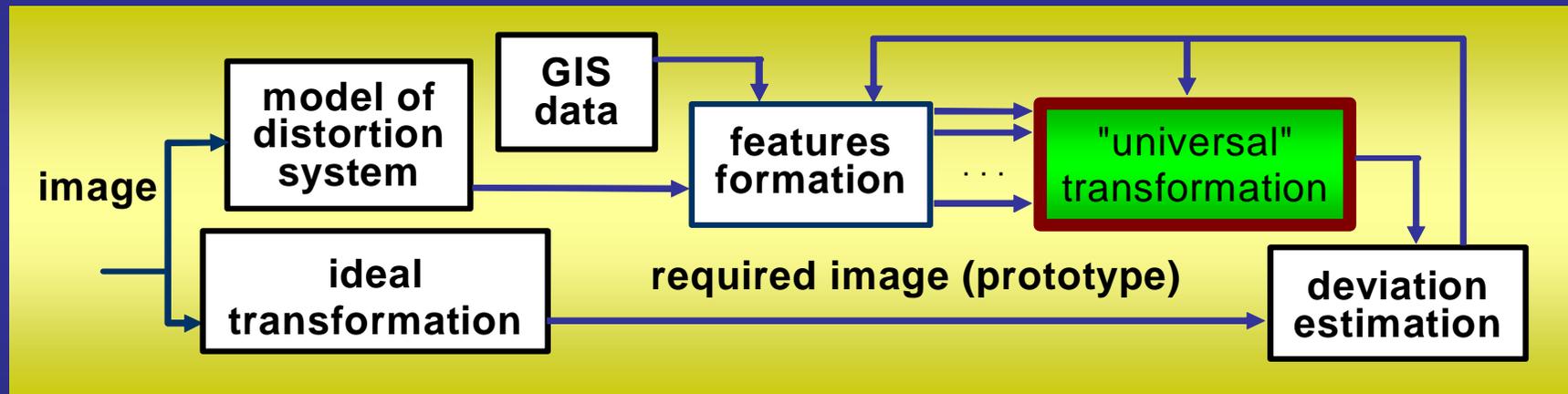
# «Универсальное» преобразование для обработки изображений

## The basic idea:

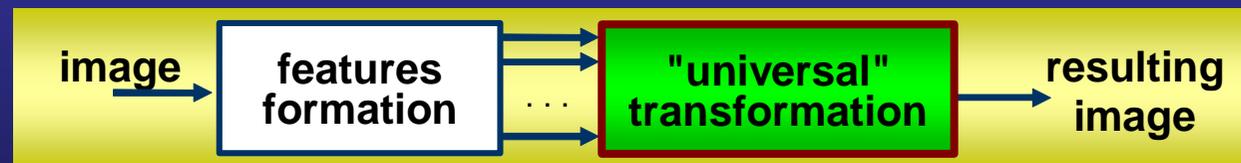
- processing with tuning on precedent.

## General schemes:

### Tuning



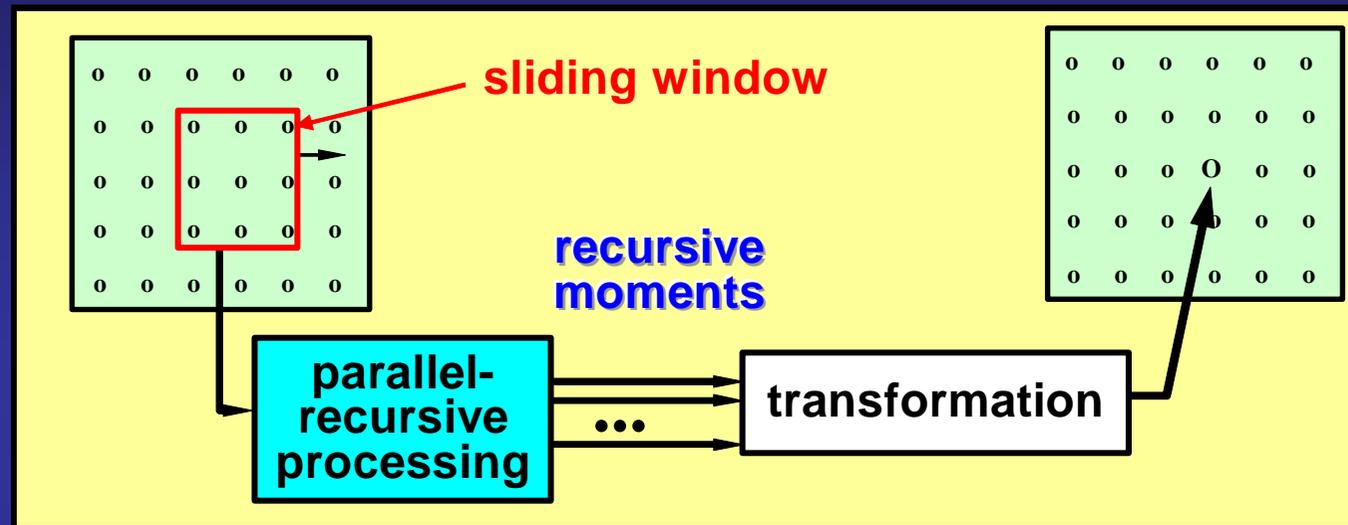
### Processing



- Ext. Abs. OGRW-4-1996, 1996. pp.127-130.
- Автометрия. 1998. N 2.С.63-76.
- Proc. SPIE 1998. Vol. 3348. pp. 238-245

# Параллельно-рекурсивные методы локальной обработки изображений

## General scheme of PR-processing



$$\mu_k(m_1, m_2) = \sum_{(m_1, m_2) \in D} \sum h_k(m_1, m_2) x(n_1 - m_1, n_2 - m_2) \quad y(n_1, n_2) = F \left[ \left\{ \mu_k(n_1, n_2) \right\}_{k=0}^{K-1} \right]$$

