

# Fiducial markers

Егоров Антон

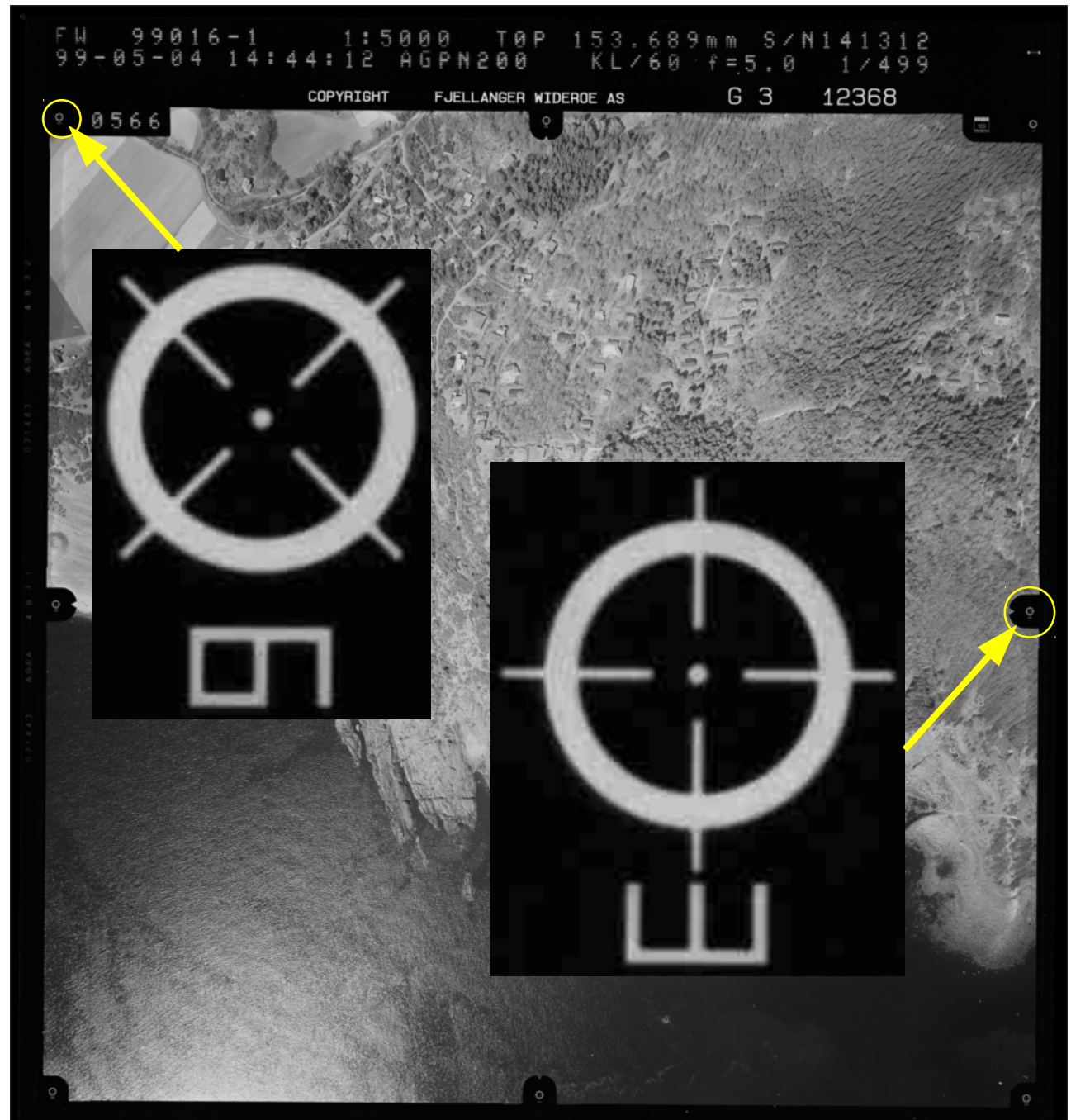
Руководитель: Полярный Николай, компания AgiSoft

Осень 2017

# Постановка задачи

Автоматическое  
нахождение  
позиционных  
меток на сканах  
аэрофотоснимков

Установление их  
положения с  
субпиксельной  
точностью



# Обзор литературы

*PE&RS „Photogrammetric Engineering & Remote Sensing“, Vol. 63, No. 8, pp. 1007-1011*

