



МЕТОДИКА ВИЗУАЛІЗАЦІЇ МНОГОСПЕКТРАЛЬНИХ (ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНИХ) АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

ПИЛИПЧУК
Валентин Володимирович



АКТУАЛЬНОСТЬ



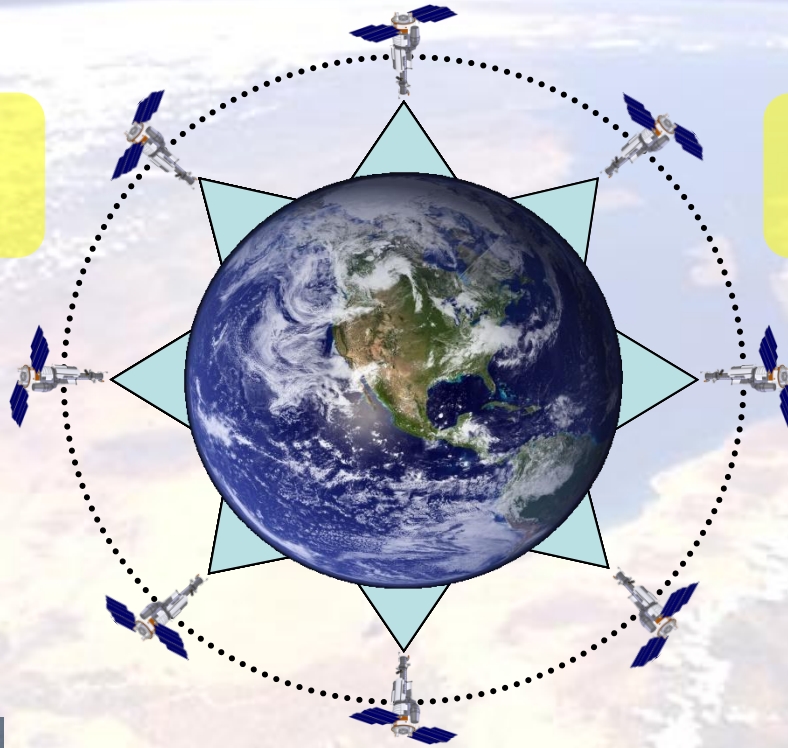
Сельское и лесное хозяйство



Геология



Транспорт, связь, коммуникации



Охрана окружающей среды



Водное хозяйство и ресурсы



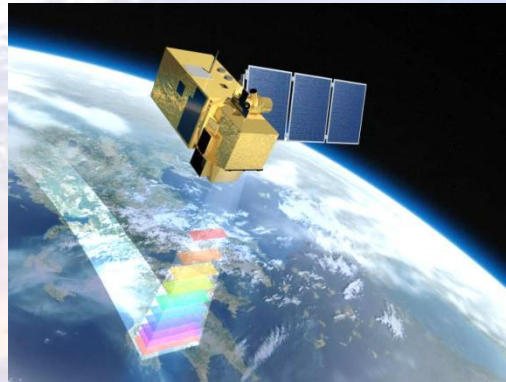
Оборона и безопасность



Управление земельными ресурсами

Рис. 1. Применение космической оптико-электронной съемки

АКТУАЛЬНОСТЬ



*Спектозональное
изображение
многоспектрального
снимка*

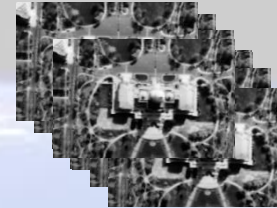
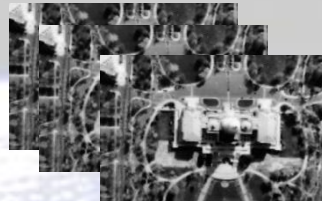
*Спектозональное
изображение
гиперспектрального
снимка*



*Панхроматическое
изображение*

Рис. 2. Панхроматическое и спектозональные изображения

АКТУАЛЬНОСТЬ

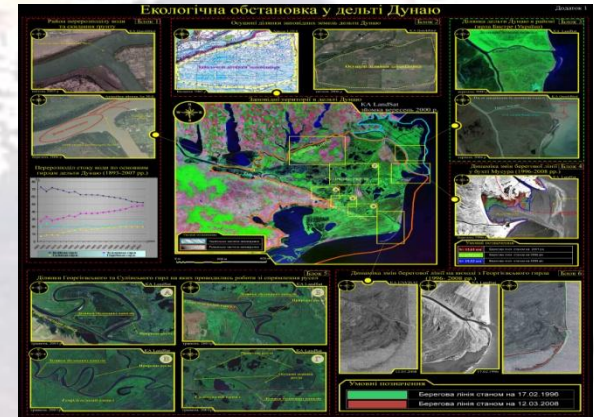
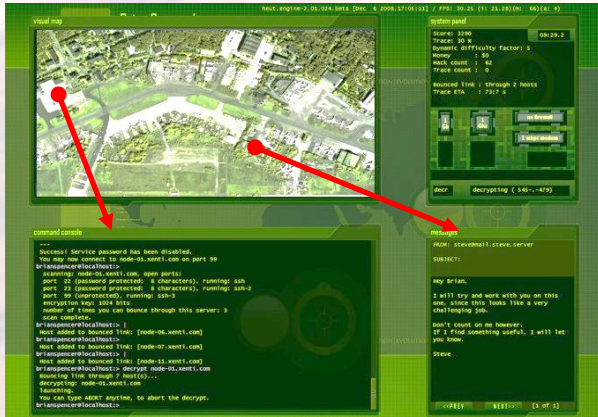


