

# Алгоритм анализа и принятия решения в задаче селекции объектов на изображениях наземных сцен

Ю.Б. Блохинов, В.В. Гнилицкий,  
В. В. Инсаров, А.С. Чернявский

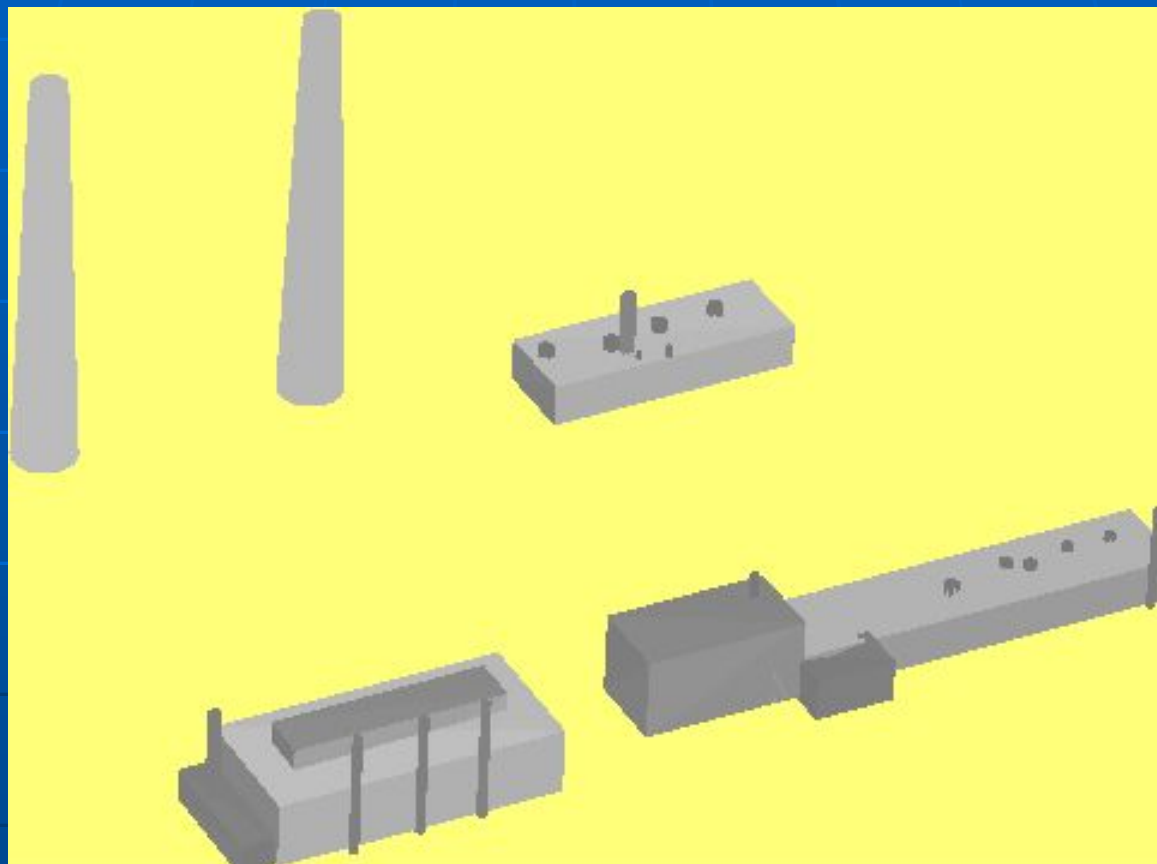
ФГУП «ГосНИИАС», Москва



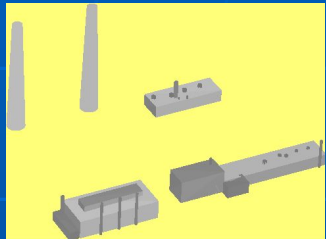
# Постановка задачи

- Существуют 3D модели ряда наземных объектов, формирующих *сцену*
  - Имеется цифровое *текущее изображение* (ТИ), полученное с летательного аппарата
  - Заданы углы обзора и примерная область поиска объектов на изображении
  - Предполагаем, что объект полностью находится в кадре
- 
- Требуется определить местонахождение искомого объекта на ТИ
  - При этом не использовать информацию о текстуре