## Automatic Interior Orientation of Digital Aerial Images

Thomas Kersten, Silvio Haering

Swissphoto Vermessung AG, Dorfstr. 53, CH - 8105 Regensdorf-Watt, Switzerland

Phone: +41 1 871 2222, Fax: +41 1 871 2200

e-mail: [thomas.kersten, silvio.haering]@swissphoto.ch

### ABSTRACT

A fully operational automatic interior orientation (AUTO\_IO) for digital aerial images based on a modified Hough Transform for rough localization of fiducial marks and Least Squares Matching for precise measurement is introduced in this paper. For cameras with fiducial mark identification symbols, e.g. as used in Leica RC30 cameras, the program is capable to determine the orientation of the photos. Results are presented using images taken by Leica and Zeiss cameras, which were scanned on different scanners in various resolutions to demonstrate the potential and robustness of the automatic IO procedure. AUTO\_IO is implemented on a Digital Photogrammetric Workstation Helava/Leica DPW770 and is used in a digital production environment at swissair Photo+Surveys Ltd., Switzerland.

**Грубый поиск** – преобразование Хафа (Hough Transform)

**Уточнение положения** – поиск наилучшего совпадения паттерна

Требуются точные параметры маркеров

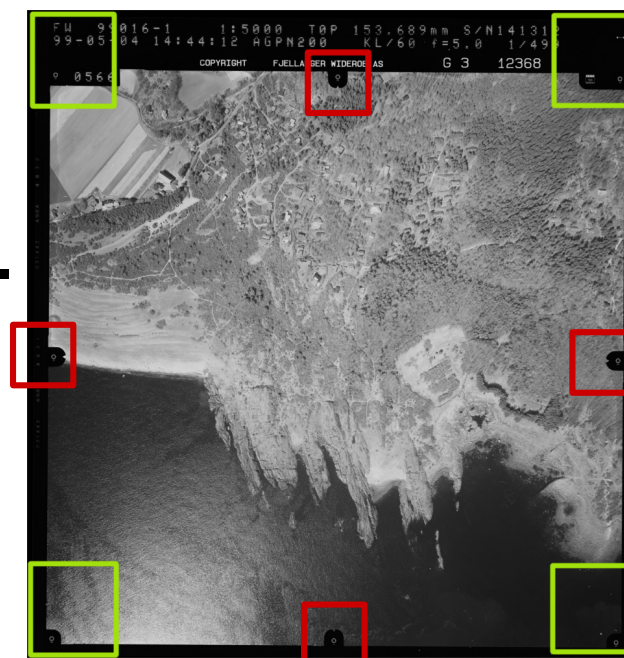
3/10

# Цели и задачи

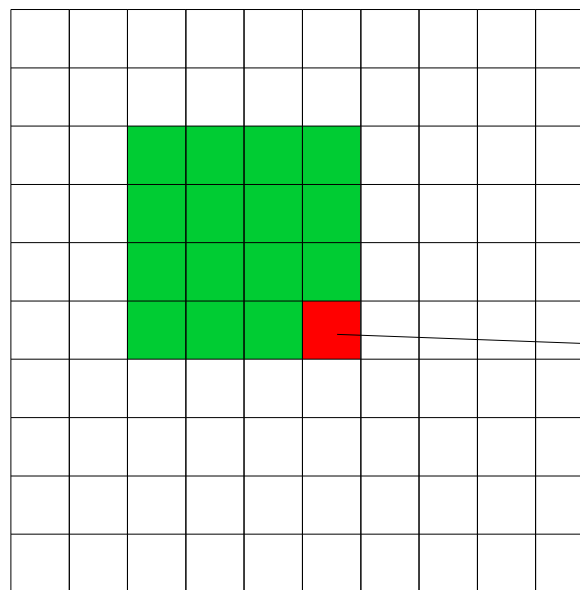
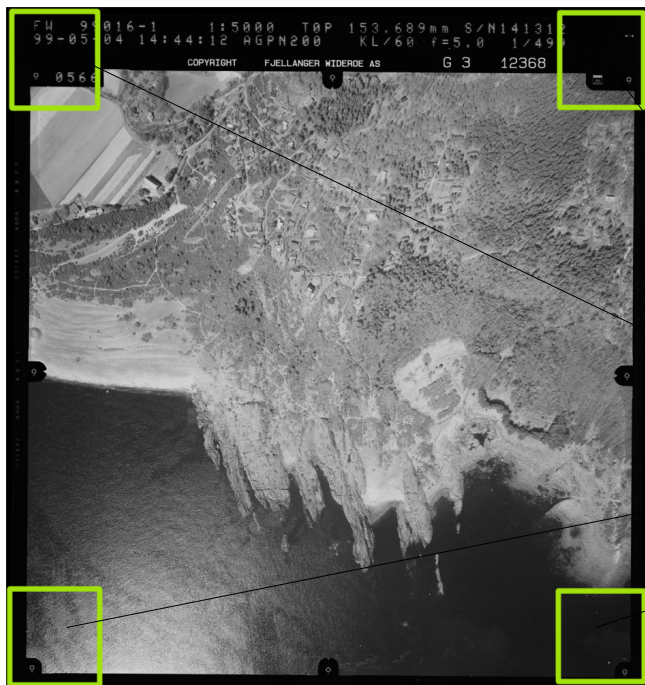
- Автоматическое определение положения меток с субпиксельной точностью без известных точных геометрических размеров
  - Грубое определение положений меток
  - Уточнение положений меток
- Оценка точности определения положения