**Факторы
технического
оснащения процесса**

**Организационные
факторы**

**Требования к полноте
и детальности
результатов**

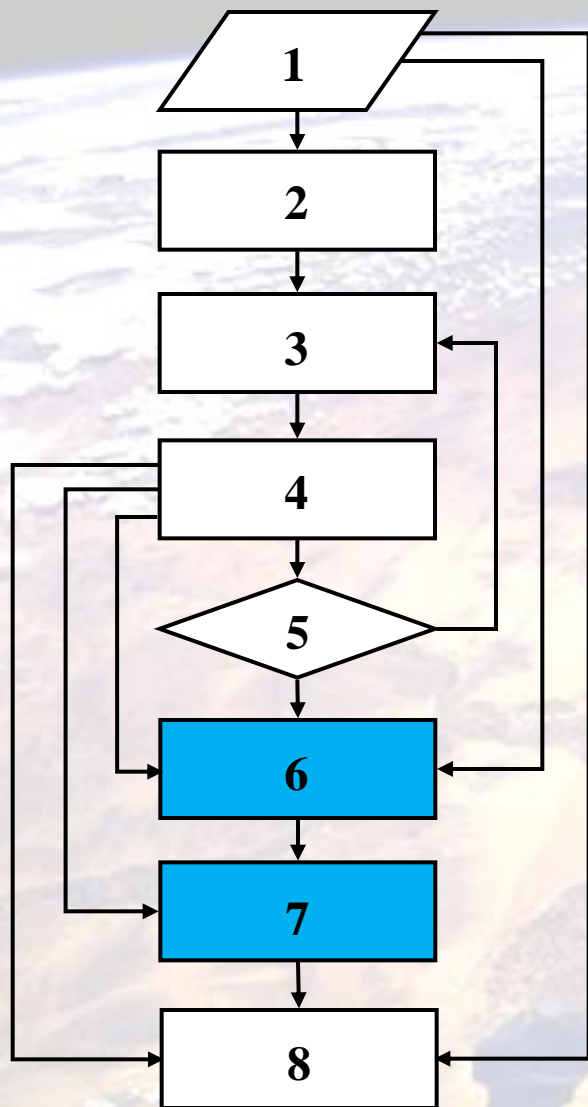
**Технологические
факторы**



ВРЕМЕННЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ

Рис. 3. Процесс дешифрирования

МЕТОДИКА ВИЗУАЛИЗАЦИИ МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ/ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫХ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ



1. Многоспектральный / гиперспектральный аэрокосмический снимок.

2. Анализ и отбор спектральных изображений.

3. Билатеральная фильтрация отобранных спектральных изображений.

4. Ресэмплинг отфильтрованных спектральных изображений.

5. Оценивание качества изображений после ресэмплинга.

6. Улучшение пространственного качества спектральных изображений.

7. Формирование “карты внимания”.

8. Отображение результата.

Рис. 4. Структурная схема методики

МЕТОДИКА ВИЗУАЛИЗАЦИИ МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ/ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫХ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Ограничения методики

1. Цифровой многоспектральный / гиперспектральный аэрокосмический снимок состоит из одного панхроматического изображения и спектрональных изображений количеством N (по количеству каналов сенсора), что формально может быть записано, как:

$$MS = \{ P, B_i; i = 1, 2, \dots, N \}$$

где MS – цифровой многоспектральный / гиперспектральный аэрокосмический снимок;

P – панхроматическое изображение;

B_i – спектрональное изображение, полученное в i -м спектральном канале.

2. Предполагается, что размер панхроматического изображения составляет $L \times M$ пикселей, а размер любого спектронального изображения составляет $X \times Y$, где $X=(L/n)$, $Y=(M/n)$; n, m - целые числа, причем L кратное n , а M кратное m .

МЕТОДИКА ВИЗУАЛИЗАЦИИ МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ/ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫХ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Билатеральная фильтрация отобранных спектральных изображений

$$g^{bf}(x, y) = \frac{1}{C} \cdot \sum_{a=1}^T \sum_{b=1}^T g(x-a, y-b) \cdot s(a, b) \cdot r(a, b), \quad (1)$$

где $g(x, y)$, $g^{bf}(x, y)$ – значение яркости пикселя в окне билатерального фильтра T до и после применения фильтра;

x, y – координаты пикселя;

a, b – текущие координаты пикселя в середине окна T ;

C – константа нормализации;

Ядро пространственной коррекции

$$s(a, b) = e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{|a-b|}{\delta_s} \right)^2},$$

$$\delta_s < 0,5T, \quad \delta_s \geq \delta_r,$$

Ядро радиометрической коррекции

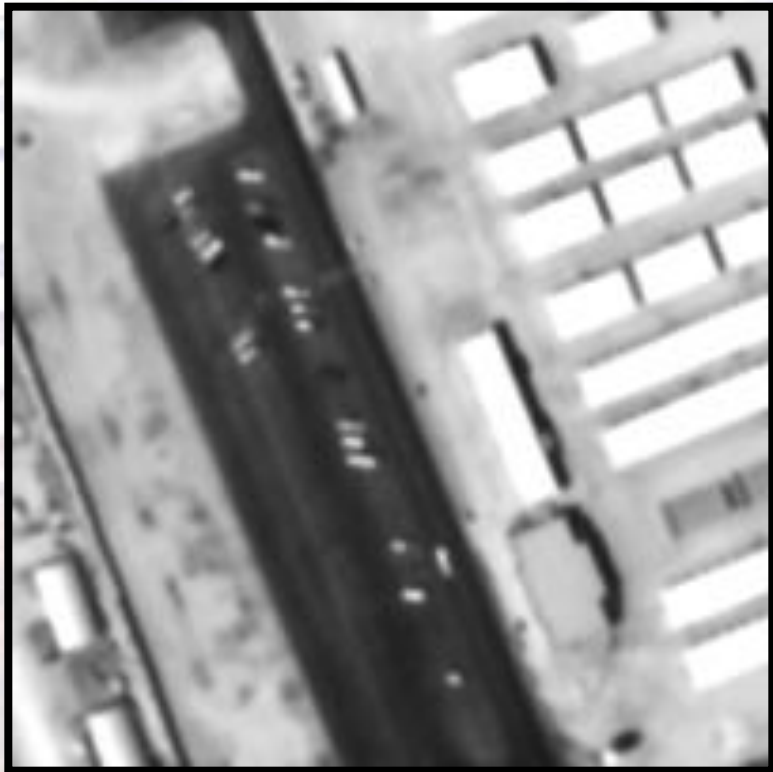
$$r(a, b) = e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{|g(x-a, y-b) - g(x, y)|}{\delta_r} \right)^2},$$

$$\delta_r = 0,02 \cdot (g_{max} - g_{min}),$$

где g_{max} , g_{min} – максимальное минимальное значения яркости пикселя на изображении.

