

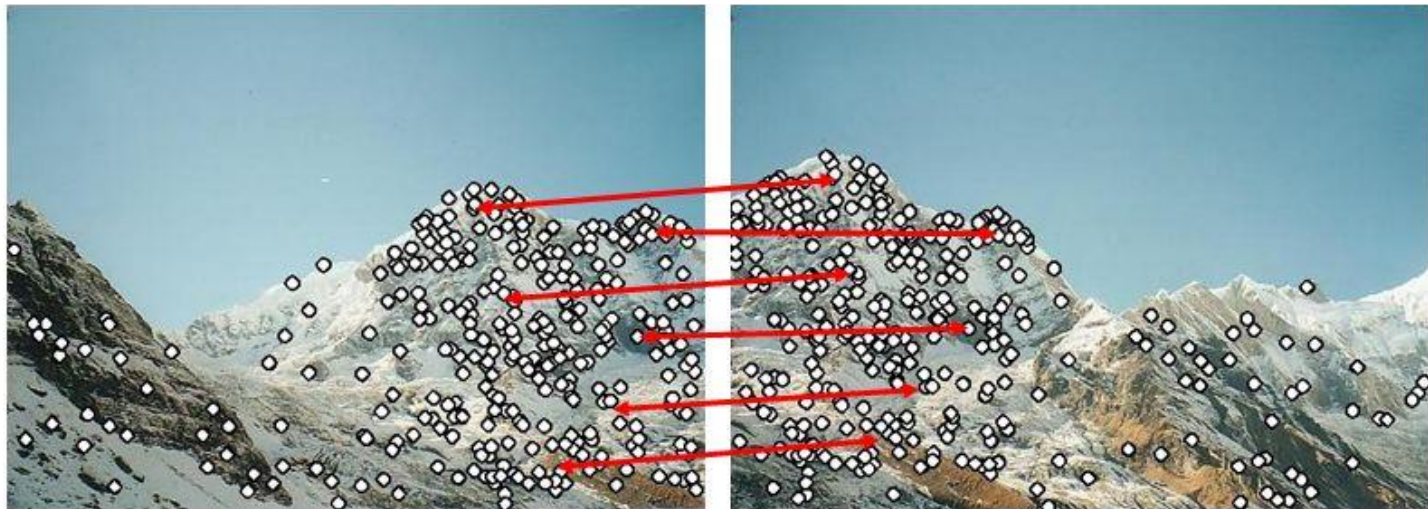
---

# Дескрипторы особых точек

# Мотивация

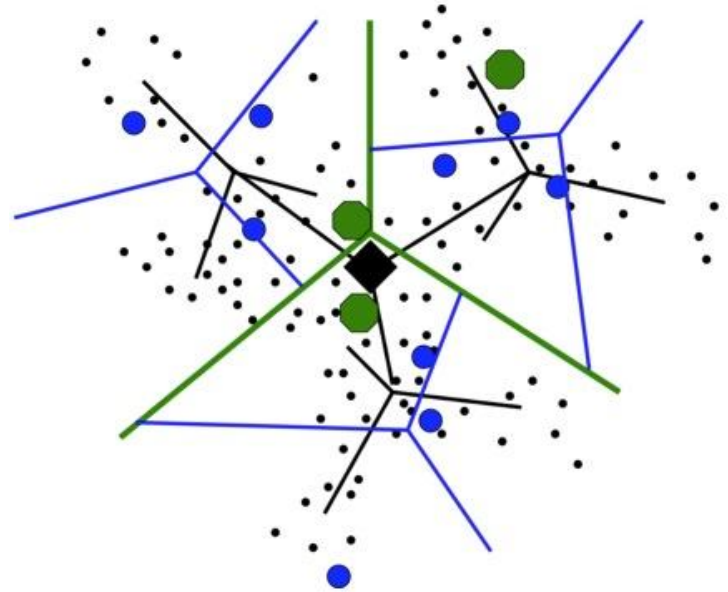
Что такое особые точки и зачем их описывать?





## Description

Идентификатор особой точки, выделяющий её из  
остального множества  
особых точек





# Дескрипторы

- Общие дескрипторы информации
  - Цвет
  - Форма
  - Области
  - Текстуры
  - Движения и т.д
- Конкретные дескрипторы пространственной информации

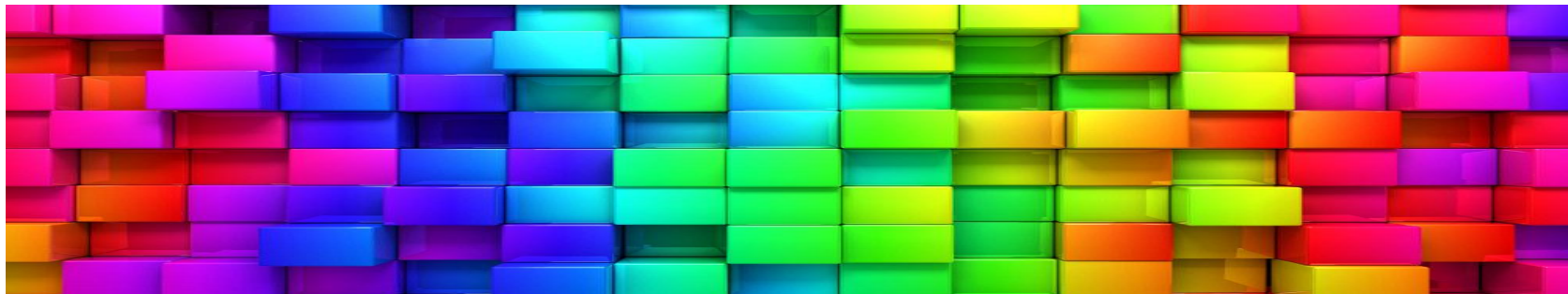


## Дескрипторы цвета

- Dominant Color Descriptor (DCD)
- Scalable Color Descriptor (SCD)
- Color Structure Descriptor (CSD)
- Color Layout Descriptor (CLD)
- Group of Frame (GoF) or Group of Pictures (GoP)