# Алгоритм нахождения меток

- Поиск всего, что похоже на метки, в углах изображения.
- Совместный выбор по одной метке в каждом углу.
- Поиск меток на сторонах.
- Уточнение положения меток.



# Поиск потенциальных маркеров



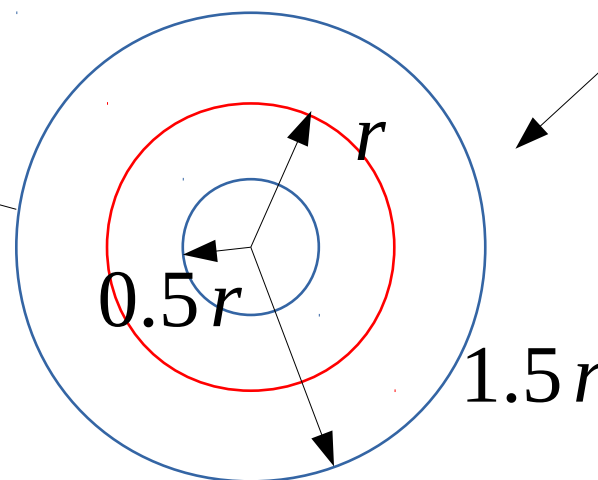
$$\begin{matrix} n \\ \sum x \\ \sum y \\ \sum x^2 \\ \sum y^2 \end{matrix}$$