### Advantage:

Complexity does not depend on the window sizes

It is possible to choose between complexity and quality of processing

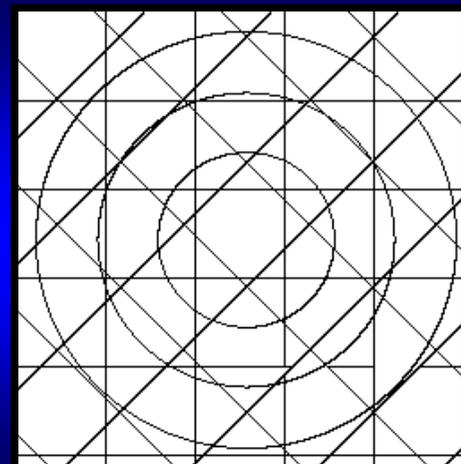
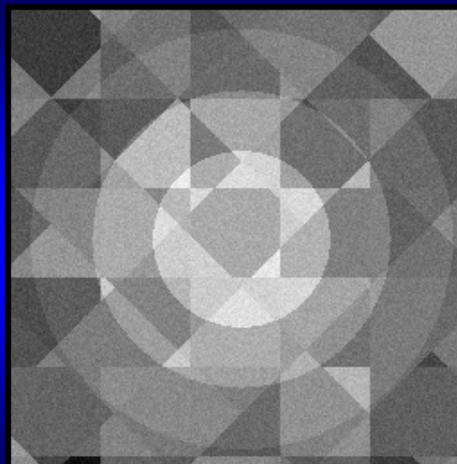
It is possible to carry out adaptive and nonlinear image processing

- Pattern Recognition and Image Analysis. 1994. N 4. pp.408-413
- Proc. ICECS'96, 1996. Vol.2. pp.696-699

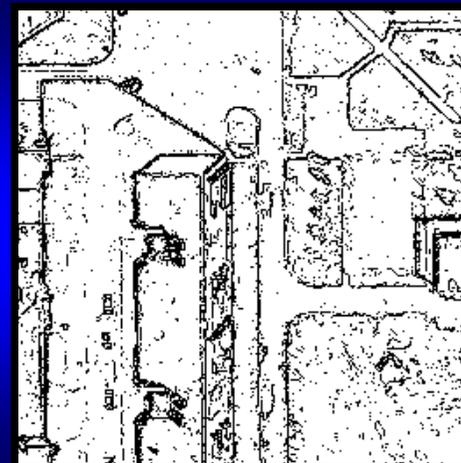
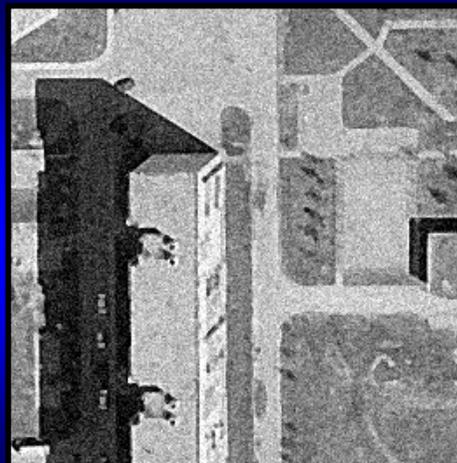
# Иллюстрация принципа «универсального» преобразования

*Выделение контуров на изображении:*

Обучение



Обработка



# Восстановление изображений

## Advantage in comparison with standard methods

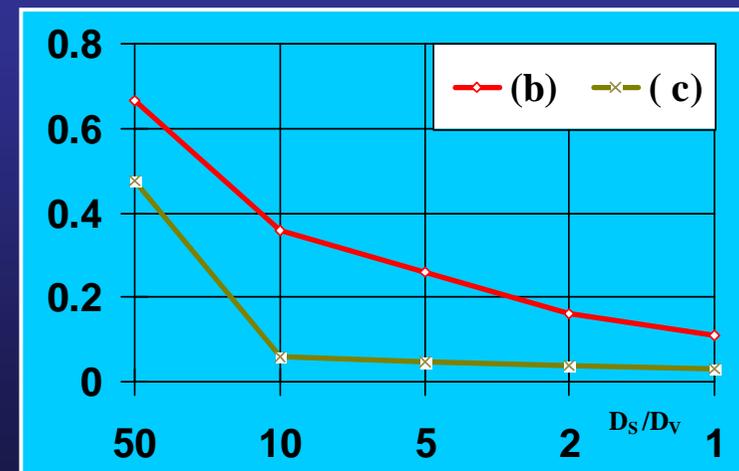
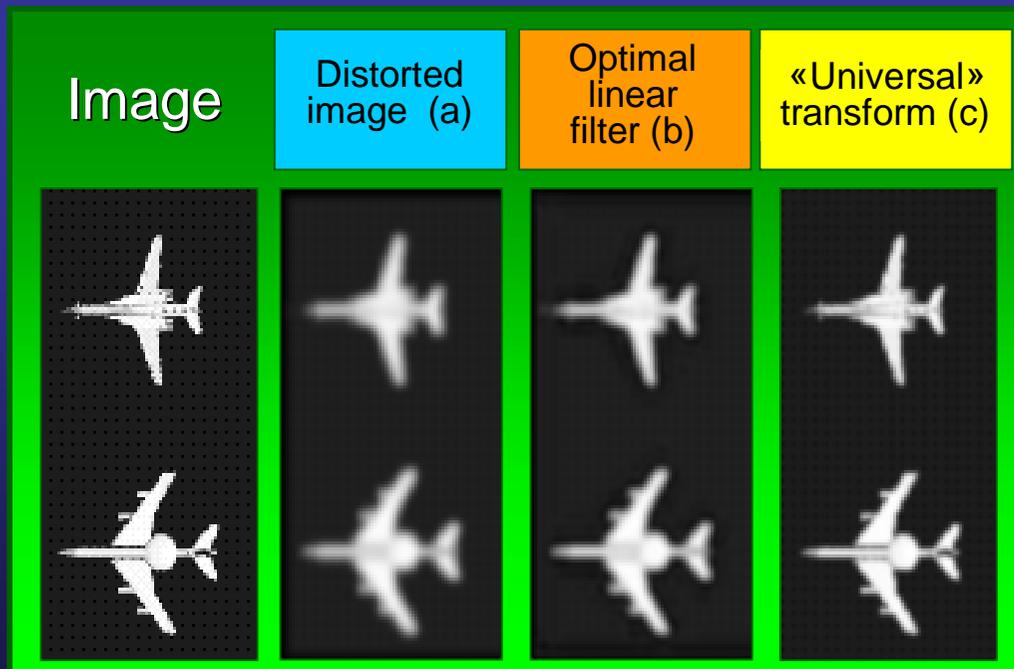
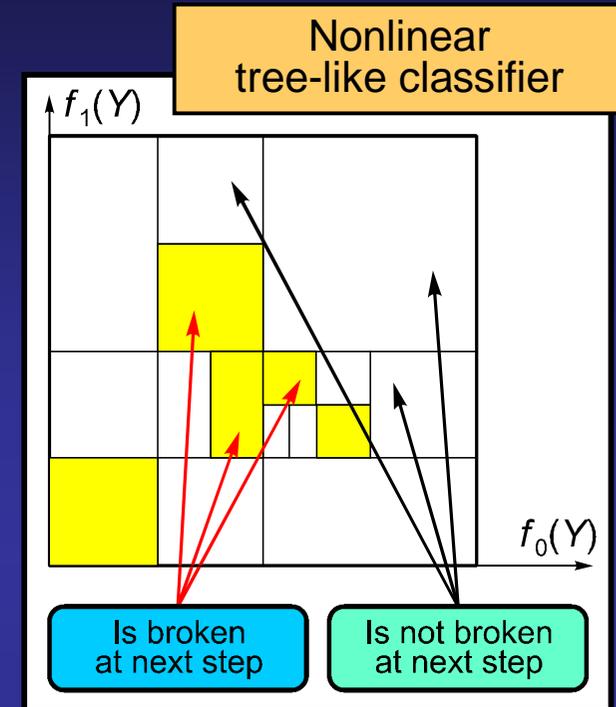
1. Features nonlinearity
2. Tree-like classifier
3. Minimization of average risk during classifier training