# Модель

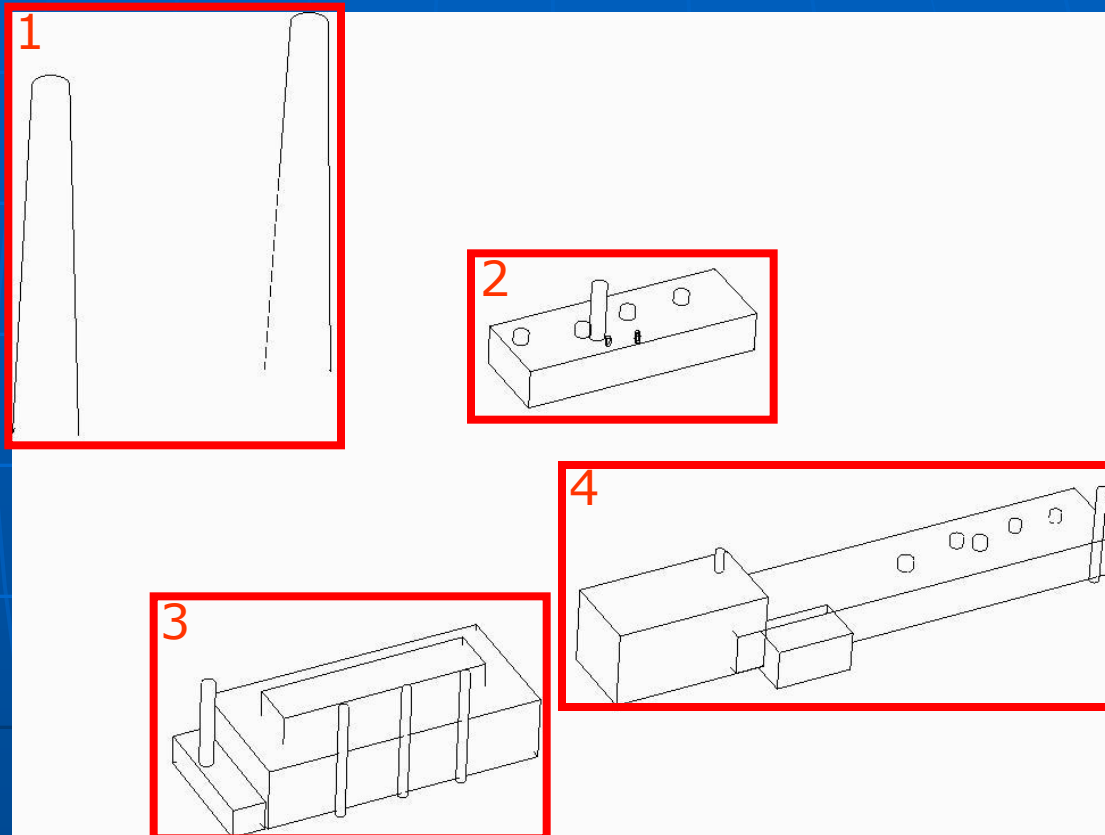
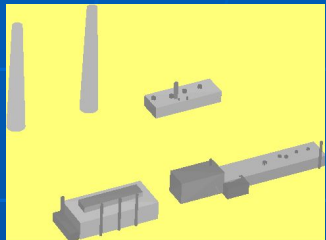


# ТИ



По имеющейся информации о точке съемки генерируется конкретный вид эталона объекта

# Контурные эталоны объектов



Для каждого контурного эталона (КЭ) строится функция сходства с ТИ

# Предобработка ТИ

# Предобработка I

- Нормально распределенный шум

$$\tilde{I}(x, y) = \max(0, \min(I(x, y) + N(0, \sigma), 255))$$

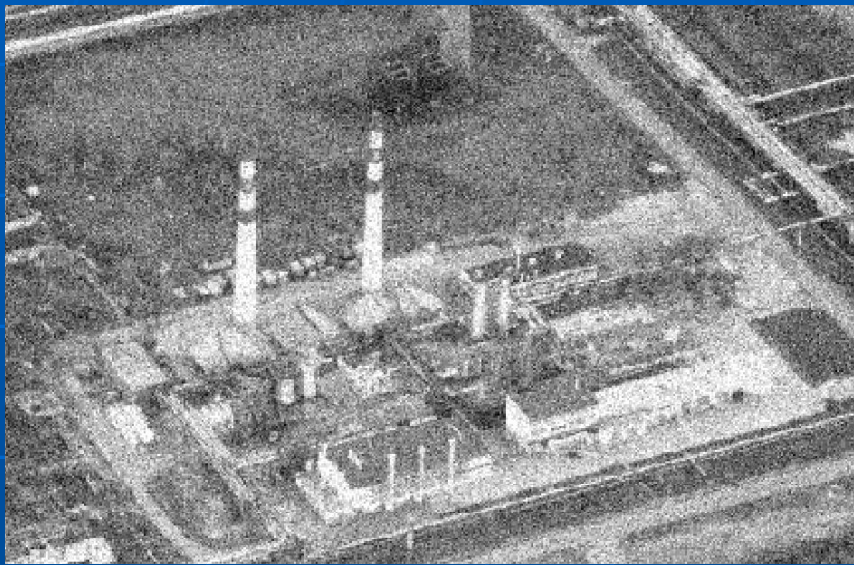
- Устраняется двусторонним фильтром

$$I_f(x_0, y_0) = \frac{1}{W} \sum_{(x, y) \in S} G_{\sigma_S} \left( \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} \right) G_{\sigma_I} (|I(x_0, y_0) - I(x, y)|) I(x, y)$$

$$G_{\sigma_S} = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_S}} e^{-\frac{(x-x_0)^2+(y-y_0)^2}{2\sigma_S^2}} \quad G_{\sigma_I} = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_I}} e^{-\frac{|I(x_0, y_0) - I(x, y)|^2}{2\sigma_I^2}}$$

