

Санкт-Петербургский Государственный Электротехнический Университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)

# Выделение прямолинейных сегментов кромок на радиолокационных изображениях

Студент гр. 6182

Маслов А.Г.

Руководитель

д.т.н., профессор Волков В.Ю.

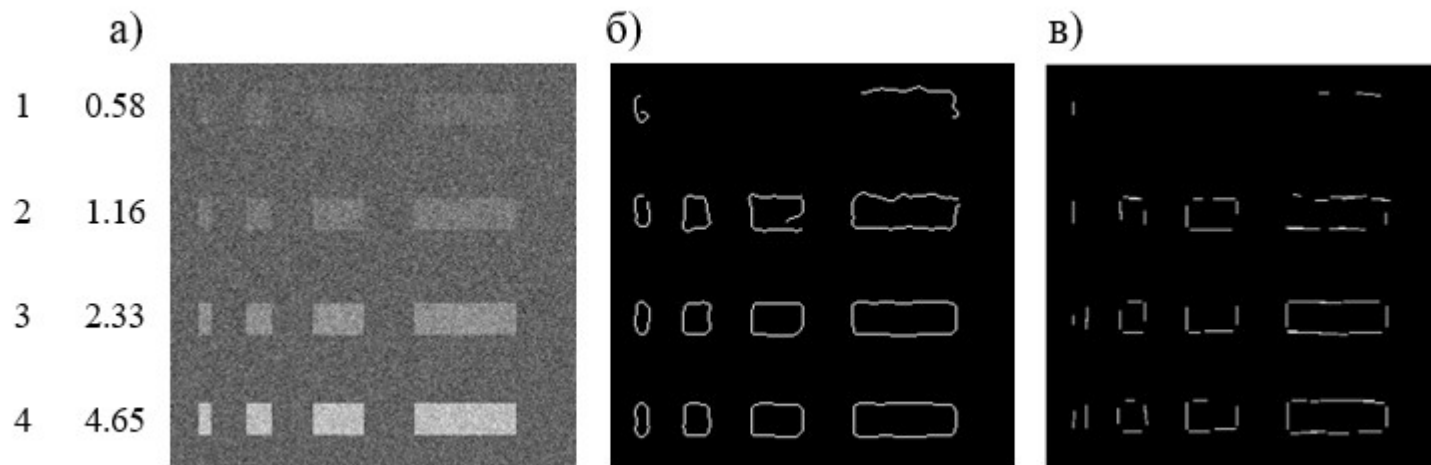
**Цель работы:** Разработка метода выделения прямолинейных сегментов кромок на радиолокационных изображениях.

**Основные задачи:**

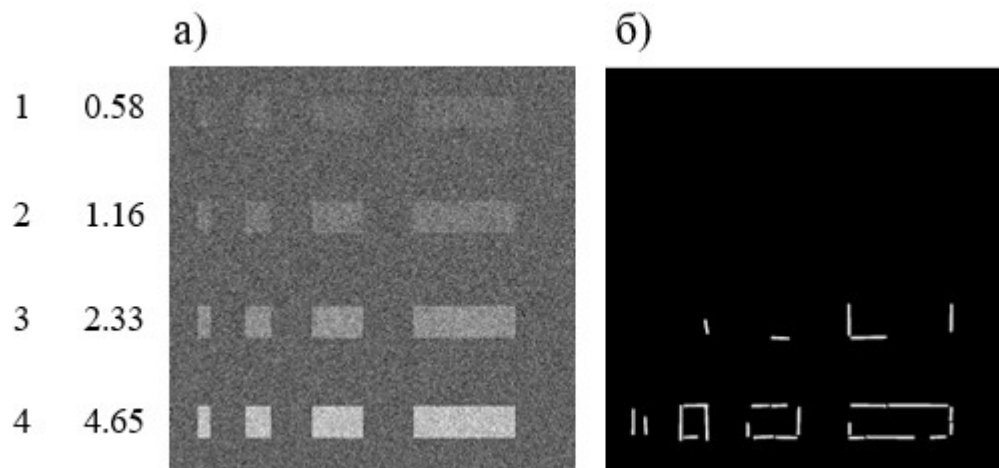
1. Исследовать существующие методы выделения прямолинейных сегментов кромок на изображениях.
2. Оценка эффективности применения этих методов к изображениям.
3. Реализация метода с учётом выделенных недостатков.
4. Провести экспериментальное исследование предложенного метода.