РЕЗУЛЬТАТ БИЛАТЕРАЛЬНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

*Исходное спектрональное
изображение*



*Обработанное спектрональное
изображение*

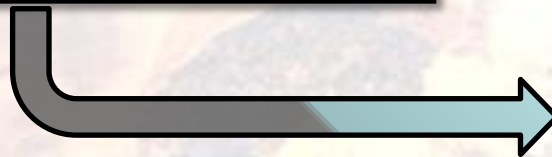
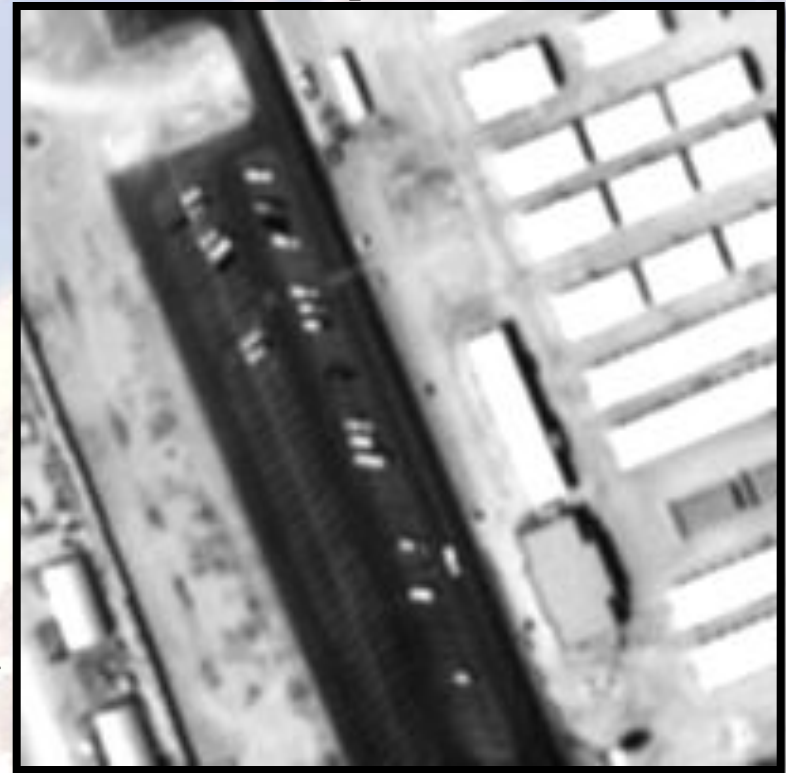


Рис. 5. Билатеральная фильтрация

МЕТОДИКА ВИЗУАЛИЗАЦИИ МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ/ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫХ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Ресэмплинг отфильтрованных спектральных изображений

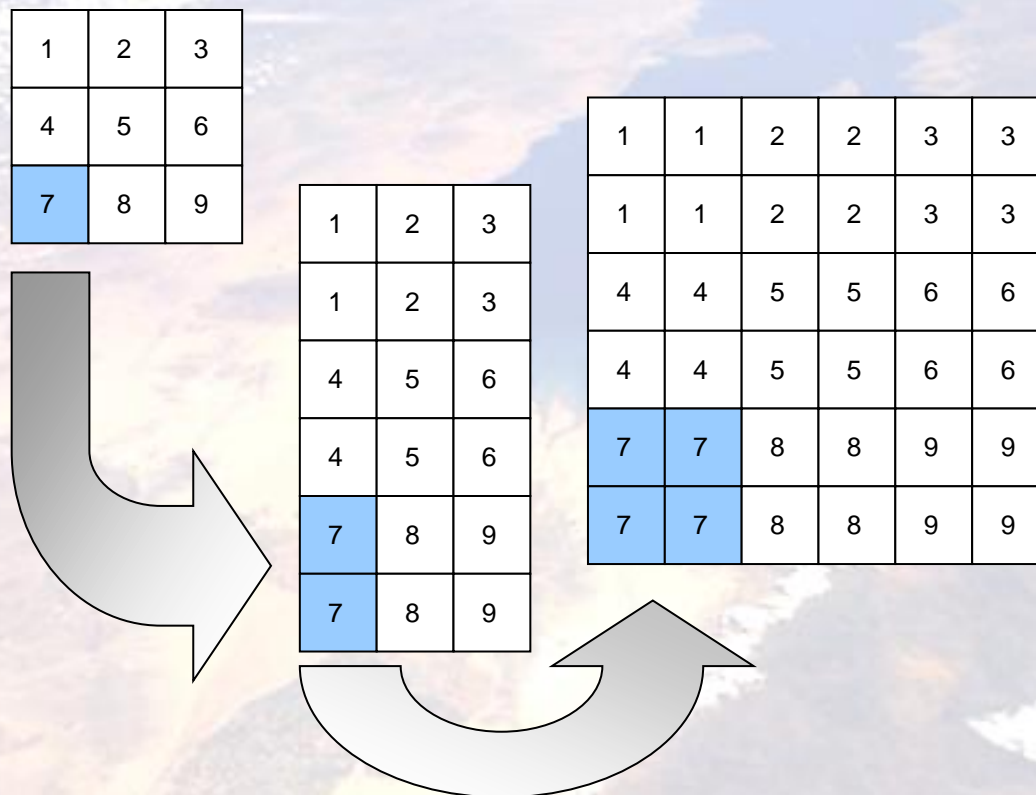


Рис. 6. Изменение пиксельного размера изображения методом “ближайшего соседа”