$$I(\alpha) \leq \frac{I_Y(\alpha)}{1 - \sqrt{\frac{h \cdot \left( \ln\left(\frac{N}{h}\right) + 1 \right) - \ln \eta}{N}}} = J(\alpha)$$

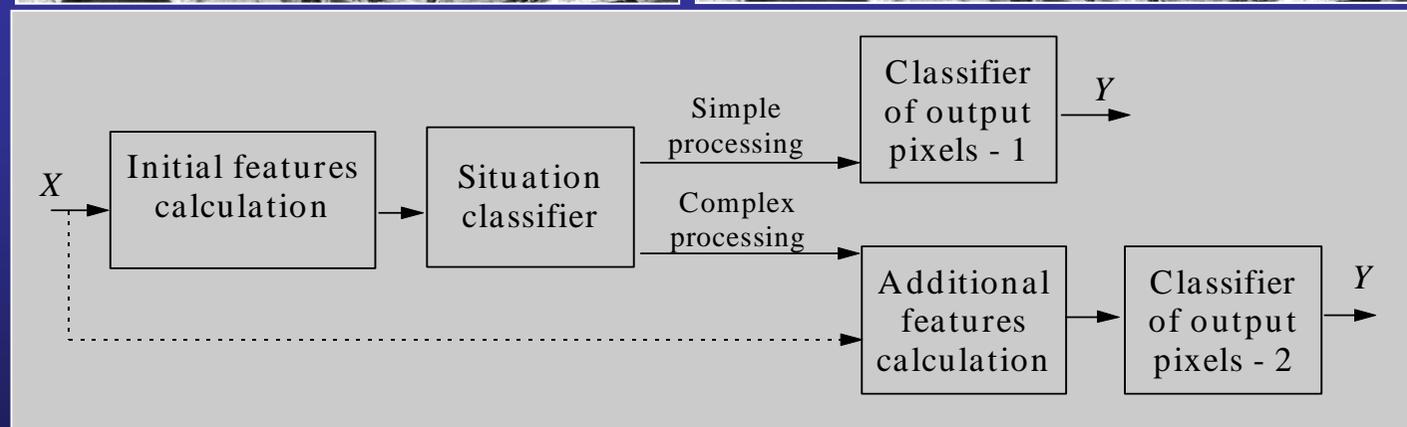
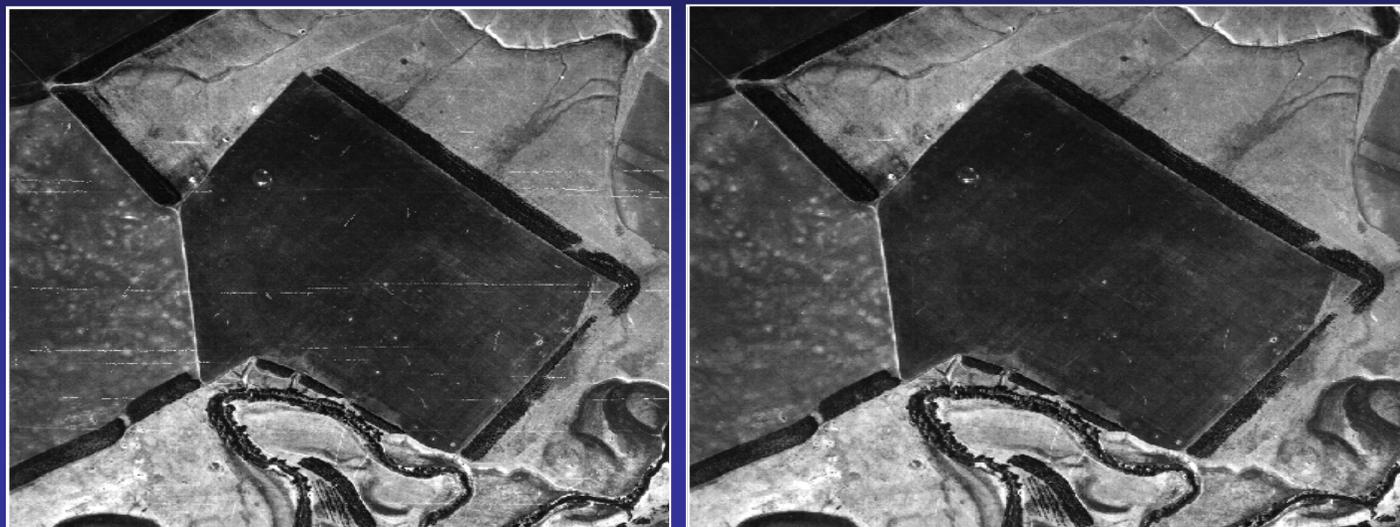
$$F_1(\mu, \alpha) \subset F_2(\mu, \alpha) \subset \dots \subset F_M(\mu, \alpha) = F$$