- В отличие от Гауссиана, сохраняет края

# Нормально-распределенный шум - двусторонний фильтр -



$\sigma = 25$



$\sigma = 50$

до фильтрации



# Нормально-распределенный шум - двусторонний фильтр -



$\sigma = 25$



$\sigma = 50$

после фильтрации

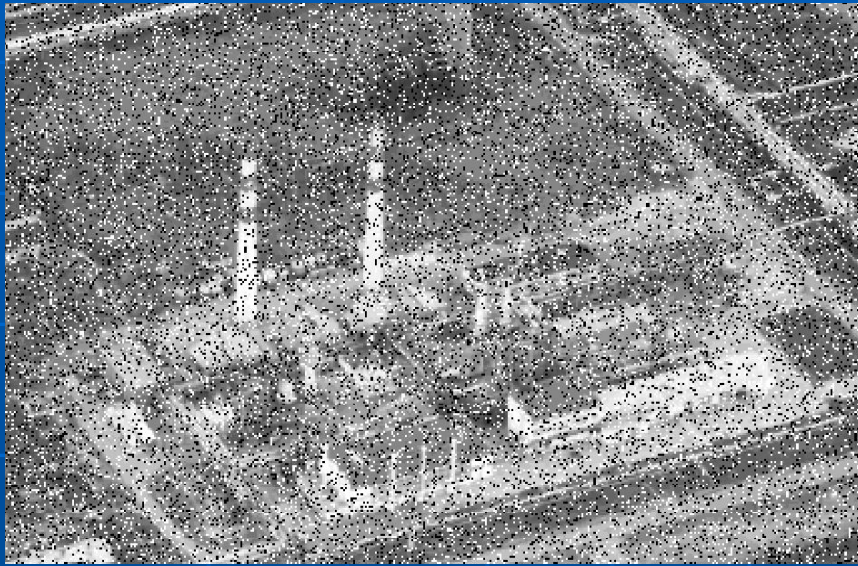
# Предобработка II

- Импульсный шум («соль-перец»)

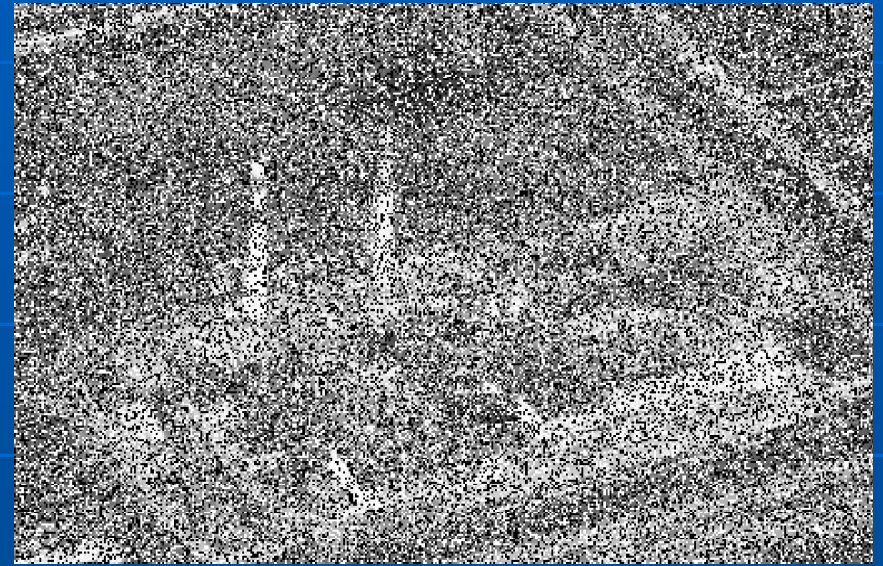
$$\tilde{I}(x, y) = \begin{cases} 0, & p = P_a \\ 255, & p = P_b \\ I(x, y), & p = (1 - P_s) \end{cases} \quad P_s = P_a + P_b \leq 1$$

- Устраняется медианной фильтрацией с адаптивным окном
- Лучше, чем обычная медиана, справляется с большим уровнем шума и меньше искажает форму краев

# Импульсный шум - адаптивная медиана -



$P_s = 0.20$



$P_s = 0.50$

до фильтрации

# Импульсный шум - адаптивная медиана -



$$P_s = 0.20$$

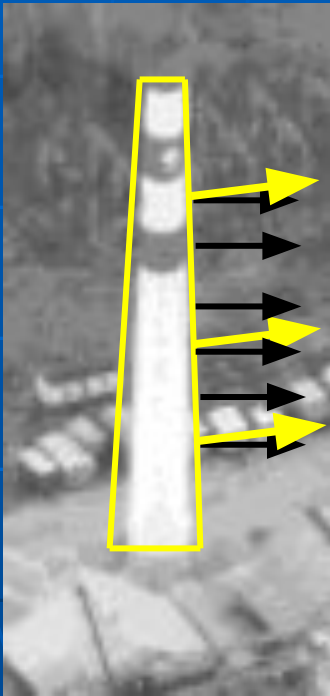


$$P_s = 0.50$$

после фильтрации

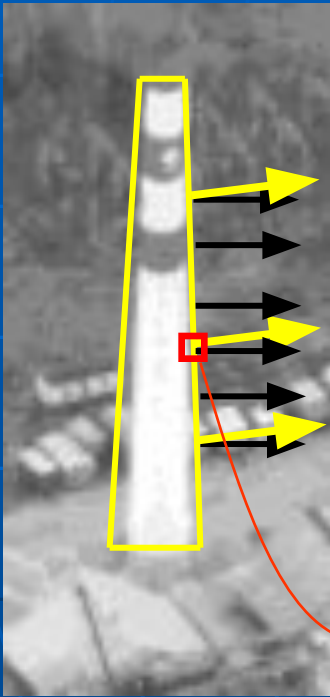
# Поиск объекта

# Функция сходства



- Контурный эталон  $E(i, j)$  размывается Гауссианом
- Находится поле направлений градиентов (нормалей) эталона  $R_I(i, j) = \arctg(|I_y / I_x|)$
- То же проводится для ТИ:  
 $R_E(i, j) = \arctg(|E_y / E_x|)$

# Функция сходства



- Значения углов квантуются в  $M$  ячеек (например,  $M=6$ )

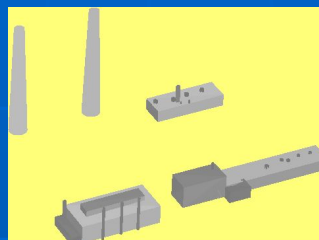
- Сходство между эталоном и ТИ в точке  $(i, j)$ :

$$p(i, j) = \begin{cases} 1, & \text{если } |\text{bin}(R_I(i, j)) - \text{bin}(R_E(i, j))| < T \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