# Существующие методы выделения кромки

- Детектор Кэнни и преобразование Хафа.



- Детектор Рендела



# Структура предложенного метода выделения прямолинейных сегментов кромок на радиолокационных изображениях.

1. Преобразование изображения в полутоновое.
2. Сглаживание изображения с помощью фильтра Гаусса.
3. Выделение кромок на изображении.
4. Фильтрация линейных сегментов кромок.
5. Поиск максимума и угла.
6. Выделение профиля градиента и оценка координат начальной и конечной точки линии.
7. Селекция кромок по направлению.
8. Удаление сегмента кромки на градиентах.

# 1. Сглаживание изображения

$$\text{Фильтр Гаусса: } F_{\sigma}(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right)$$

$$\sigma = 1.4$$

$$\text{Маска фильтра: } F_{\sigma}(u, v) = \begin{bmatrix} 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 5 & 12 & 15 & 12 & 5 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{159}$$

$$I\sigma(i, j) = \sum_{u=-2}^{+2} \sum_{v=-2}^{+2} F_{\sigma}(u, v) \cdot I_g(i + u, j + v)$$



Исходное изображение



Сглаженное изображение

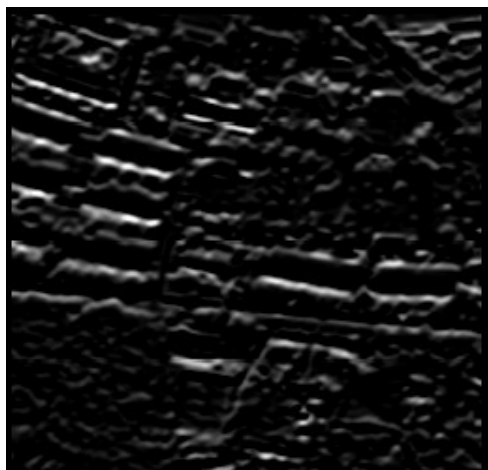
Первым делом происходит загрузка в программу оригинального изображения местности и преобразование его в полутоновое. Следующим шагом производится сглаживание изображения. В изображениях может присутствовать шумовая составляющая, вызванная особенностью приёмной системы. Как следствие, получим разрушению границ на выходе детектора. Преследуя цель уменьшить влияние шума, производим сглаживание изображения гауссовым фильтром. Результатом сглаживания является подавление шумовой составляющей, границы же сохраняются отличимыми, так как они намного крупнее.

## 2. Выделение границ.

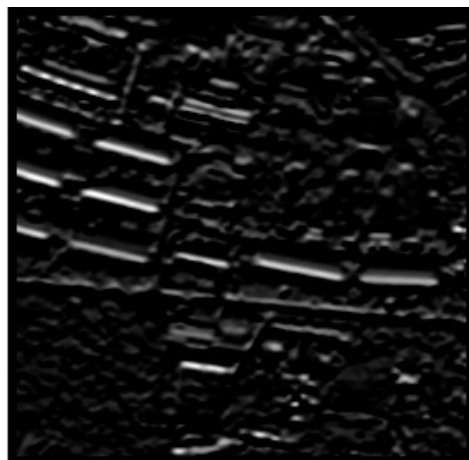
$$e_1(u, v) = \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad e_2(u, v) = \begin{pmatrix} -1 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad e_3(u, v) = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad e_4(u, v) = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & 0 \end{pmatrix}$$

$$e_5(u, v) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \quad e_6(u, v) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -1 \end{pmatrix} \quad e_7(u, v) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix} \quad e_8(u, v) = \begin{pmatrix} 0 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