$$\begin{matrix} \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ J(\alpha_1) & J(\alpha_2) & J(\alpha_M) \end{matrix}$$

$$\alpha_{opt} = \arg \min_{1 \leq p \leq M} (J(\alpha_p))$$



# Устранение дефектов на старых космических фотоснимках



- Pattern Recognition and Image Analysis, 1999. Vol.9, N 2. p.237.

## Выявление и коррекция подвижных объектов на изображениях КА «Ресурс-ДК»

**Complexities:** presence of color stains of objects (vegetation, roofs), minimization of false detection and distortions

**Peculiarities of method:** two-stage detection  
permitted positions of moving objects analysis  
extra-training of classifier during semiautomatic processing

**Result:** the probability of detection in automatic mode is 80-90%



- Proc. PRIA-8-2007. 2007. Vol.1, pp.304-306.

# Обнаружение автомобилей на изображениях, полученных с низколетящего ЛА

*Исходное изображение*



*Результат обработки*



**Method:**  
Recognition based on Model

**Features:**  
- geometrical,  
- textural,  
- structural



# Выявление изменений на космоснимках

Original images - Spot 2/4,  
resolution- 20 m

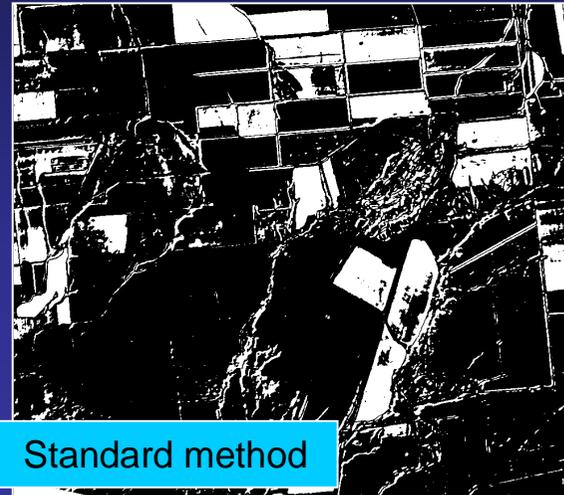


June 2007

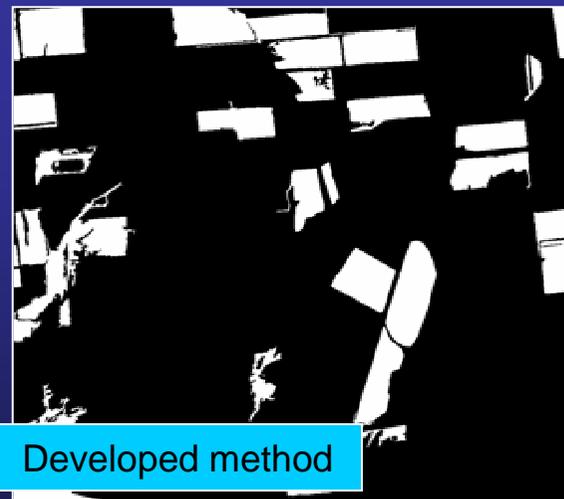


August 2007

Detected changes



Standard method



Developed method

**The main idea** – simultaneous usage of change detection and segmentation based on several images and map

# Распознавание картографических изображений

## Specific requirements

1. Limitation on maximum deviation
2. Preservation of squareness, upholding of topological relations between adjoining objects
3. Noise stability, breakthrough stability on original image.
4. Minimization of point count in resulting objects presentation

## The Criteria for requirements 1-4

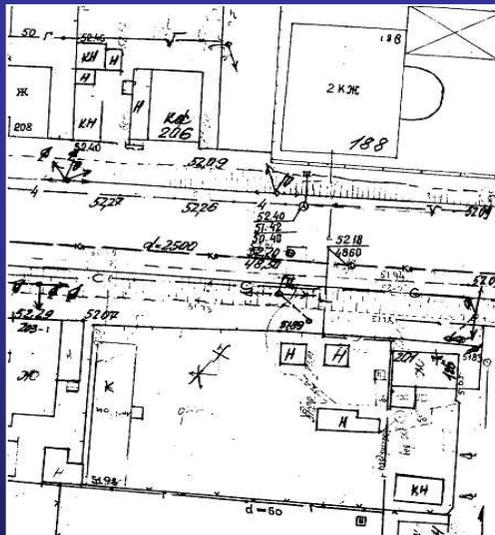
$$R(G) = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N_i-1} \delta \left( \left| \alpha_k - \frac{\pi n}{2} \right| < \varepsilon \right) \cdot \left| \alpha_k - \frac{\pi n}{2} \right| \rightarrow \min_G$$