МЕТОДИКА ВИЗУАЛИЗАЦИИ МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ/ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫХ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Оценивание качества изображений после ресэмплинга

$$UIQI = \left(\frac{\sigma_{fg}}{\sigma_f \sigma_g} \right) \left(\frac{2\bar{f}\bar{g}}{\bar{f}^2 + \bar{g}^2} \right) \left(\frac{2\sigma_f \sigma_g}{\sigma_f^2 + \sigma_g^2} \right), \quad (3)$$

де

$$\bar{f} = \frac{1}{XY} \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y f_{i,j}, \quad \bar{g} = \frac{1}{XY} \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y g_{i,j},$$

$$\sigma_f^2 = \frac{1}{(X-1)(Y-1)} \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y (f_{i,j} - \bar{f})^2, \quad \sigma_g^2 = \frac{1}{(X-1)(Y-1)} \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y (g_{i,j} - \bar{g})^2,$$

$$\sigma_{fg} = \frac{1}{(X-1)(Y-1)} \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y (f_{i,j} - \bar{f})^2 (g_{i,j} - \bar{g})^2,$$

де X, Y – размеры изображения в пикселях;
 f – эталонное изображение;
 g – изображение, которое оценивают;
 $f_{i,j}, g_{i,j}$ – значения яркости пикселей.

УЛУЧШЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО КАЧЕСТВА СПЕКТРОЗОНАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ



Рис. 7. Структурная схема этапа улучшения пространственного качества

УЛУЧШЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО КАЧЕСТВА СПЕКТРОЗОНАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

$$\tilde{g}_j = g_j^{bf} - \gamma_j \cdot \left(P - \frac{1}{N^{\bullet} - 1} \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^{N^{\bullet}} g_k^{bf} \right), \quad (4)$$

где \tilde{g}_j – j -е улучшенное изображение;
 γ_j – весовой коэффициент, $0 < \gamma_j \leq 1$

Вычисление весовых коэффициентов

$$\gamma_j = \frac{\text{cov}(P, g_j^{bf})}{\text{var}(g_j^{bf})}, \quad (5)$$

УЛУЧШЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО КАЧЕСТВА СПЕКТРОЗОНАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Входное спектрональное изображение



Обработанное спектрональное изображение

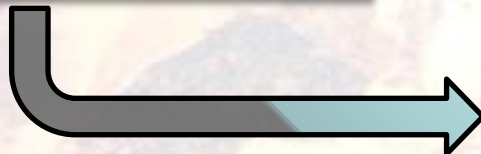


Рис. 8. Результат этапа улучшения пространственного качества

ФОРМИРОВАНИЕ “КАРТЫ ВНИМАНИЯ”



Рис. 9. Структурная схема этапа формирования “карты внимания” 14

ФОРМИРОВАНИЕ “КАРТЫ ВНИМАНИЯ”

Вычисление нормированных изображений основных цветов

$$R = r - \frac{(g + b)}{2}, \quad G = g - \frac{(r + b)}{2}, \quad B = b - \frac{(r + g)}{2},$$
$$Y = \frac{(r + g)}{2} - \frac{|r - g|}{2} - b,$$

(6)

Вычисление изображения по признаку яркости

$$I = \frac{1}{3} \cdot (r + g + b),$$

(7)

где r, g, b – спектрональные изображения по длине волны, которые соответствуют красному, зеленому и синему цветам.

ФОРМИРОВАНИЕ “КАРТЫ ВНИМАНИЯ”

Вычисление изображений для признака ориентации

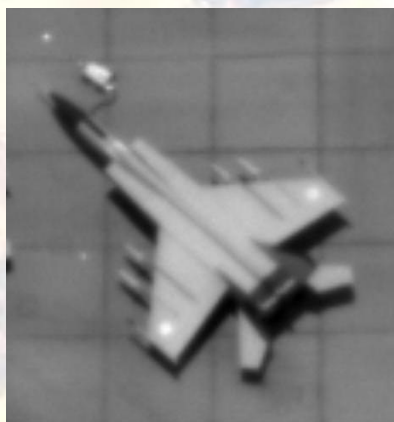
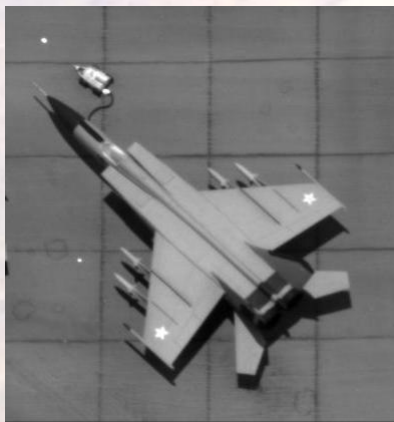
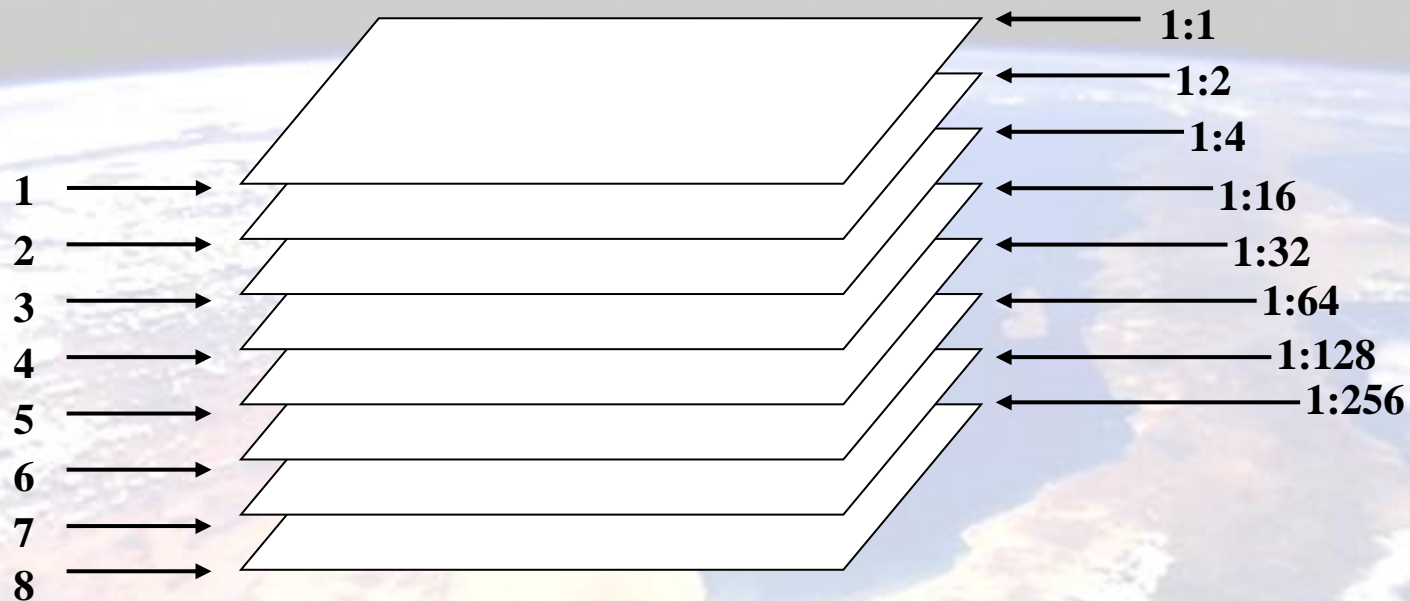
$$O = I \cdot h(x, y), \quad (8)$$