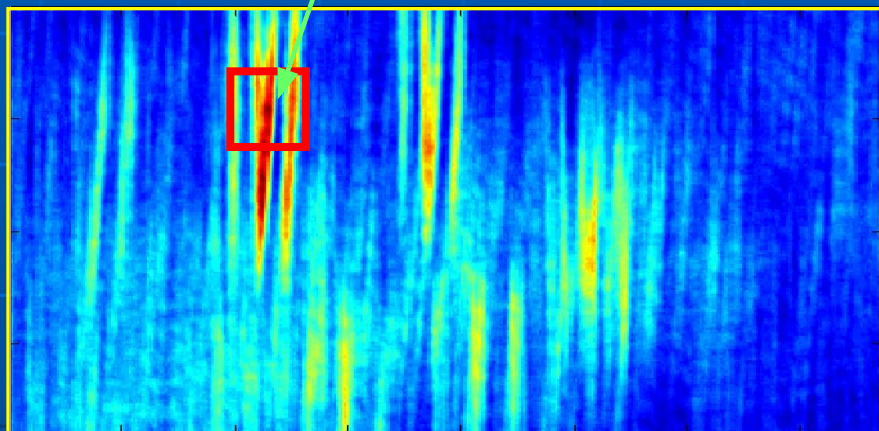
- Итоговая функция сходства

$$D(m, n) = \sum_{\substack{i \in [m, m+H_E] \\ j \in [n, n+W_E]}} p(i, j)$$

Пик функции  
сходства  
объекта №1

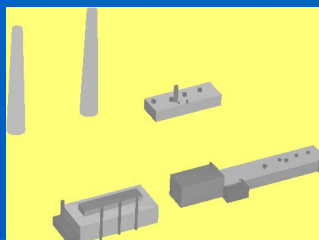


Наиболее  
вероятное  
расположение

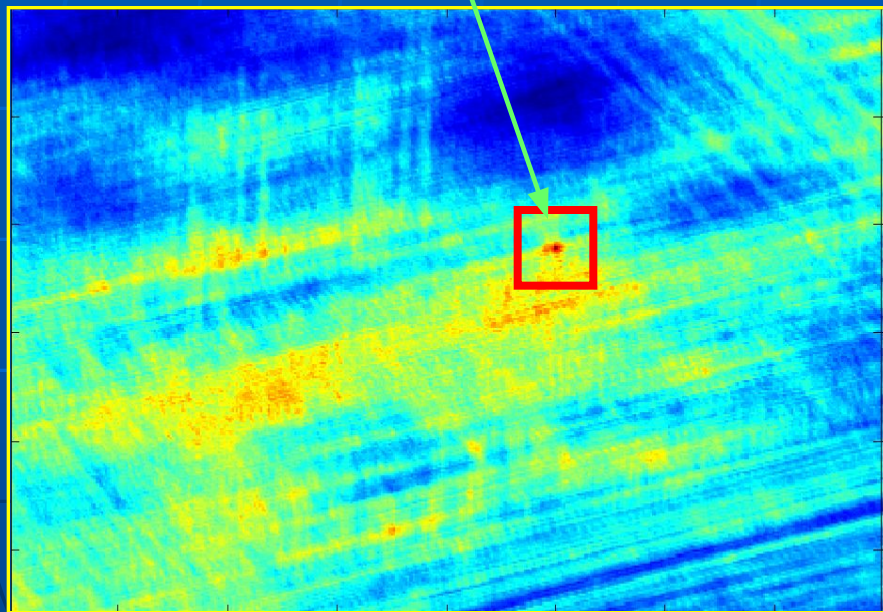




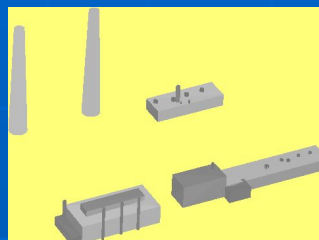
Пик функции  
сходства  
объекта №2



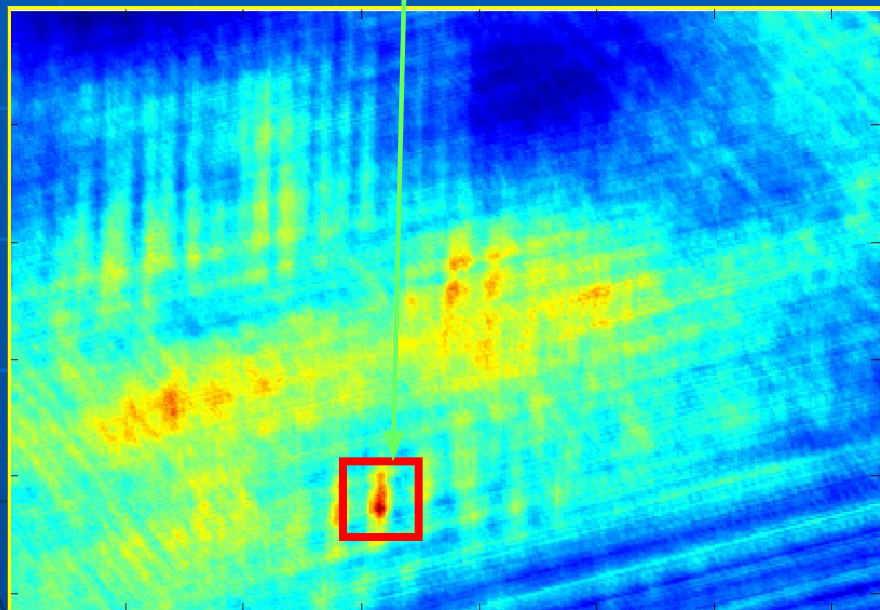
Наиболее  
вероятное  
расположение



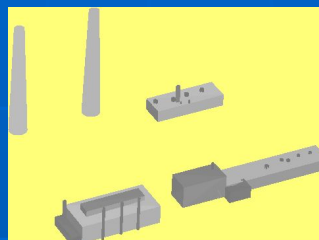