$$R_i = \{r_j\}_{j=0}^{N_i}$$

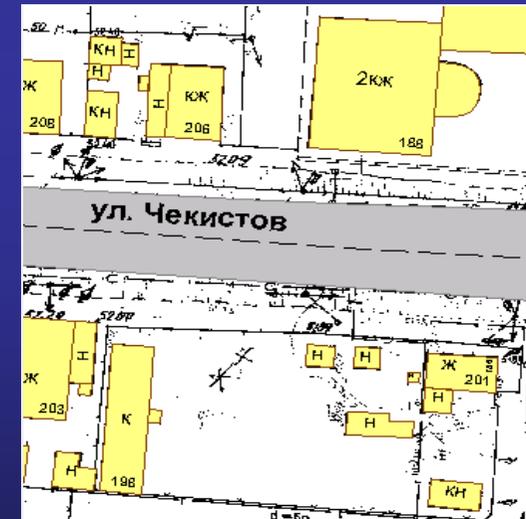
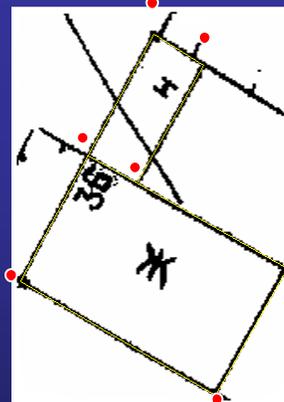
The set of edges of contour  $i$

$$A_i = \{ \alpha_k = \angle(r_k, r_{k+1}) \mid r_k \in R_i, r_{k+1} \in R_i,$$

$$r_k, r_{k+1} - \text{incidental edges} \}$$



Scanned plane-table



The result of recognition

- Pattern Recognition and Image Analysis. 2007. Vol.1, pp.283–286.

# Поволжский центр космической геоинформатики

**Самарский  
государственный  
аэрокосмический  
университет**

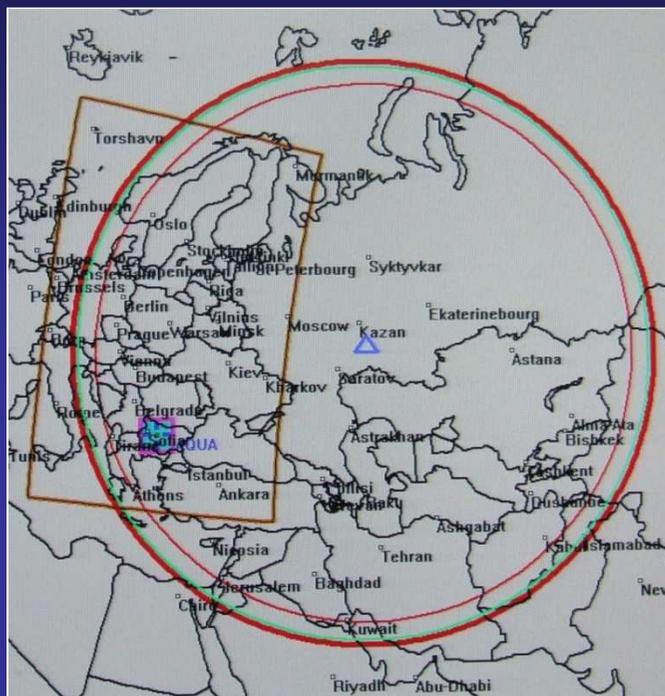
**Министерство  
экономического  
развития, инвестиций  
и торговли Самарской  
области**

**НП ПЦКГИ**

**ФГУП ГНПРКЦ  
«ЦСКБ-ПРОГРЕСС»**

**ОАО «Самара-  
Информспутник»**

# Технические возможности ПЦКГИ



Спутник	Страна-разработчик	Разрешение (метров)	Полоса обзора (км)	Частота съемки (суток)	Эксплуатирующая организация
<b>ДДЗ малого разрешения</b>					
Terra, Aqua	США	250 - 1000	2300	0.5 - 1	СГАУ
<b>ДДЗ среднего и высокого разрешения</b>					
SPOT-4	Франция	10 - 20	60	1-4	СГАУ
Монитор-Э	Россия	8 - 40	90- 160	6 - 9	СГАУ
RADARSAT-1	Канада	8 - 100	50 -500	1 - 6	СГАУ
IPS-P6	Индия	5.8 - 55	23 - 740	5	СГАУ
<b>ДДЗ сверхвысокого разрешения</b>					
IPS-P5	Индия	2.5	30	5	СГАУ
EROS-A	Израиль	2	13.5	3 - 4	СГАУ
Ресурс-ДК	Россия	1 - 3	30	по заказу	ЦСКБ-Прогресс
EROS-B	Израиль	0.7	7	6 - 8	ОАО "Самара-Информспутник"



## Самарская область.

ИСЗ Terra (США),  
Разрешение 250 м  
30 марта 2007 г.