$$g_k(i, j) = \sum_{u=-1}^{+1} \sum_{v=-1}^{+1} e_k(u, v) \cdot I(i+u, j+v)$$



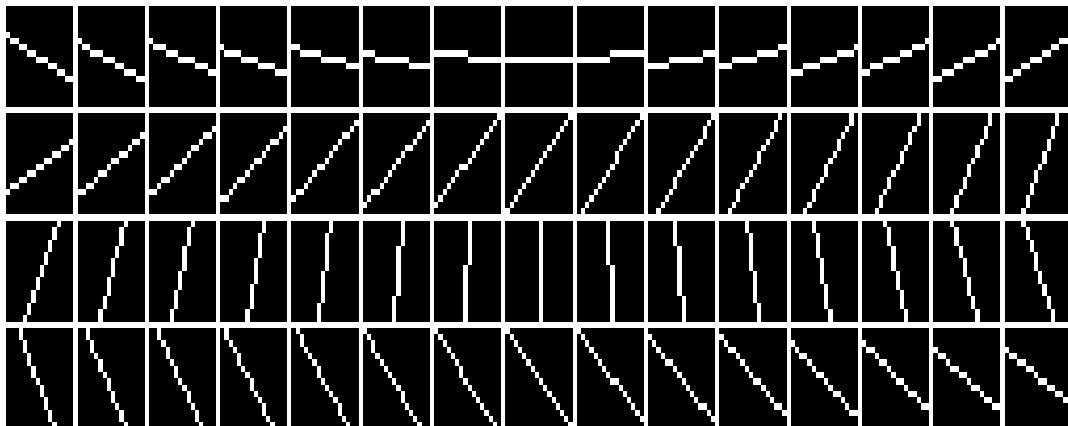
$g_5(i, j)$



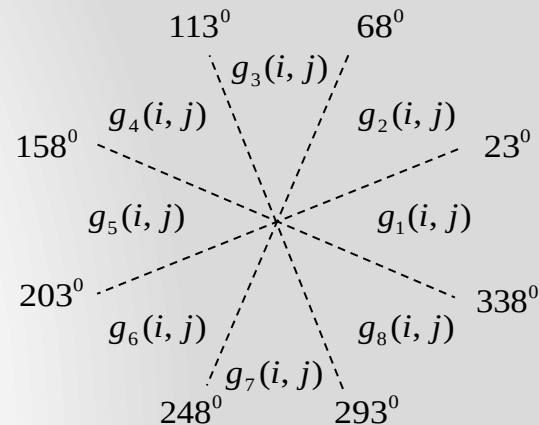
$g_7(i, j)$

Результатом процедуры дифференцирования становятся градиентные изображения, на которых содержатся линии в местах резких изменений яркости. Получившиеся линии различаются интенсивностями, что связано с различными значениями градиента.