$$h(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi \cdot \sigma^2}} \cdot e^{-\left(\frac{x'^2 + y'^2}{2\pi \cdot \sigma}\right)} \cdot \cos(2\pi \cdot f_0 x' + \varphi), \quad (9)$$

$$x' = x \cdot \cos(\theta) + y \cdot \sin(\theta), \quad y' = -x \cdot \sin(\theta) + y \cdot \cos(\theta), \quad (10)$$

где x, y – координаты пикселя при анализе изображения в базовом направлении;
 f_0 – частота функции преобразования Габора;
 φ – фаза функции преобразования Габора;
 θ – угол поворота.

ФОРМИРОВАНИЕ “КАРТЫ ВНИМАНИЯ”



Изображение масштаба 1:1

Изображение масштаба 1:4

Изображение масштаба 1:32

Рис. 10. Формирование пирамиды Гаусса

ФОРМИРОВАНИЕ “КАРТЫ ВНИМАНИЯ”

Операция кросмасштабной разницы

$$RG(c, s) = |(R(c) - G(c)) \ominus (G(s) - R(s))|, \quad (11)$$

$$BY(c, s) = |(B(c) - Y(c)) \ominus (Y(s) - B(s))|, \quad (12)$$

$$I(c, s) = |I(c) \ominus I(s)|, \quad (13)$$

$$O(c, s) = |O(c) \ominus O(s)|, \quad (14)$$

где \ominus - оператор кросмасштабной разницы.

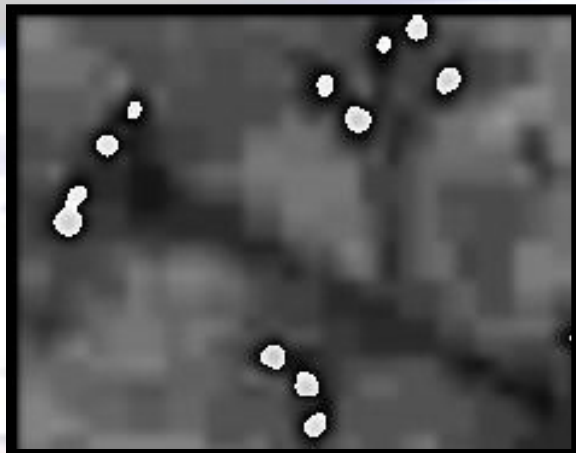
Правило выбора масштабов для кросмасштабной разницы

$$s = c + \sigma, \quad c \in \{2, 3, 4\}, \quad \sigma \in \{3, 4\}. \quad (15)$$

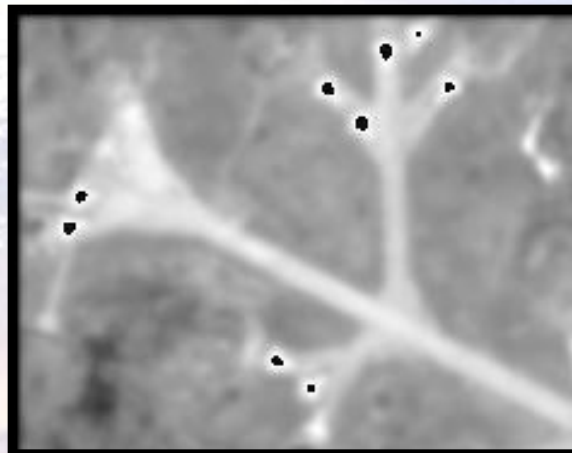
| | | | | | | |
|-----|---|---|---|---|---|---|
| c | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| s | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 |

ФОРМИРОВАНИЕ “КАРТЫ ВНИМАНИЯ”