Пик функции  
сходства  
объекта №3



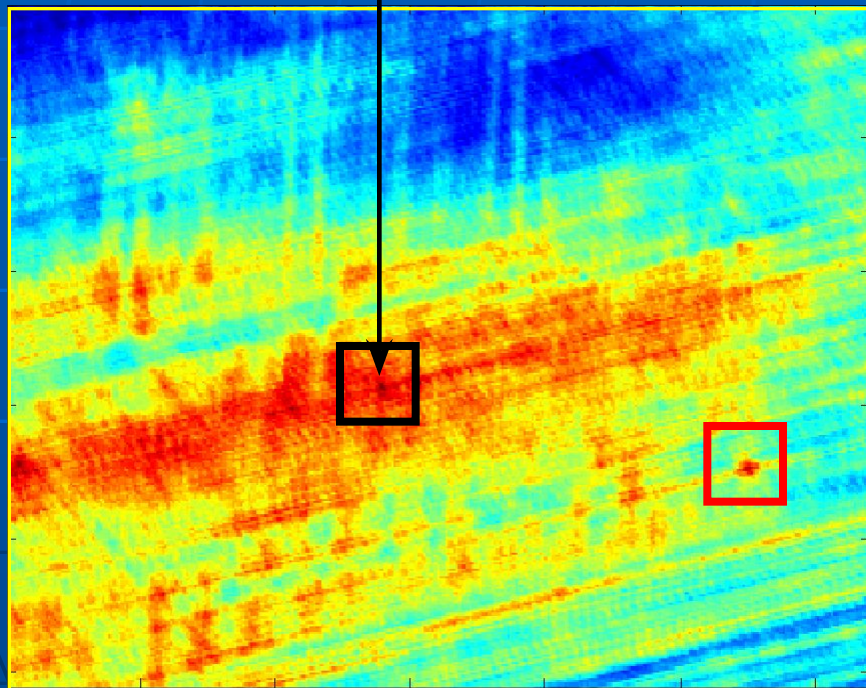
Наиболее  
вероятное  
расположение



Пик функции  
сходства  
объекта №4



Наиболее  
вероятное  
расположение

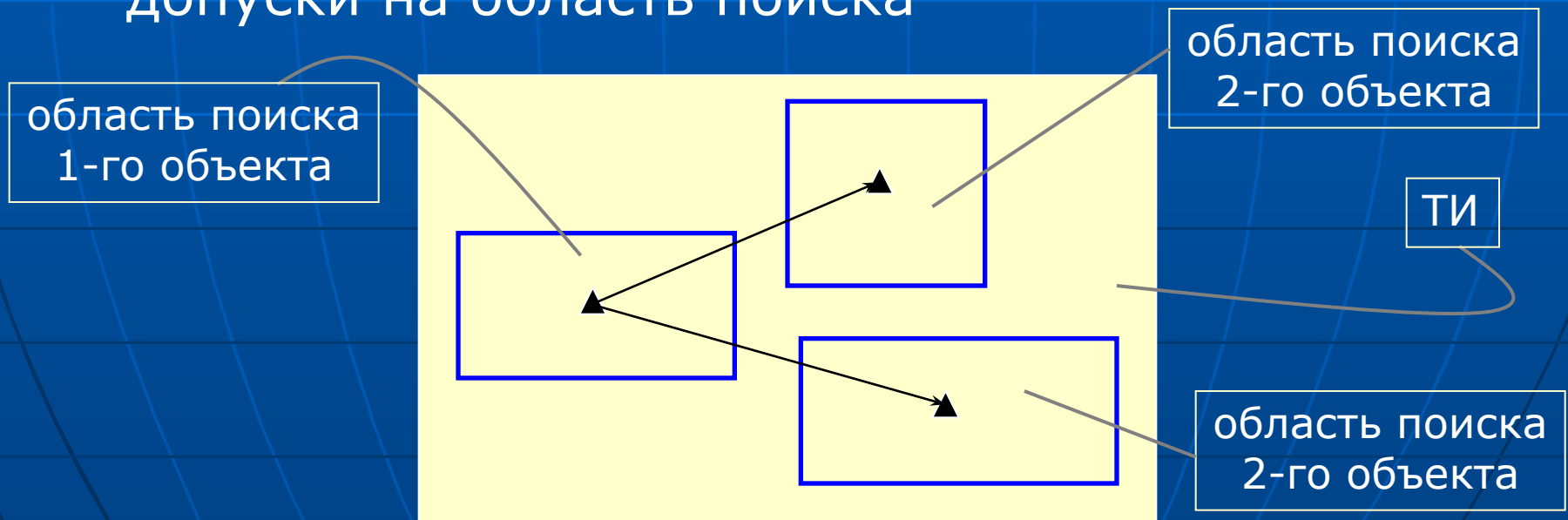


Ложное  
обнаружение

# Сборка сцены

# Сборка сцены

- По ряду причин (шум, загораживание) функция сходства может иметь **ложные максимумы**
- Необходимо учитывать информацию о взаимном расположении объектов, формирующих сцену – это расстояния и допуски на область поиска