### 3. Фильтрация линейных сегментов кромок



а) Набор окон фильтров



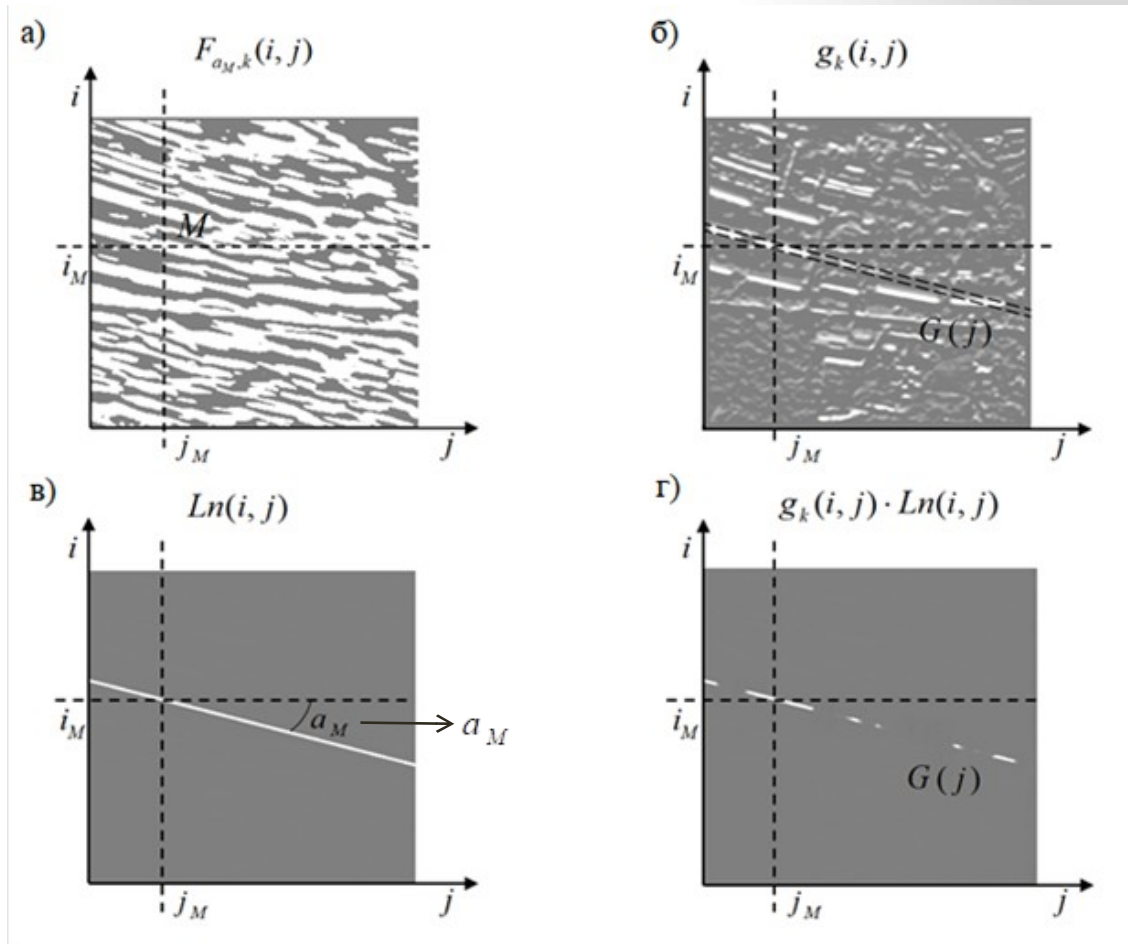
б) Сектора фильтрации

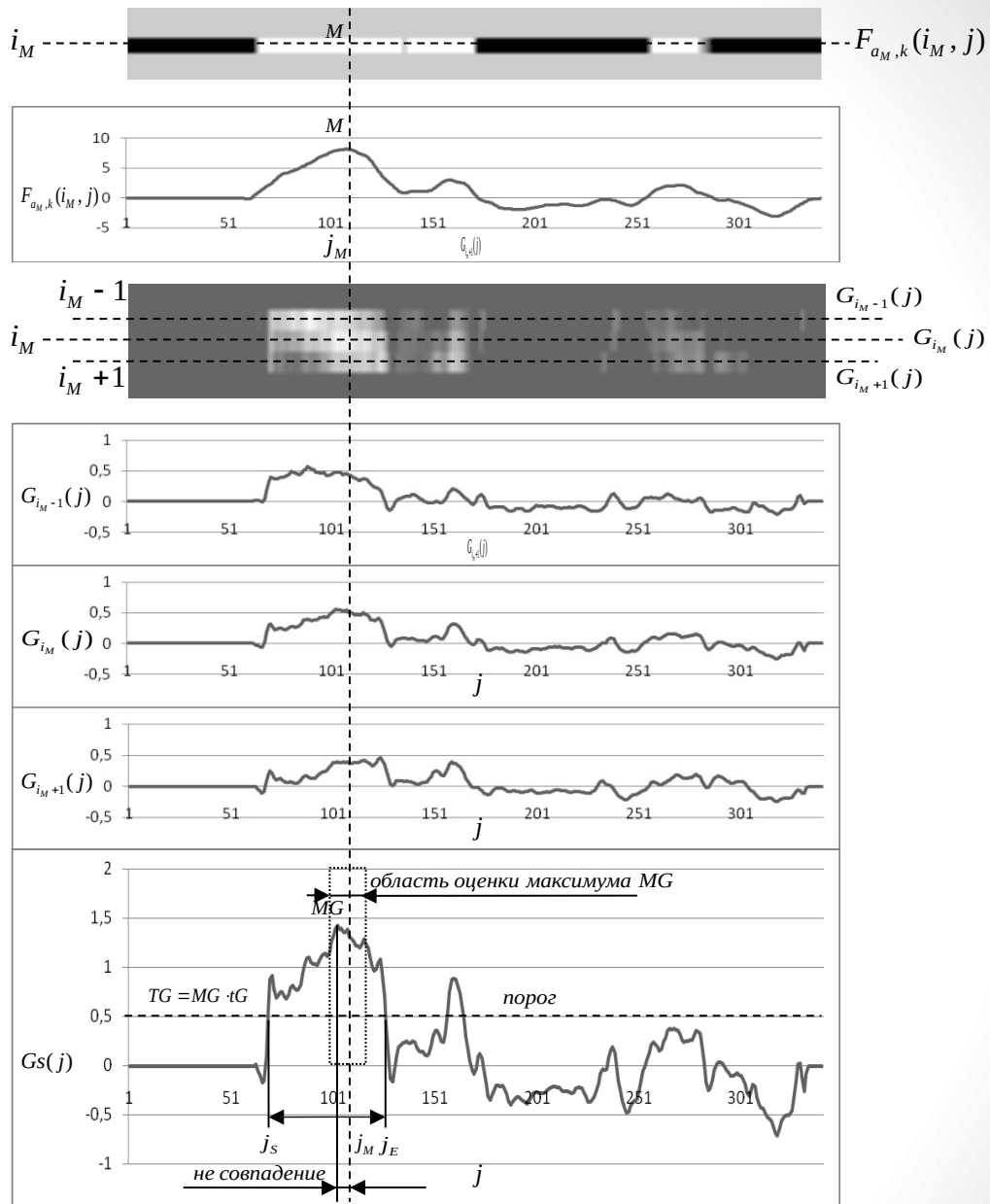
### 4. Поиск максимума и угла

$$TF > M \max \cdot tF$$

Далее с помощью поворота с определённым, вышеуказанным шагом, данного фильтра в начальном виде, получаются все остальные фильтры. На рисунке показан банк разработанных фильтров, применяемых при выполнении поставленной задачи. Всего имеется 60 фильтров в наборе, каждый из них повернут относительно предыдущего на 3 градуса.