Бинаризуем цвет. В каждом скользящем окне вычисляем

$$\overline{r^2}, \bar{x}, \bar{y}$$

Выбираем лучшую четвёрку по совпадению радиусов и прямоугольности

Ищем метки на сторонах с учетом найденного радиуса

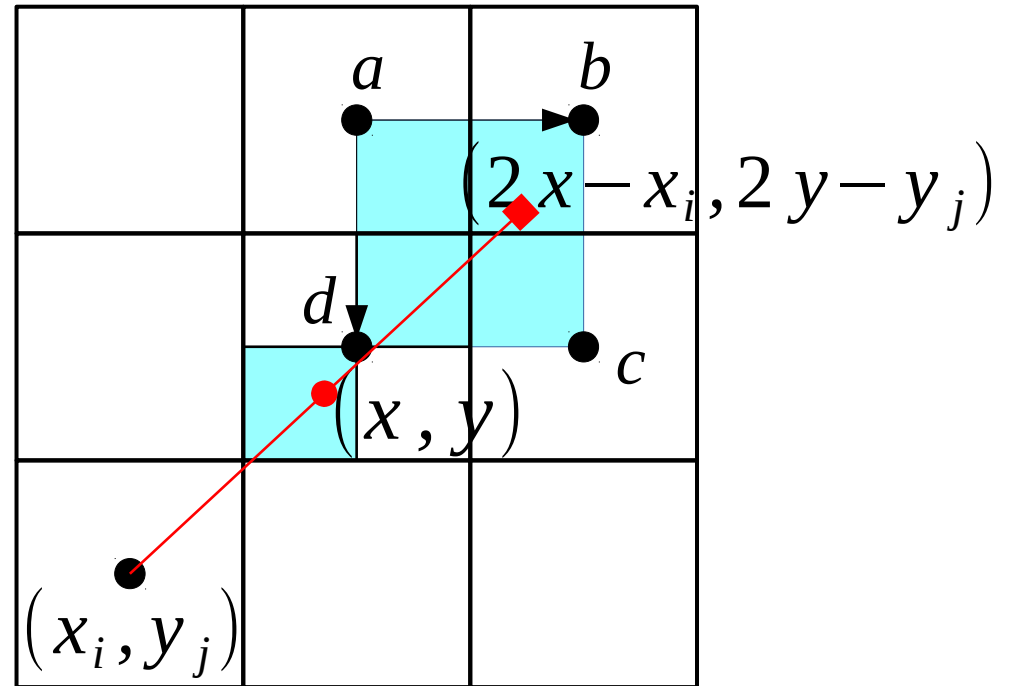
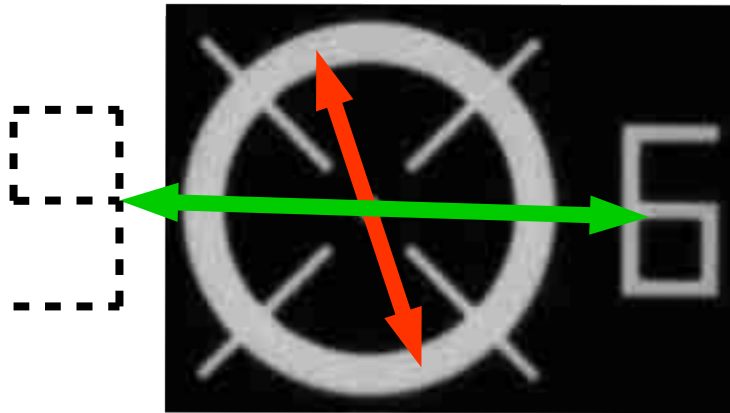


Проверяем, похоже ли на окружность

# Уточнение положений маркеров

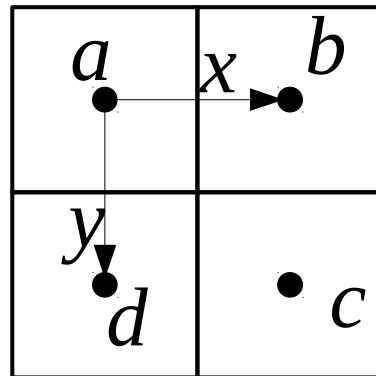
## Функция симметричности

$$S_{r_0}(x, y) = \sum_{(x_i - x)^2 + (y_j - y)^2 < r_0^2} (c(x_i, y_j) - \tilde{c}(2x - x_i, 2y - y_j))^2$$