# Сборка сцены

- Пусть контурный эталон перенесен в положение  $k$  в системе координат ТИ
- Пусть эталон состоит из  $M$  ненулевых пикселей
- Пусть в данном положении в  $N^+$  случаях из  $M$  направление градиента ТИ и нормали к КЭ совпадает; назовем множество таких точек

$$\Omega = \{(i, j) \mid КЭ_k(i, j) \uparrow\uparrow ТИ(i, j)\}, \quad |\Omega| = N^+, \quad N^+ \in [0, M]$$

- Пусть  $P_{об} = P\{(i, j) \in (\Omega \boxtimes \text{Объект})\}$   $N^+$ - обычная функция сходимости
- $P_{фон} = P\{(i, j) \in (\Omega \boxtimes \neg\text{Объект})\}$

# Сборка сцены

- Процесс вычисления функции сходства между КЭ и ТИ можно рассматривать проведение  $N$  независимых испытаний по схеме Бернулли
- Основная гипотеза - в  $k$ -м положении действительно находится искомый объект
- Альтернативная гипотеза – совпадение направлений вызвано шумом (фоном)
- Отношение правдоподобия двух гипотез:

$$\log l_k = N \left[ \frac{N_k^+}{N} \log \frac{P_{об}}{P_{фон}} + \left( 1 - \frac{N_k^+}{N} \right) \log \left( \frac{1 - P_{об}}{1 - P_{фон}} \right) \right]$$

# Сборка сцены

- На практике используем оценки  $P_{об} = \frac{N_k^+}{N}$  и  $P_{фон} = \frac{N_k^+}{N}$

- Если объектов несколько, то для каждого объекта в каждом пикселе его зоны поиска определяется  $N_k^+$  и  $N_k^+$

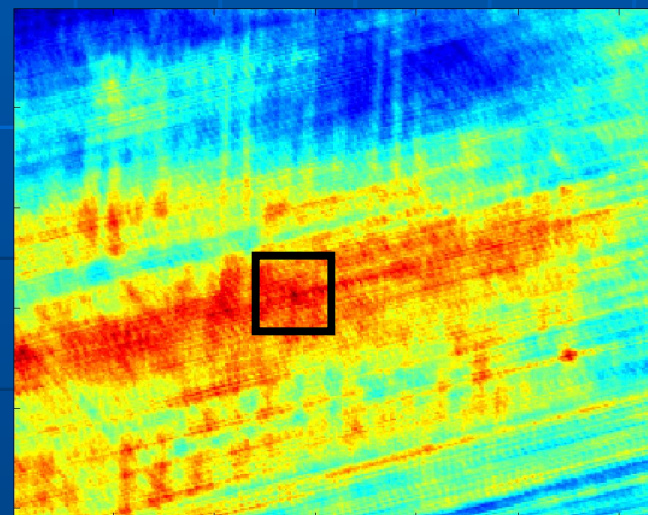
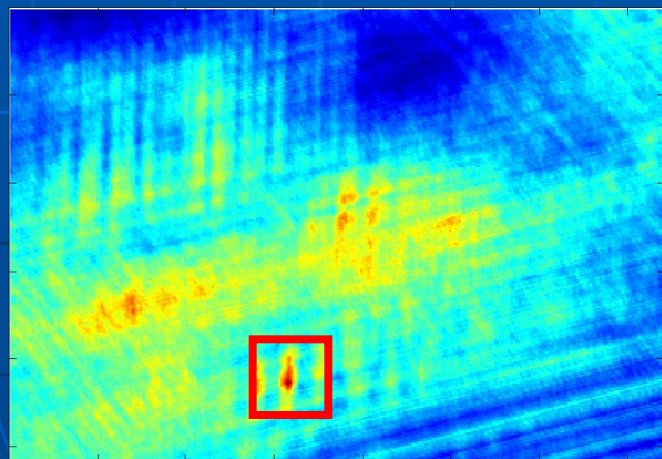
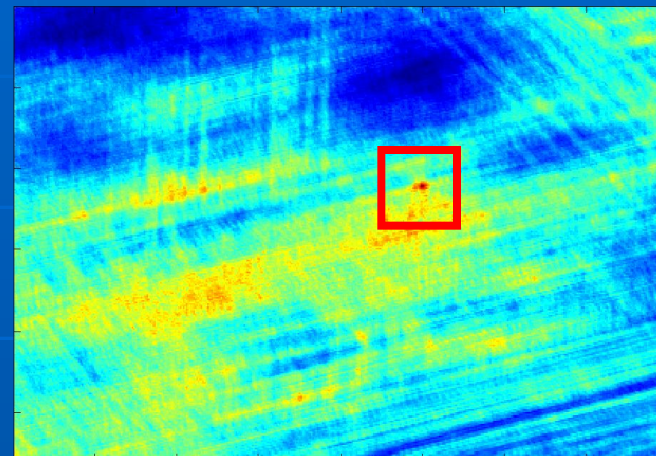
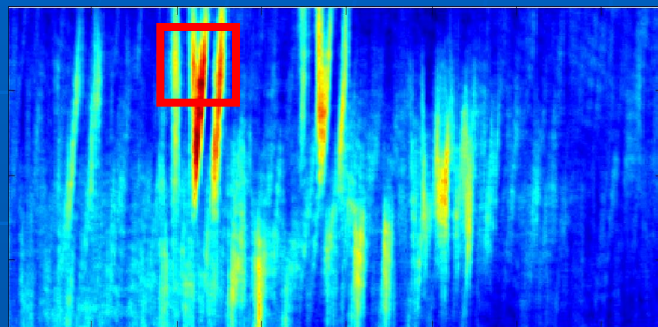
- Формируются оценки  $P_{фон} = \frac{\sum_{i=1}^m N_i^+}{\sum_{i=1}^m N_i}$  и  $P_{об} = \left( N_1^+ + \sum_{i=2}^m \max N_i^+ \right) / \sum_{i=1}^m N_i$