## 5. Выделение профиля градиента и оценка координат начальной и конечной точки линии

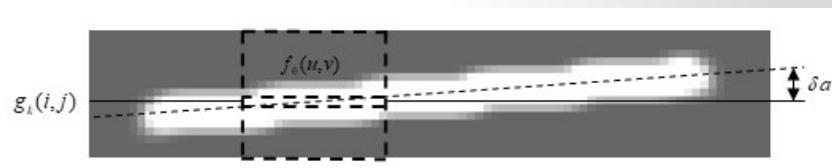




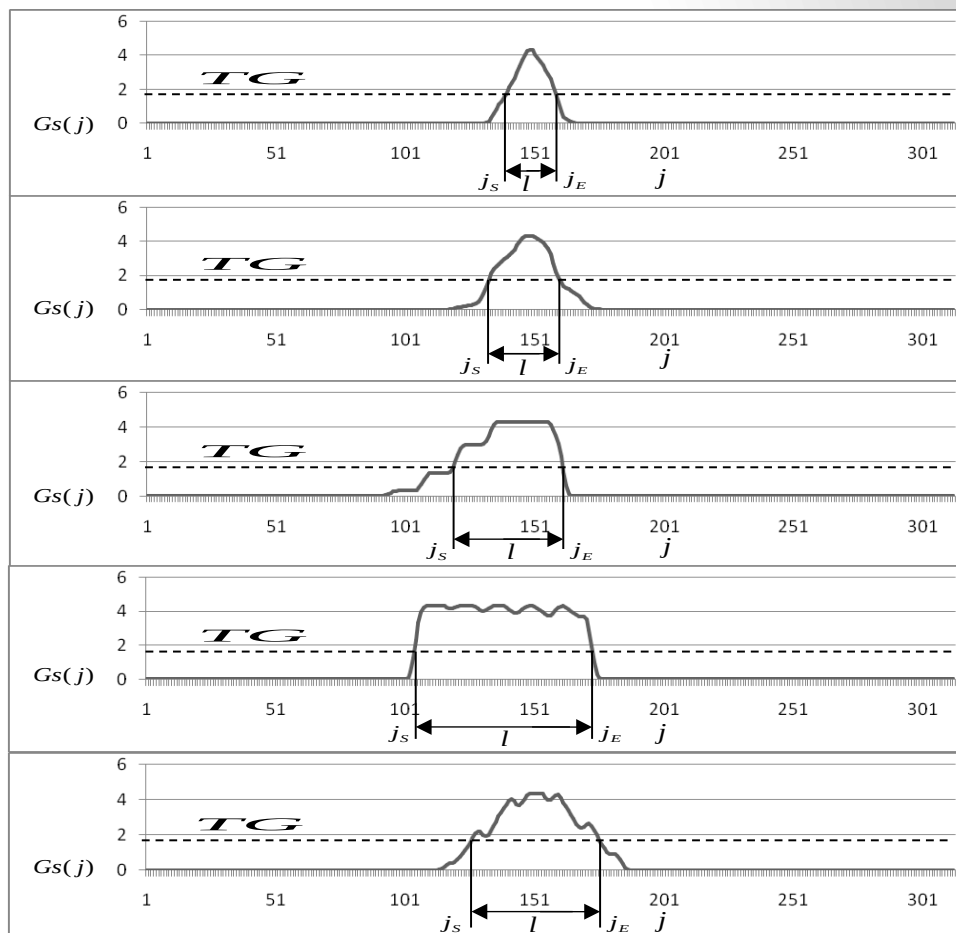
Оценка точек начала и конца

Выбирается область оценки максимума, равная стороне фильтрующего окна, в этом конкретном случае размер стороны окна 17, следовательно максимальная область оценки также равна 17. От значения локального максимума рассчитывается пороговое значение по градиенту:  $TG = MG \cdot tG$ , где  $tG$  - значение порогового коэффициента  $1 > tG > 0$ . Пока импульс больше значения порога, осуществляется отсчёт от точки до начальной точки и вправо до конечной точки