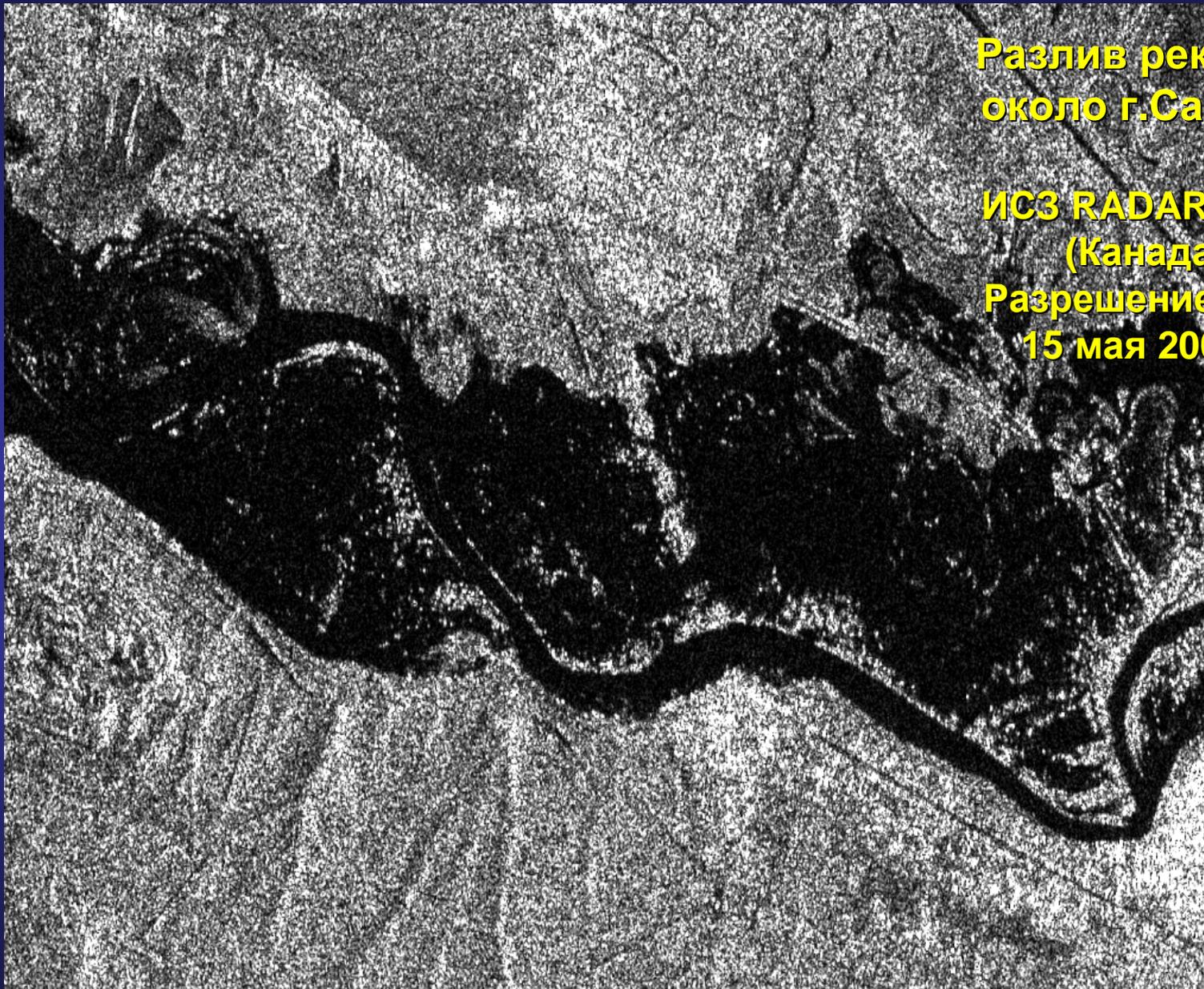


**г.Новгород.**

**ИСЗ SPOT-4 (Франция),  
Разрешение 20 м  
26 марта 2007 г.**

**Разлив реки Сок  
около г.Самары**

**ИСЗ RADARSAT-1  
(Канада),  
Разрешение 50 м,  
15 мая 2007 г.**



**г.Самара,**

**ИСЗ EROS-A (Израиль),  
Разрешение 2,5 м  
19 апреля 2007 г.**



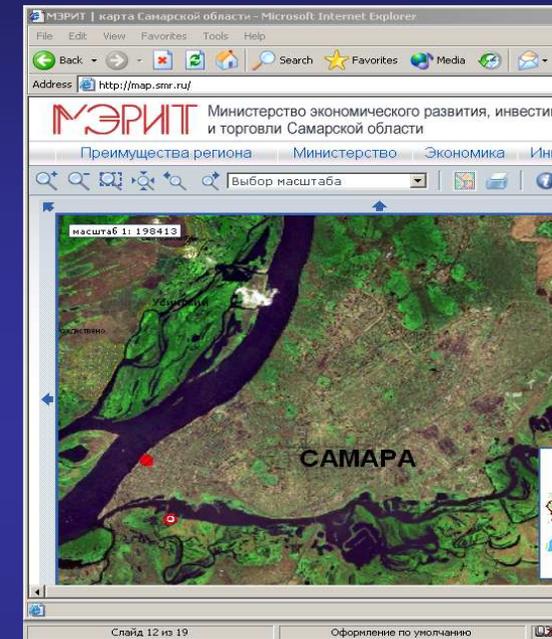
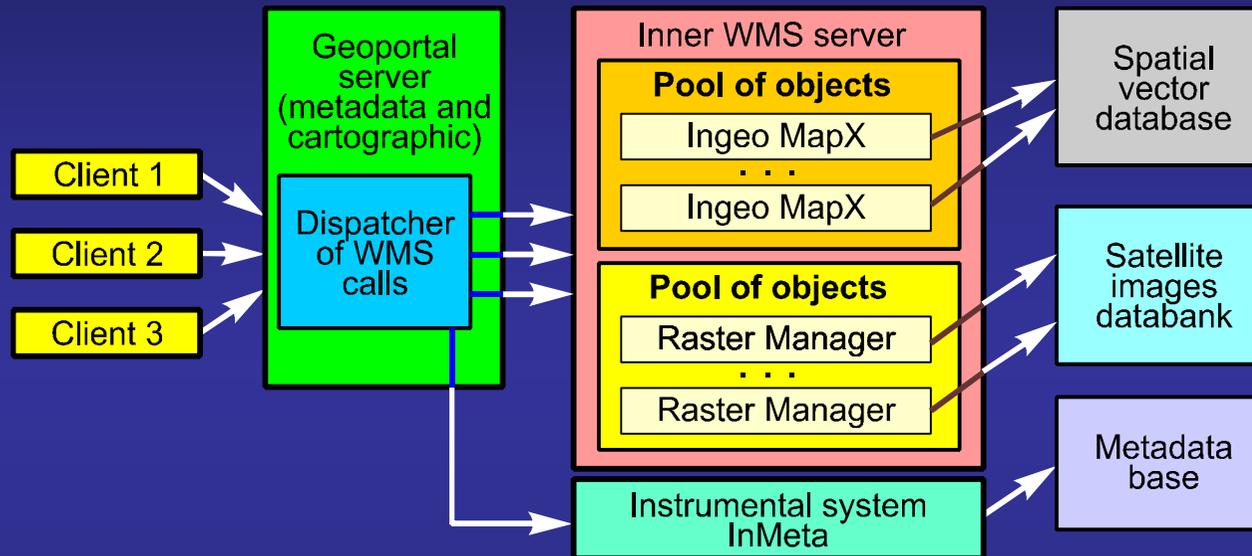
## Населенный пункт в Самарской области