- Итоговая агрегированная функция сходства:

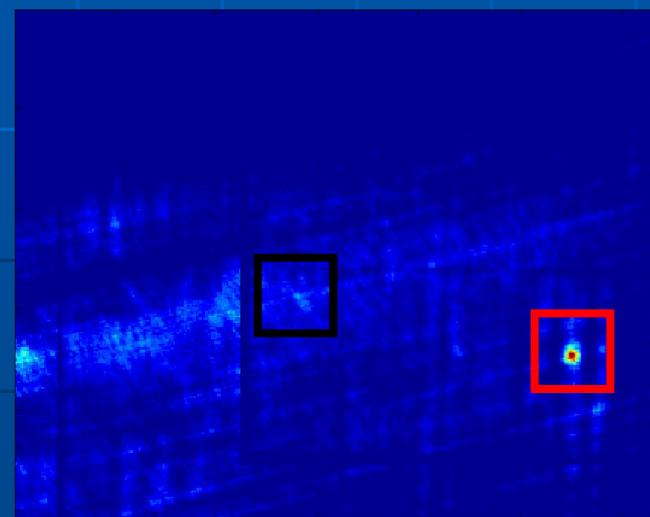
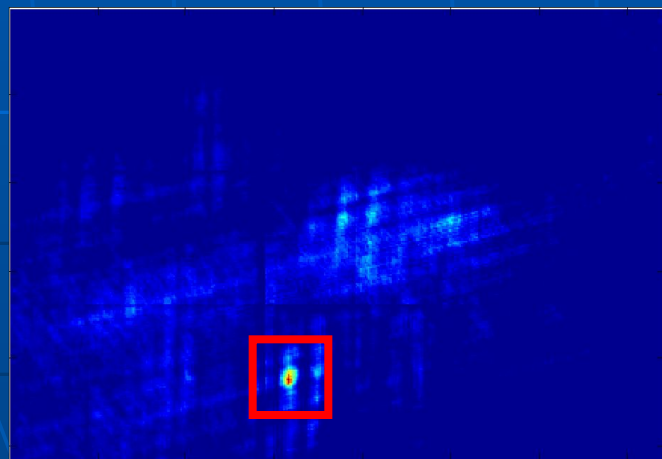
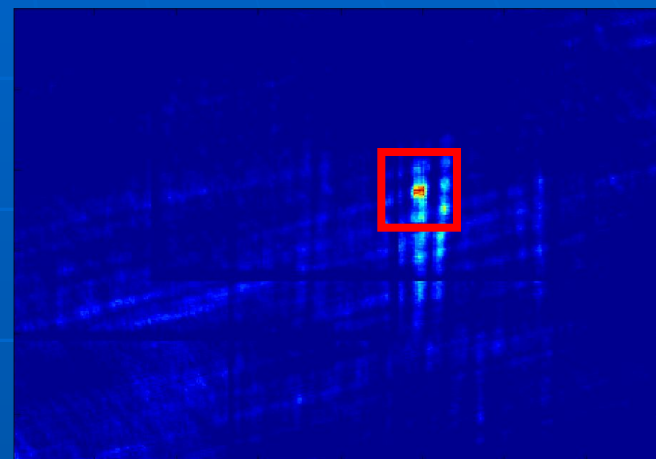
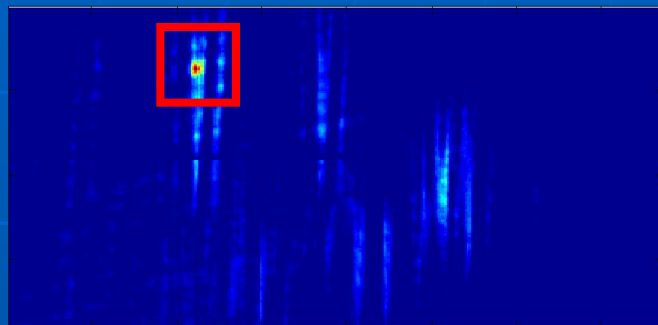
$$\log l_k = \sum_{i=1}^m N_i \cdot \left[ P_{об} \log \frac{P_{об}}{P_{фон}} + (1 - P_{об}) \log \left( \frac{1 - P_{об}}{1 - P_{фон}} \right) \right]$$