\bar{C}



\bar{I}



\bar{O}

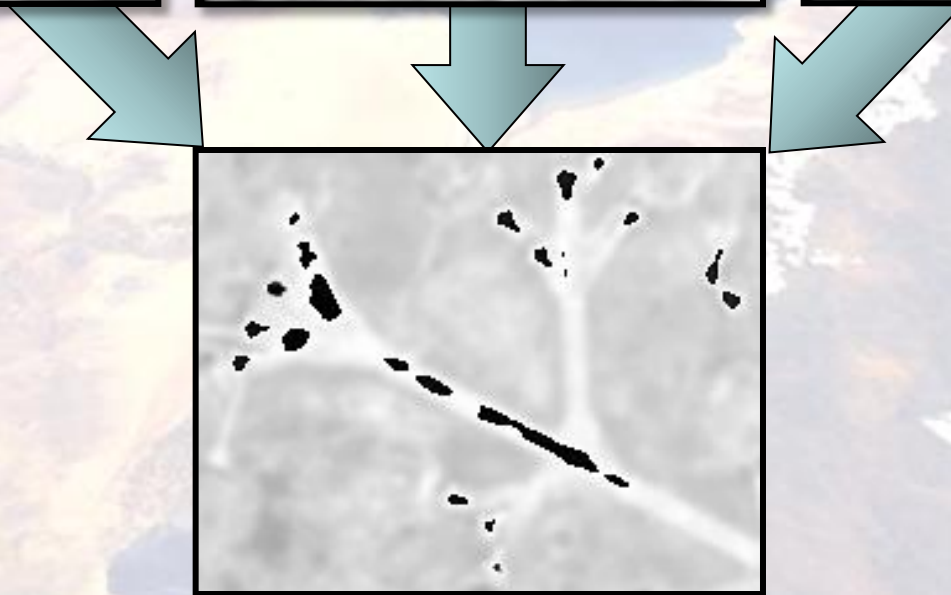
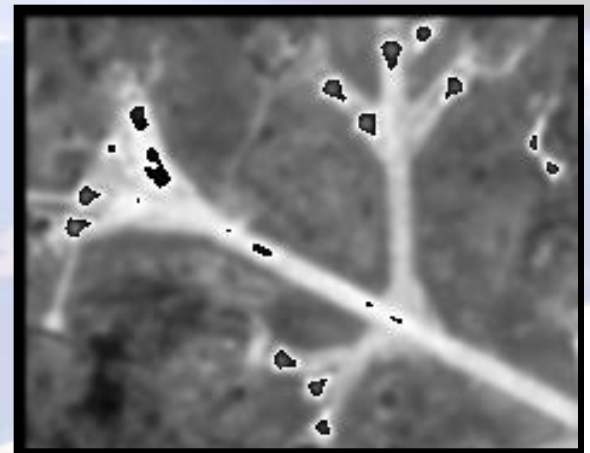
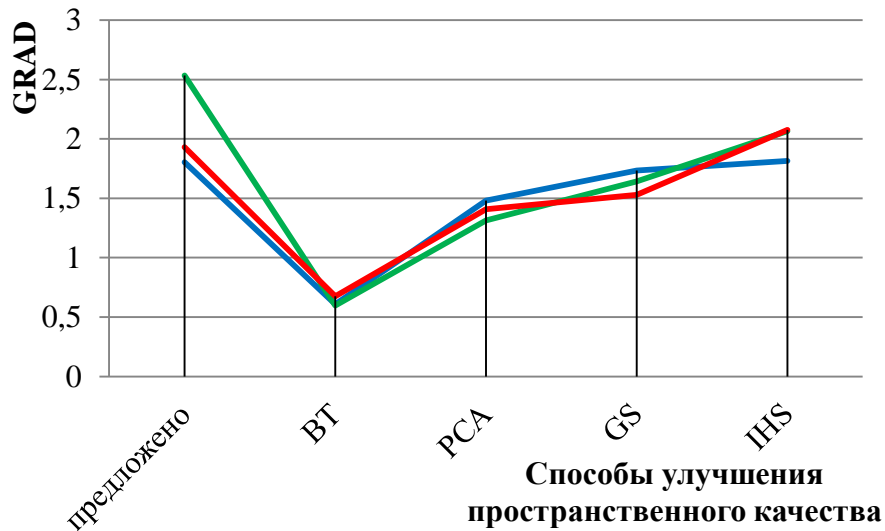
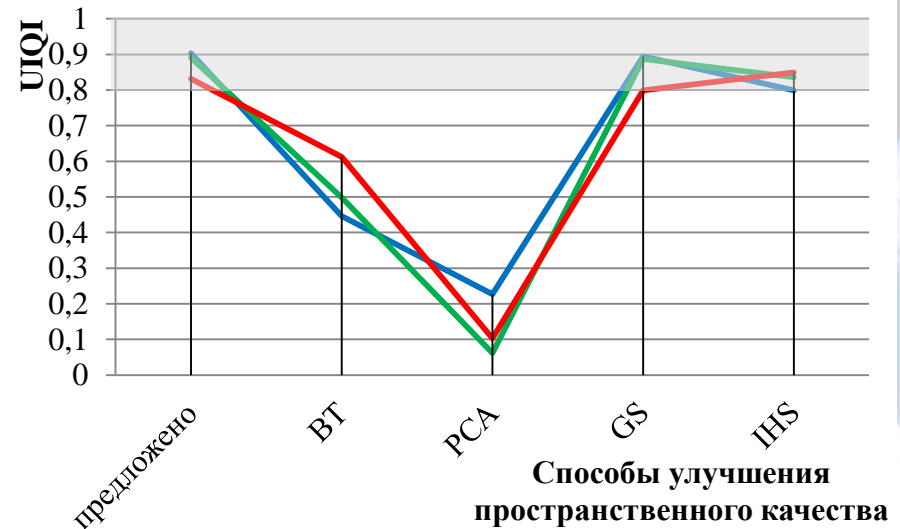
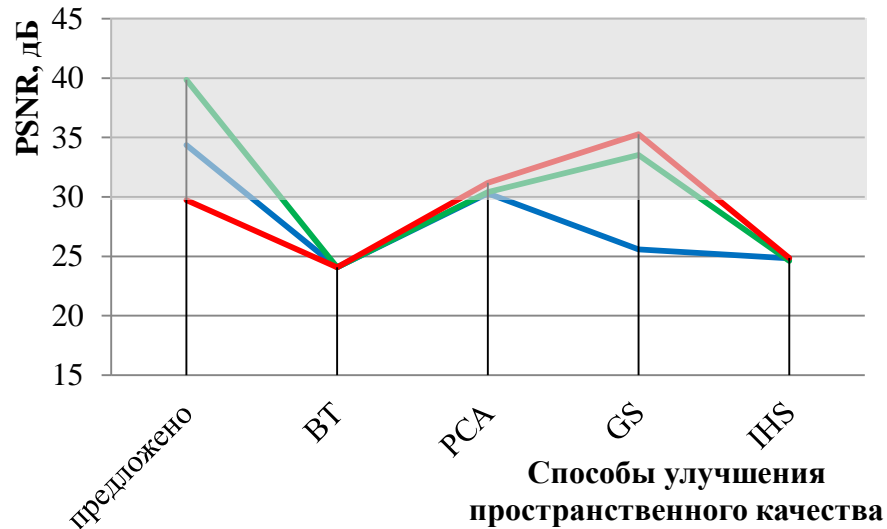