Линейная интерполяция  
цвета

$$\tilde{c}(x, y) = a + x(b - a) + y(d - a) + xy(a + c - b - d)$$



Ищем  
минимум  $S_{r_0}(x, y)$   
методом градиентного  
спуска



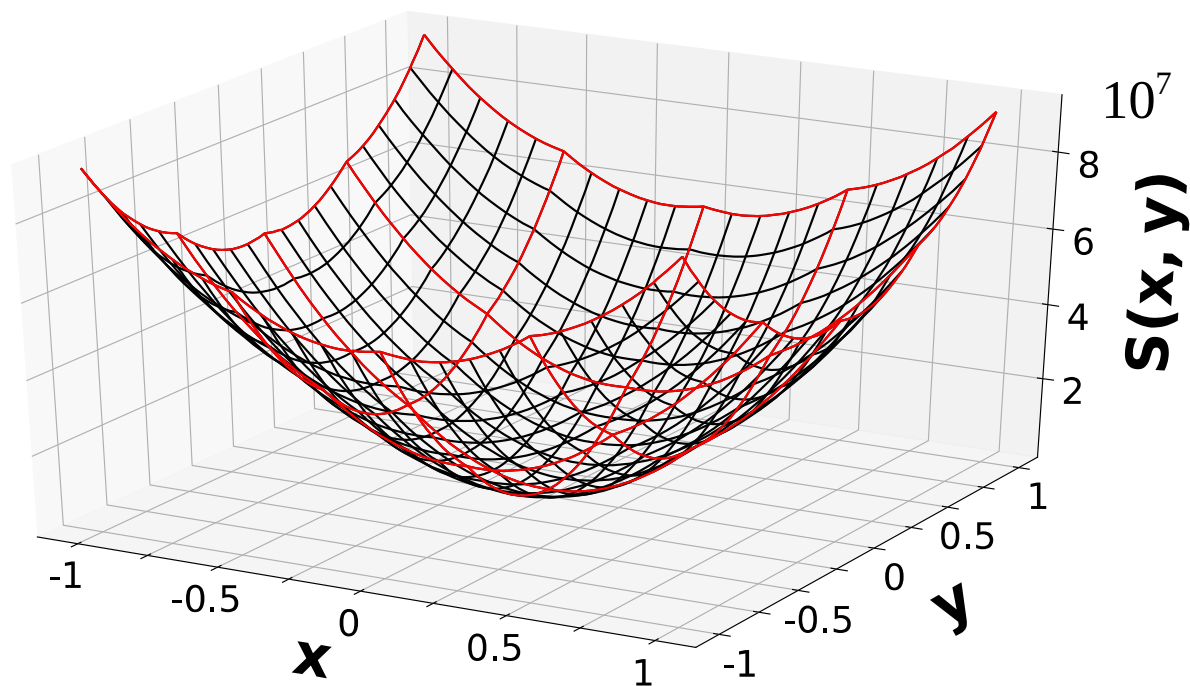
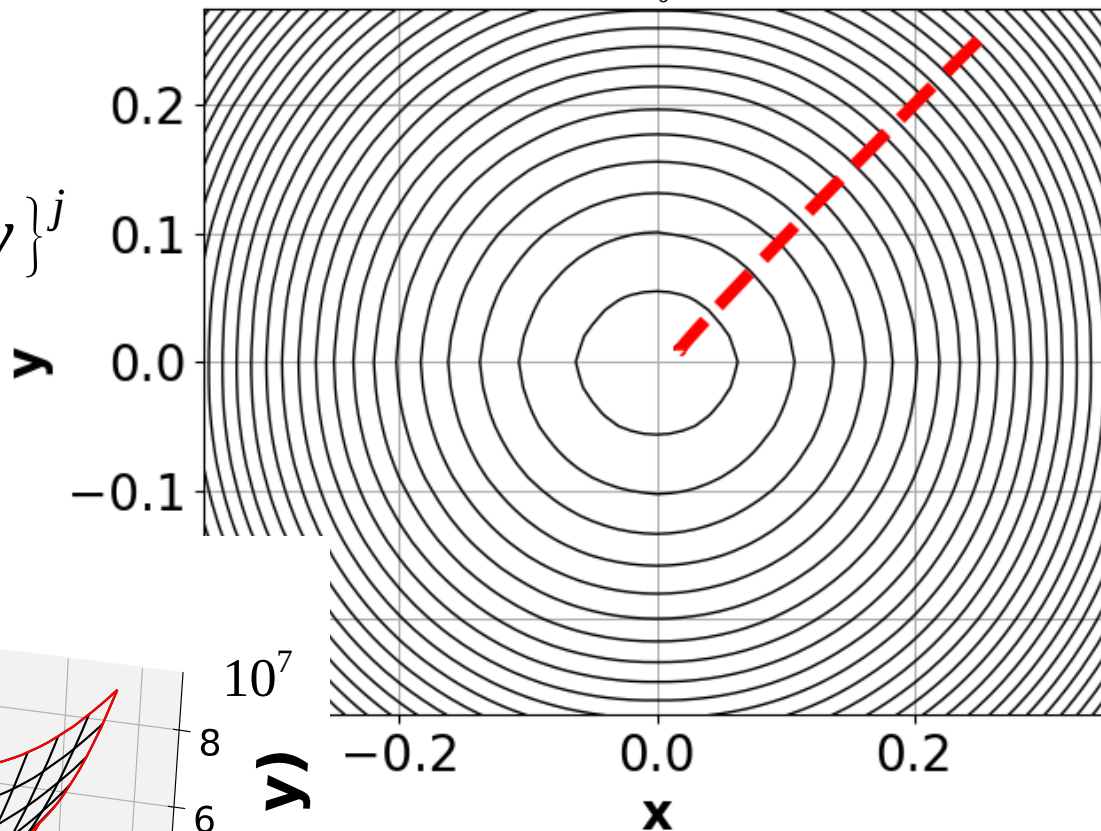
# Метод градиентного спуска