ИСЗ EROS-B (Израиль),  
Разрешение 0,7 м  
25 июня 2007 г.



# DATA STORAGE ORGANIZATION PRESENTATION IN THE FORM OF COVERS AND COMPOSITES

## Geoportal



## Main differences from present (like Gogle Earth)

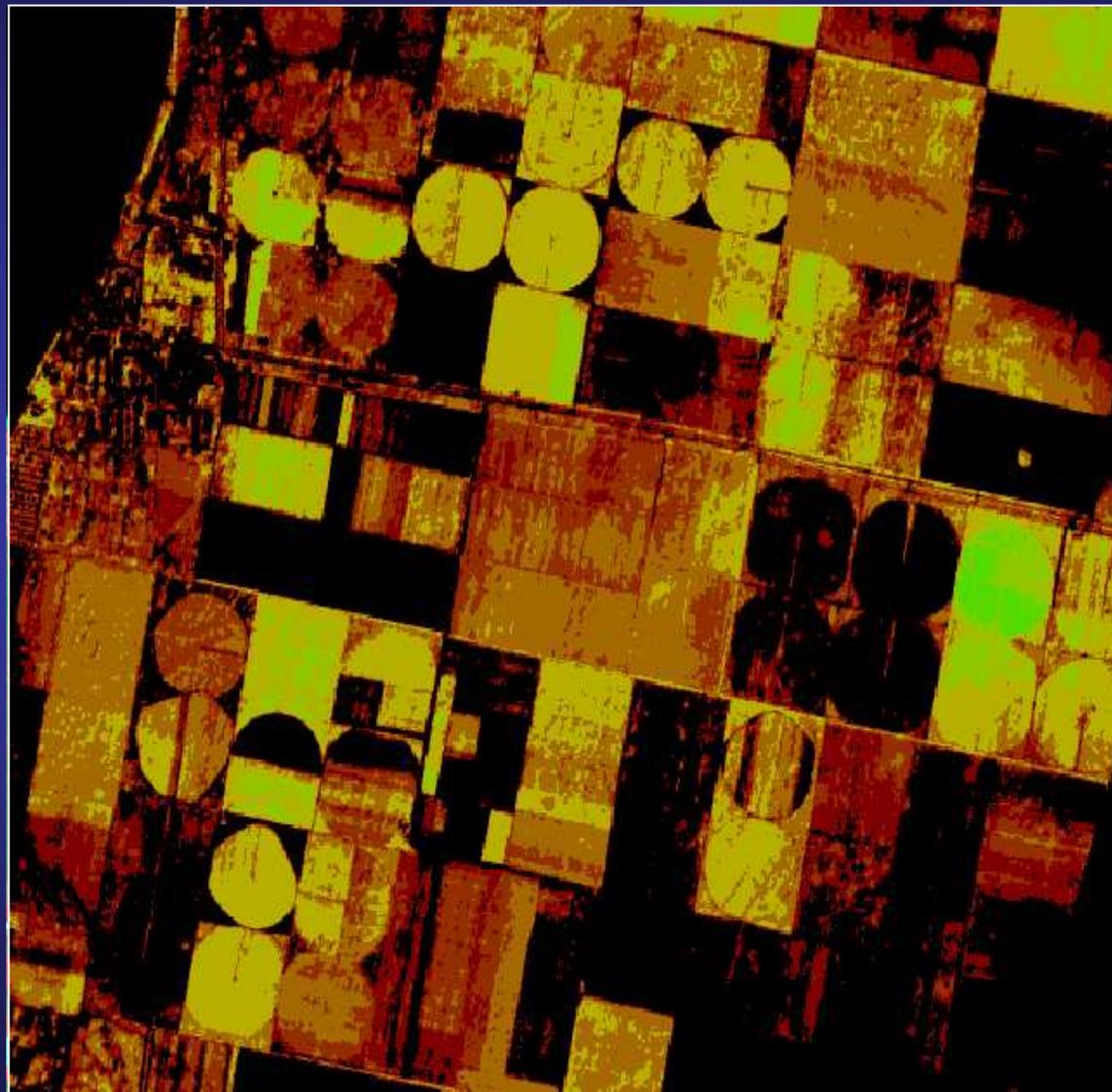
- Multi-scale и multi-temporariness (more than 10 images per year on each fragment of territory)
- Access to derived products and analysis results.
- Effective storing and access organization.
- Efficiency - access to images with resolution of 5-20 meters in 1-2 days.