Рис. 11. Формирование “карты внимания”

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ



— Канал №1 — Канал №2 — Канал №3

PSRN (Peak Signal Noise Ratio) -

пиковое соотношение сигнал-шум.

UIQI (Universal Image Quality Index) -

универсальный индекс качества изображения.

GRAD – усреднённый модуль градиента изображения.

Рис. 12. Значения оценок полученных в ходе эксперимента

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

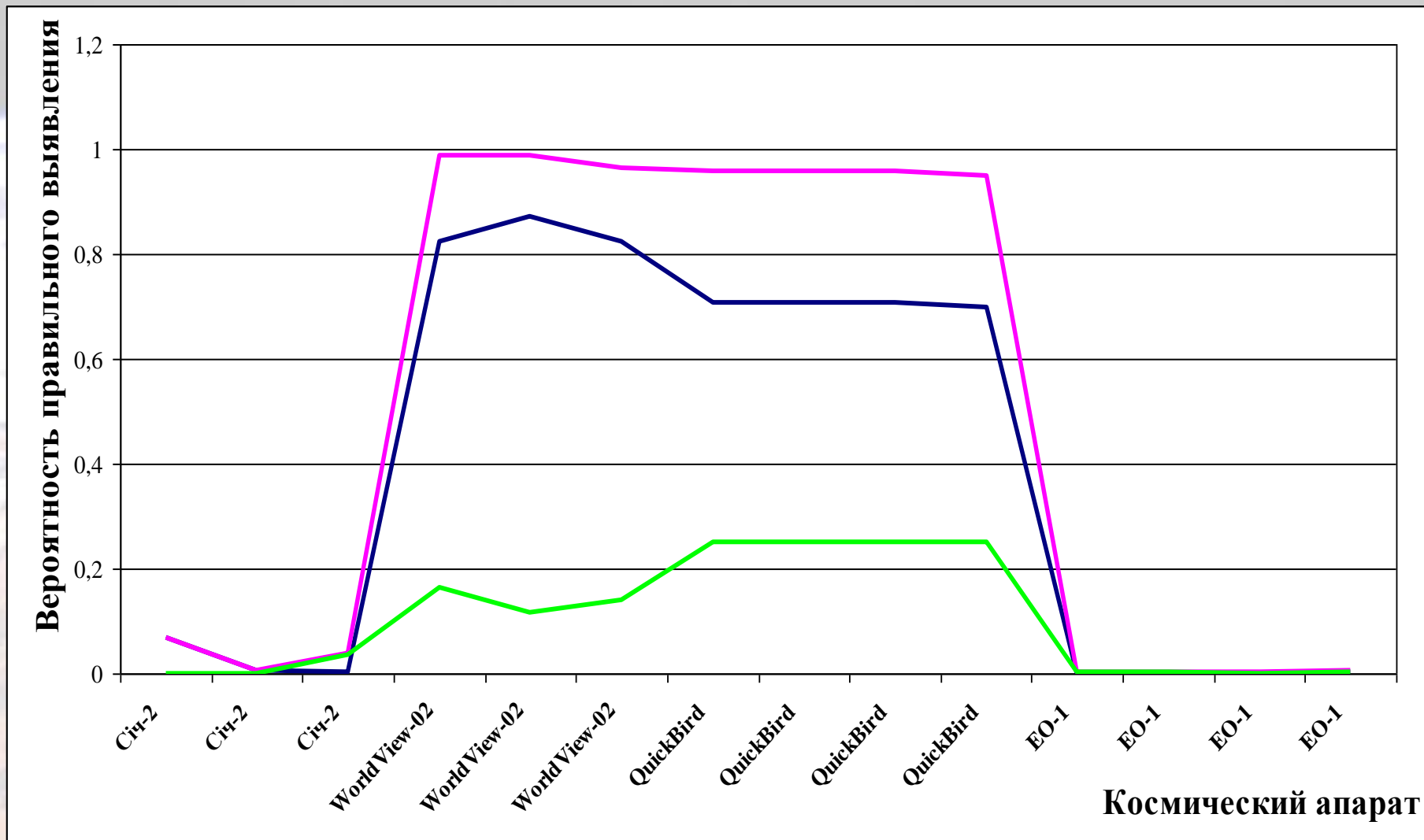


Рис. 13. Результаты вычисления вероятности правильного выявления

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