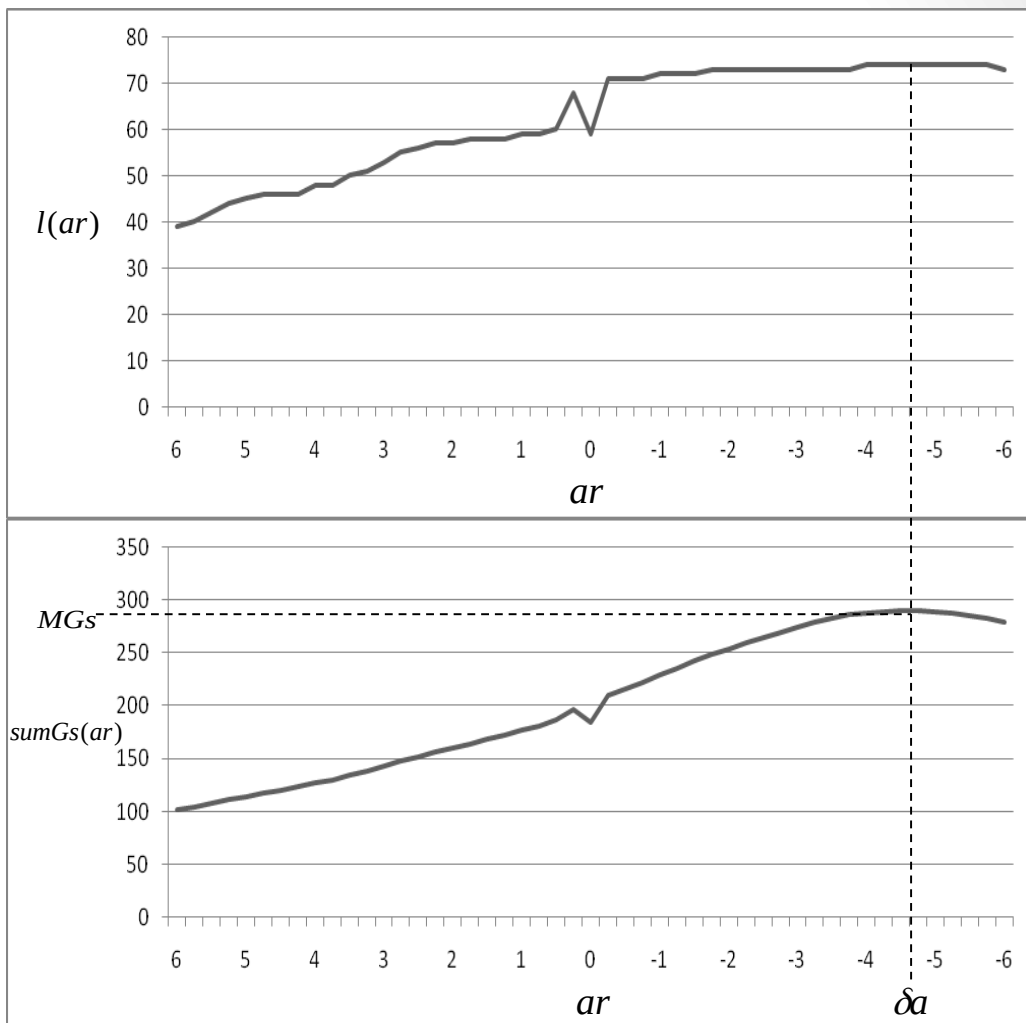
## 6. Селекция кромки по направлению



Угловая ошибка



Подстройка профиля



Селекция границы по направлению

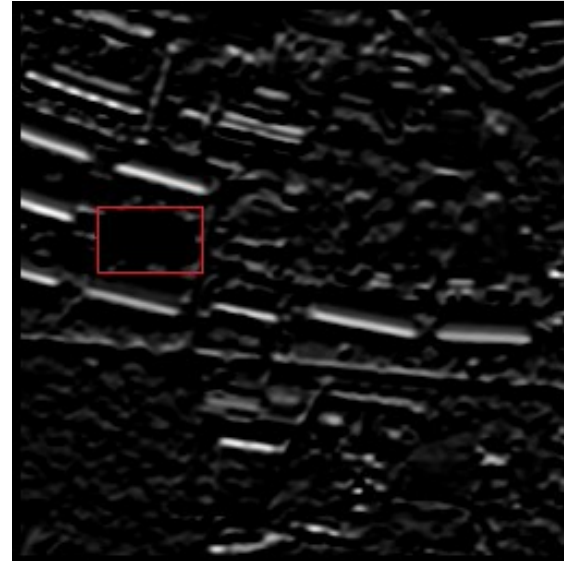
Накопление градиента происходит суммированием на каждом шаге поворота  $ar$  значения кромки по всей расчетной длине границы, следовательно угловая ошибка будет соответственна углу, при котором значение накопленного градиента будет наибольшей.