$$dx = -k \cdot S'_x(x, y)$$

$$dy = -k \cdot S'_y(x, y)$$

$$S_{r_0}(x, y) = \sum_{i,j=0}^{i,j=2} c_{i,j} \{2x\}^i \cdot \{2y\}^j$$

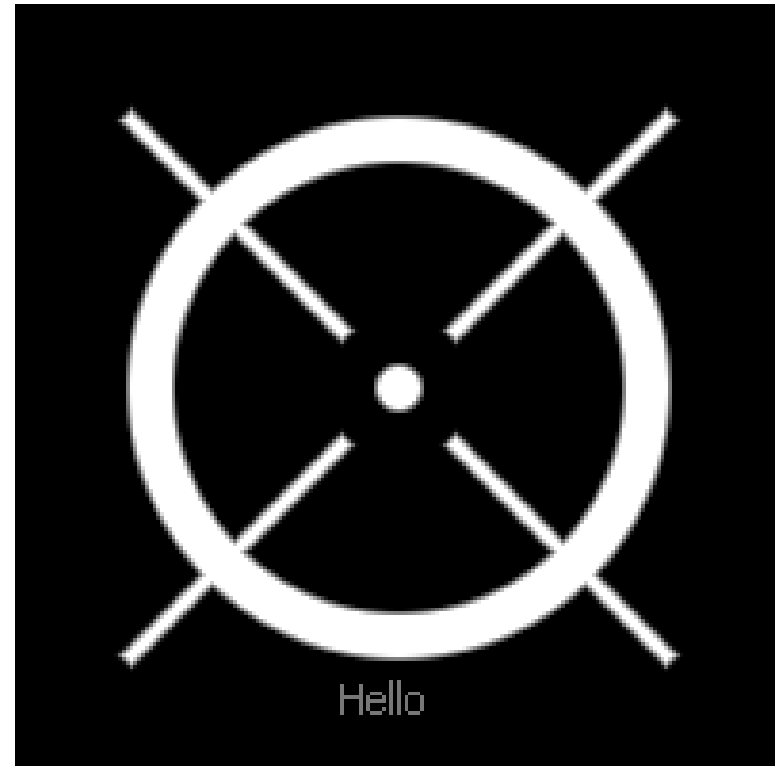
изолинии  $S_{r_0}(x, y) = const$



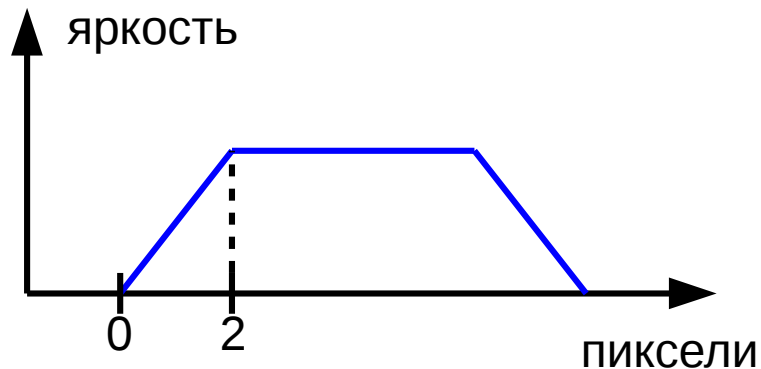


# Синтетический тест

Перебор положения  
центра по 0.1  
пикселя



Линейное затухание по краям



Погрешность определения  
центра в **синтетическом** тесте  
не превышает 0.02 пикселя

# Выводы

- Реализован грубый поиск меток без использования сведений об их радиусе
- Успешно применена функция симметричности для точного определения центра метки
- Достигается практическая точность определения положений меток 0.1 пкс.