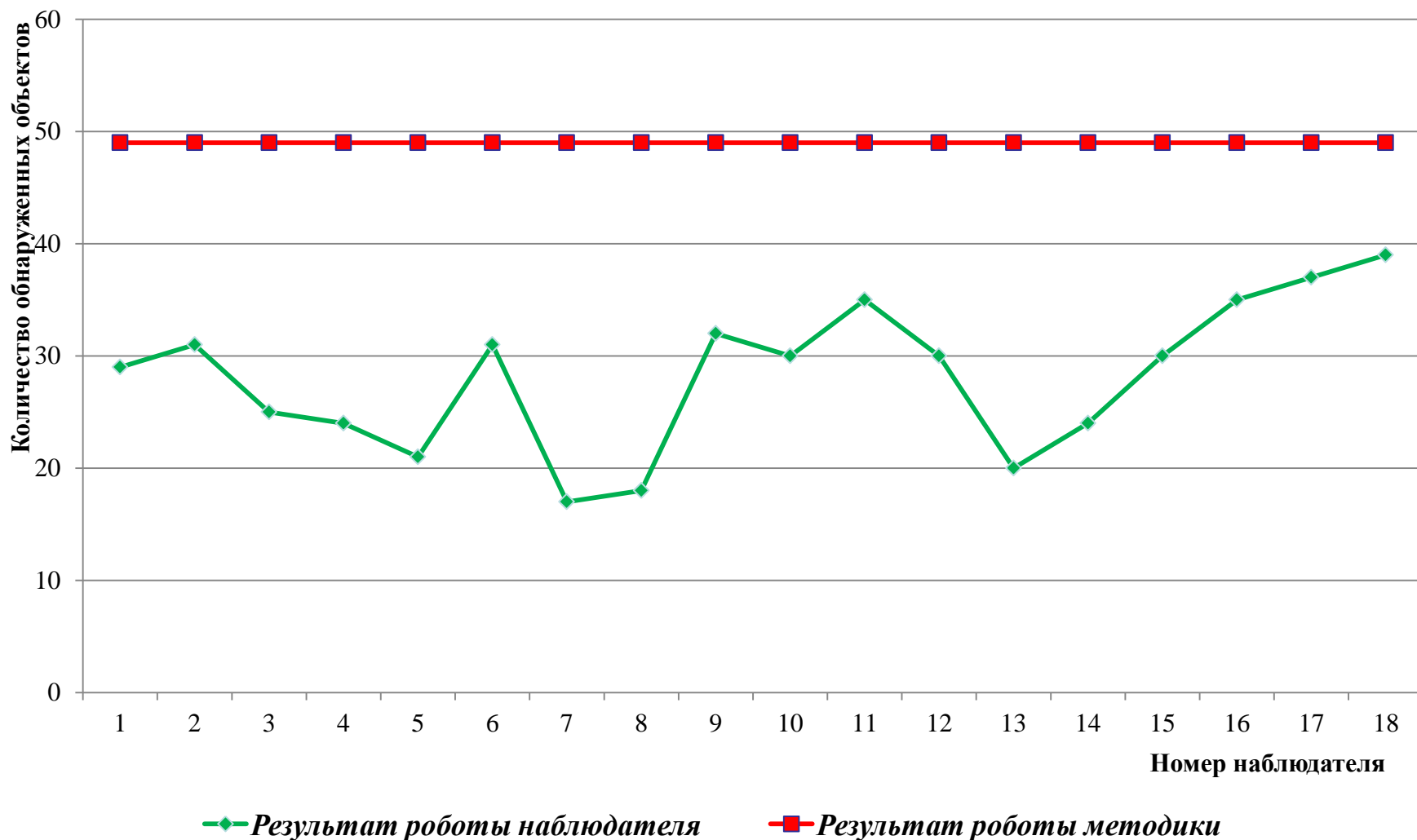


Рис. 14. Результаты сравнения работы наблюдателя и методики

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА

Наблюдатель



Методика

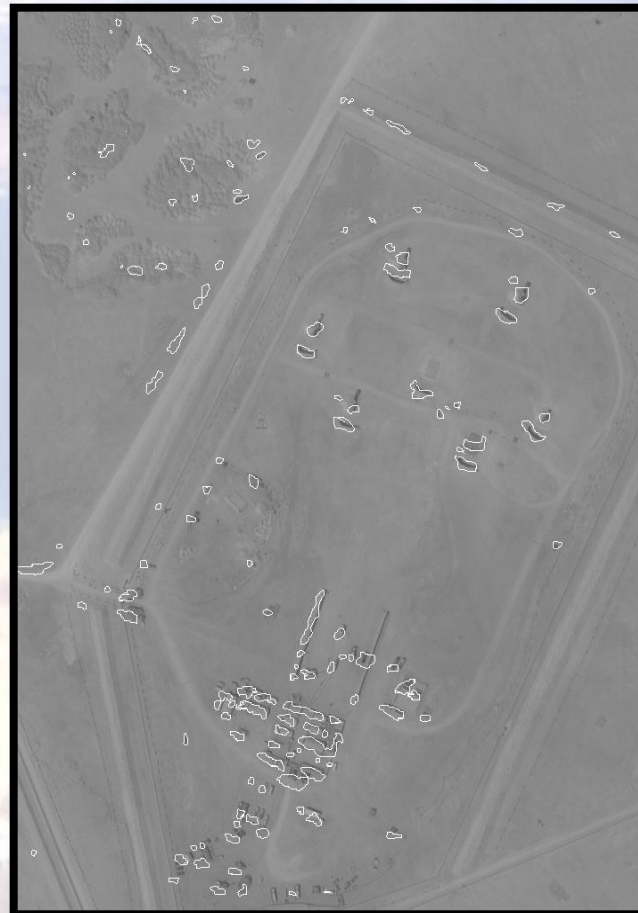


Рис. 14. Результат работы наблюдателя и методики

ПАТЕНТЫ:



The background features a deep space scene. In the lower-left, the blue and white horizon of Earth is visible, with a large white satellite dish antenna in orbit. The rest of the background is a dark field of stars and a vibrant blue and purple nebula. A white crosshair is centered on the image.

**СПАСИБО
ЗА
ВНИМАНИЕ !!!**