Получаются координаты начальной и конечной точек линии под углом  $A$  и рассчитываются координаты вдоль оси  $y$ .

## 7. Удаление сегмента кромки на градиенте.



а) Область с выделенной кромкой

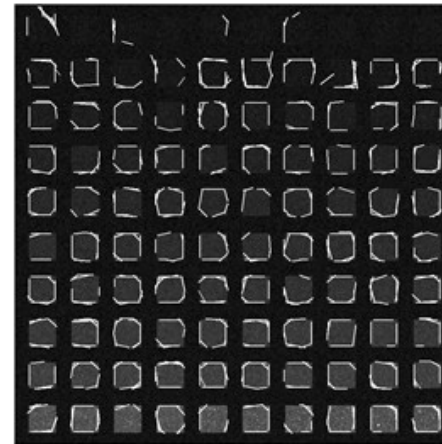
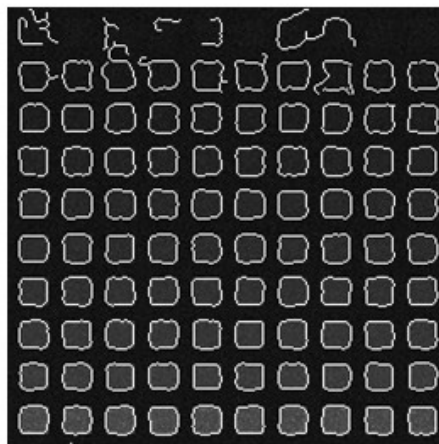
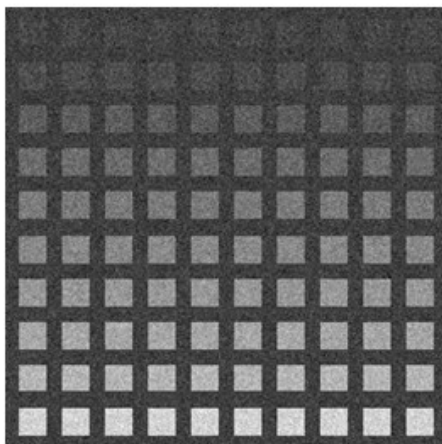


б) Область с удалённой кромкой

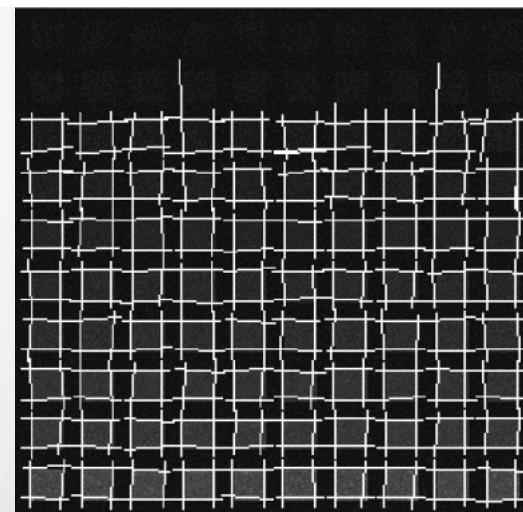
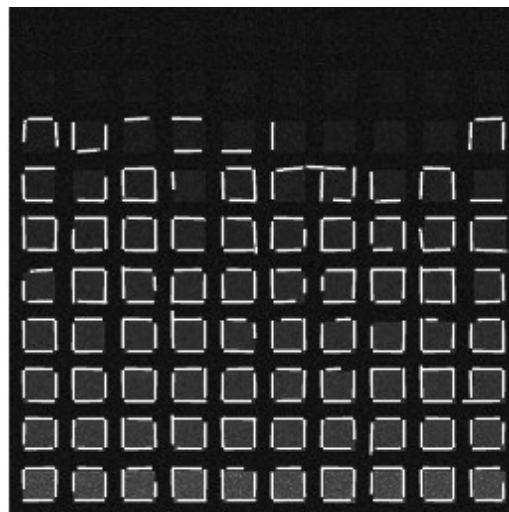
# Экспериментальное