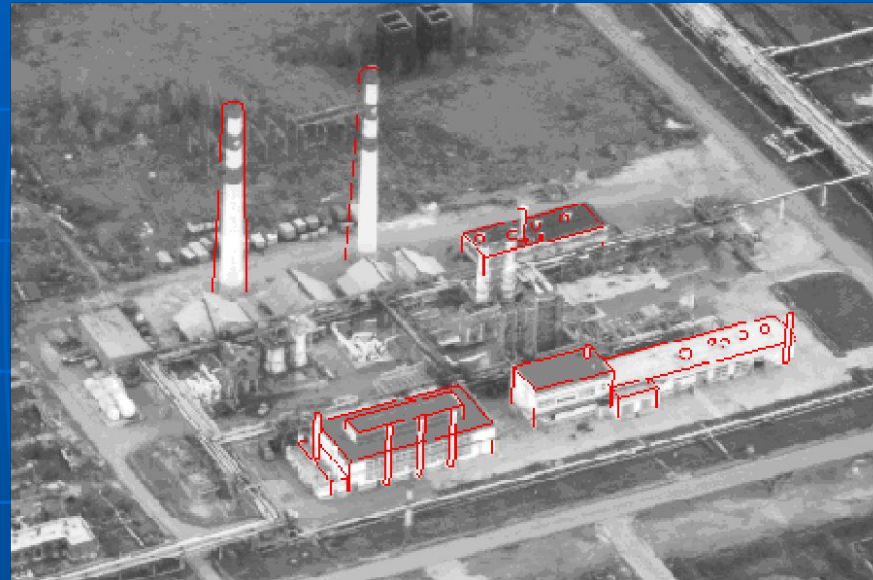
# Функция сходства



Функция сходства после сборки, «голосуют» 4 объекта



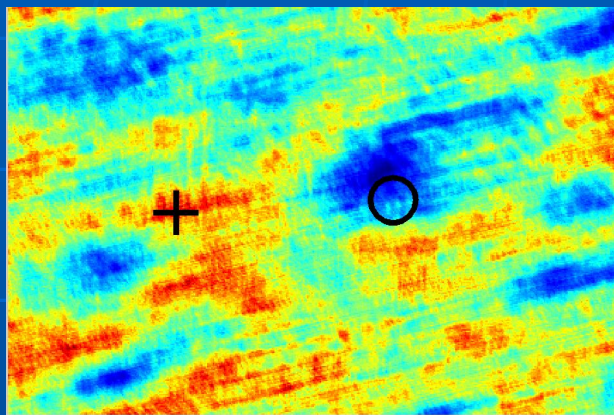
Ложный пик «погашен»



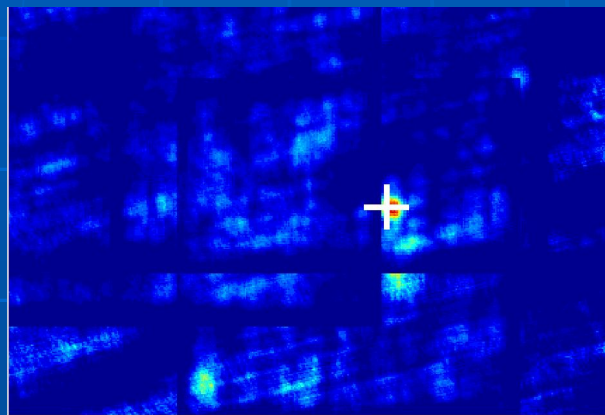
Учет информации о взаимном расстоянии между объектами позволил точно локализовать искомые объекты

# Два примера с загоразиванием искомого объекта

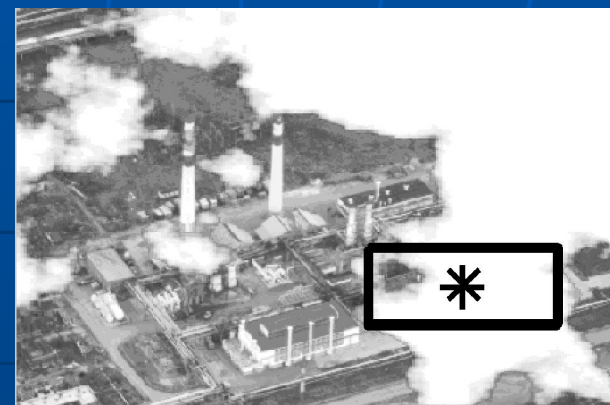
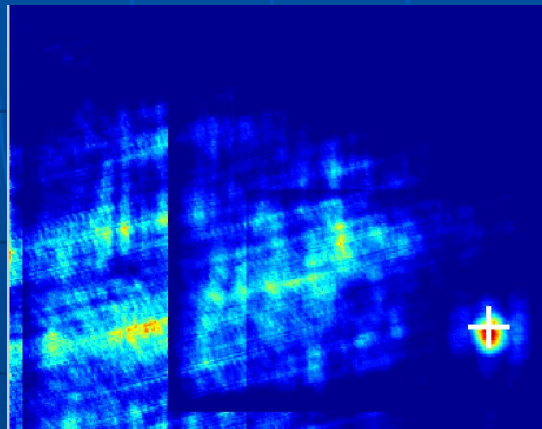
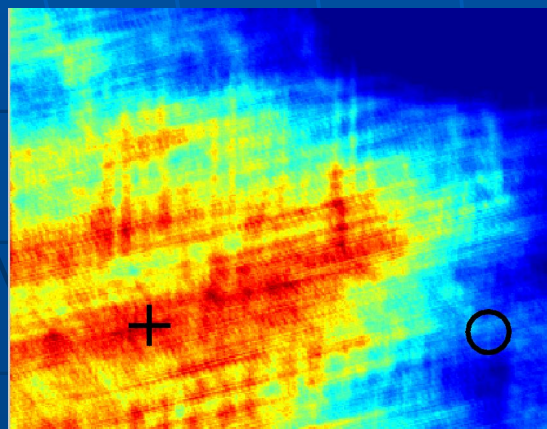
Функция сходства



Сборка



Локализация объекта



# Выводы

- Предложенная функция сходства позволяет обнаружить объект на изображении по его контурному эталону
- Использование информации о взаимном расположении объекта повышает устойчивость алгоритма селекции объектов
- Методы предобработки позволяют существенно снизить влияние шума