# Некоторые задачи тематического анализа ДДЗ

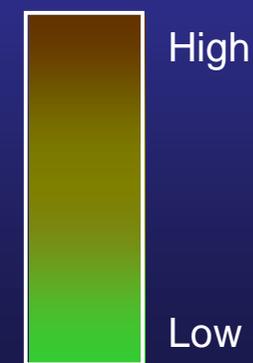
Applied problem	Image processing methods
<b>Agriculture</b>	
Crop capacity forecasting	Analysis of image series
Abandoned acres analysis	Classification, change detection
Crops state analysis	Image preparing
Monitoring of crops harvesting	Change detection
<b>Nature management</b>	
Detection of fire-sites and sites with modified structure of forest cover	Change detection
Detection of afforestation bounds and characteristics	Image series segmentation
<b>Analysis and control of extreme situations</b>	
Fires detection	Objects detection on image series
Oil spill monitoring	Radar images segmentation
Flood monitoring	Speckle-noise removal, segmentation

# Мониторинг сельхозугодий и оценка состояния посевов



- 1) The fragment of Spot4 image, resolution 20 m, near-infrared and visible band, July 2006 year, Samara-Solana farm (near Tolyatti)
- 2) Boundaries of fields (agricultural lands)
- 3) NDVI-map of biomass content

$$NDVI = \frac{B_{\text{near-IR}}^* - B_{\text{vis}}^*}{B_{\text{near-IR}}^* + B_{\text{vis}}^*}$$



# NATURE MANAGEMENT FIRE-SITES DETECTION AND AREA ESTIMATION



Fire-sites area estimation – the fragment of topographic map with marked contours of latest fire-sites of 2002 year according to remote-sensed data

## ANALYSIS AND CONTROL OF EXTREME SITUATIONS FLOOD MONITORING BY RADAR DATA

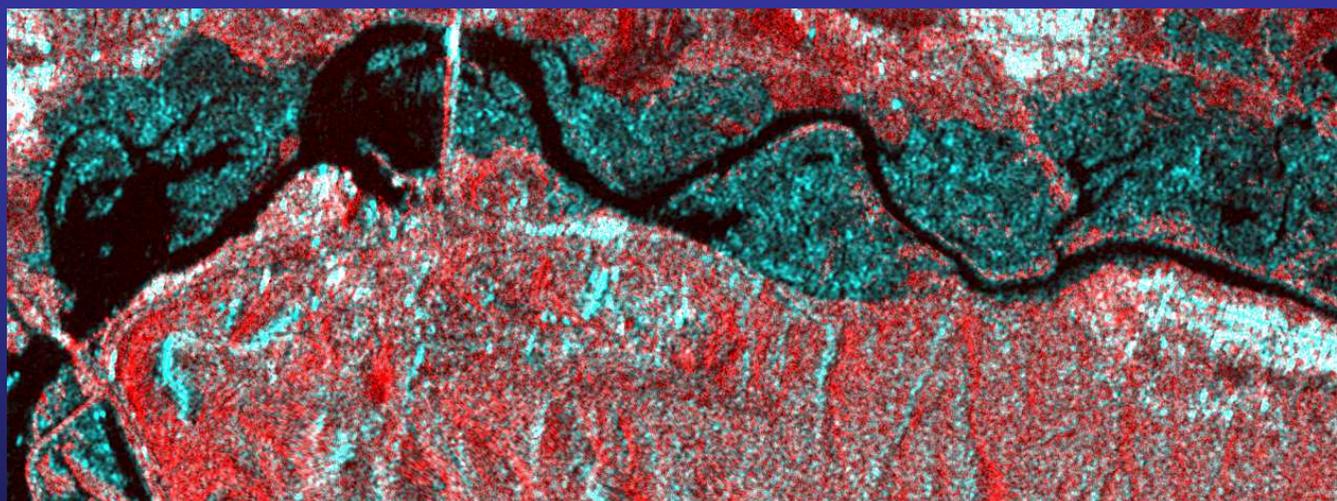
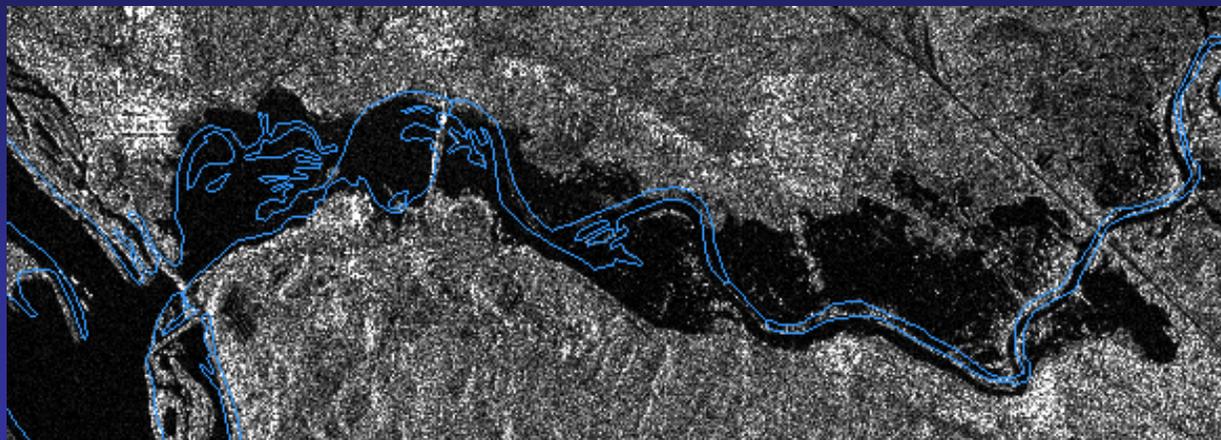


Image from Radarsat satellite, estuary of Sok river,  
Samara region Red colour - April 2008 year,  
flood peak Blue colour - June 2008 year, end of flood

## Заключение

- 1) Научное направление распознавания образов и анализа изображений все теснее интегрируется с геоинформатикой.
- 2) Наиболее актуальными для ГИС являются следующие задачи РОАИ: компрессия, фильтрация и восстановление, обнаружение и распознавание объектов, выявление изменений.
- 3) ГИС налагает новые ограничения на методы решения указанных задач, и одновременно – открывает новые возможности для их эффективного решения.
- 4) Многие задачи РОАИ в ГИС являются открытыми, особенно для стадии тематического анализа данных дистанционного зондирования.