## исследование

|    |      |
|----|------|
| 1  | 0.58 |
| 2  | 1.16 |
| 3  | 2.32 |
| 4  | 3.49 |
| 5  | 4.65 |
| 6  | 5.81 |
| 7  | 6.98 |
| 8  | 8.14 |
| 9  | 9.30 |
| 10 | 11.6 |



Объекты расположены по 10 штук в каждом из 10 рядов. Значения сигнал/шум от самого яркого до самого зашумлённого: 11.6, 9.30, 8.14, 6.98, 5.81, 4.65, 3.49, 2.32, 1.16, 0.58.

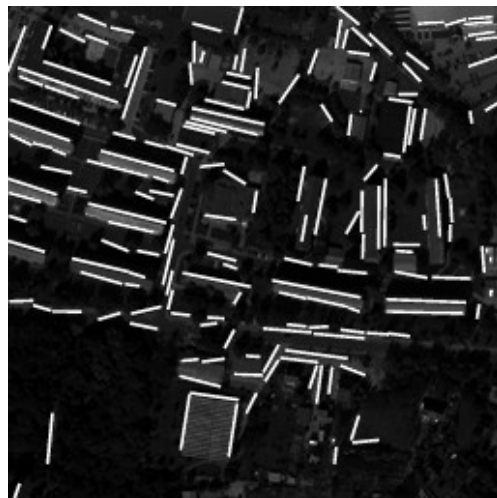
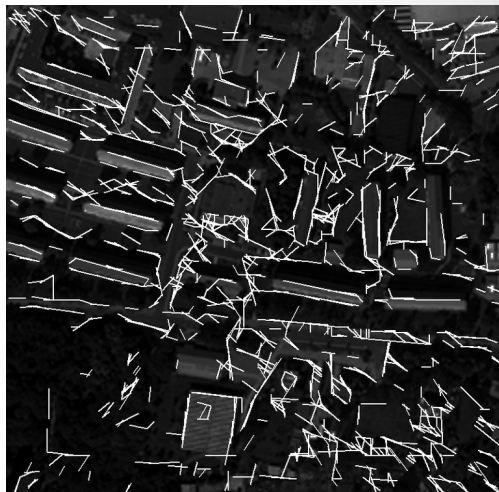


Критерием сравнения принято количество выделенных границ в зависимости от зашумлённости изображения.

Характеристики шума: мат ожидание  $m_x = 0,5$ , СКО  $\sigma = 1$ , диапазон изменения яркости от 0 до 1.



а) Результат применения детектора Кенни и преобразования Хафа



б) Результат применения детектора Рендела.



в) Результат применения предложенного метода.

Комбинация алгоритмов Кенни и Хафа не дают эффективного результата, так как контуры детектором Кенни выделяются ступенчатой, дрожащей линией, что не позволяет преобразованию Хафа получить цельные линии, вместо этого получается набор маленьких отрезков. Также на рисунке б можно увидеть, что детектор Рендела теряет множество кромок и точек пересечений выделенных отрезков. На рисунке присутствует много лишних неточных отрезков, но также отчётливо присутствуют структуры, выделенные линиями, которые имеют точки пересечения, что позволяет выделить на изображении объекты.

# Заключение

Предложен метод выделения прямолинейных сегментов кромок на радиолокационном изображении, работающий при более низких отношениях сигнал/шум в сравнение с существующими и позволяющий получить точки пересечения.

Представлены результаты экспериментальных исследований с применением предложенного метода выделения кромок на радиолокационном изображении.

Спасибо за  
внимание!