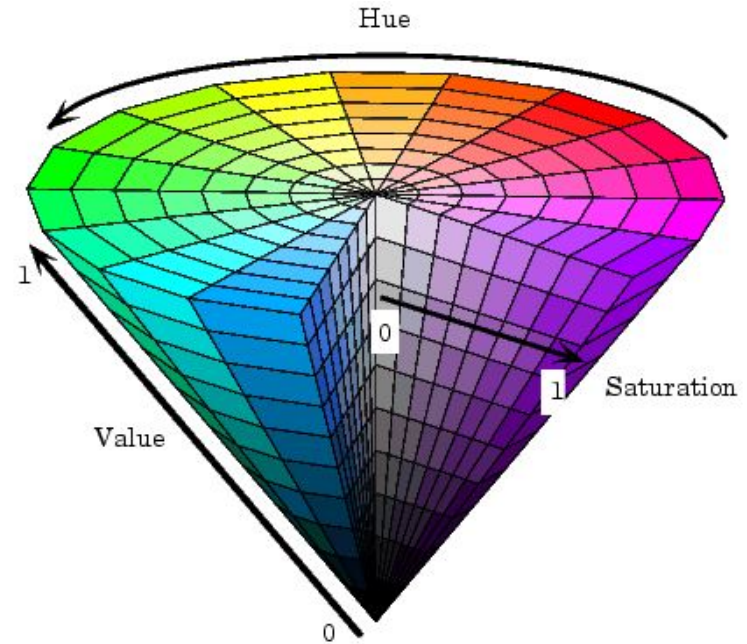
# Dominant Color Descriptor

$$F = \{\{c_i, p_i, v_i\}, s\}, i = 1, 2, \dots, N$$



# Scalable Color Descripto

- Цветовая гистограмма в пространстве HSV
- Преобразование Хаара



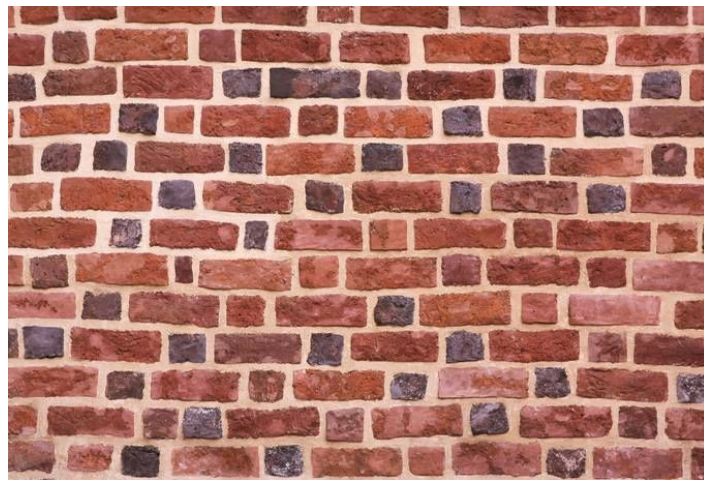


# Group of Frame



# Дескрипторы текстуры

- Homogeneous Texture Descriptor (HTD)
- Texture Browsing Descriptor (TBD)
- Edge Histogram Descriptor (EHD)





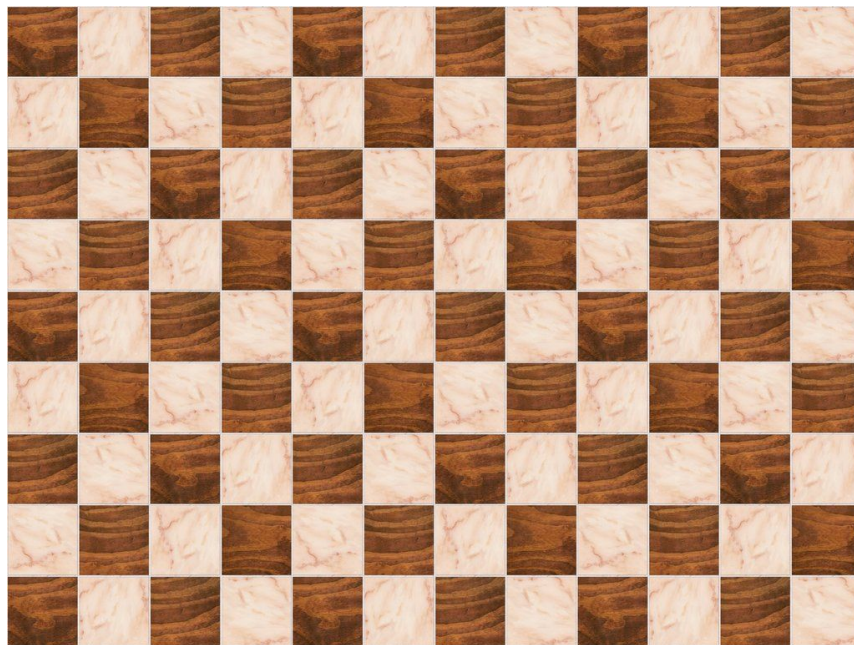
# Homogeneous Texture Descriptor (HTD)

62 числа:

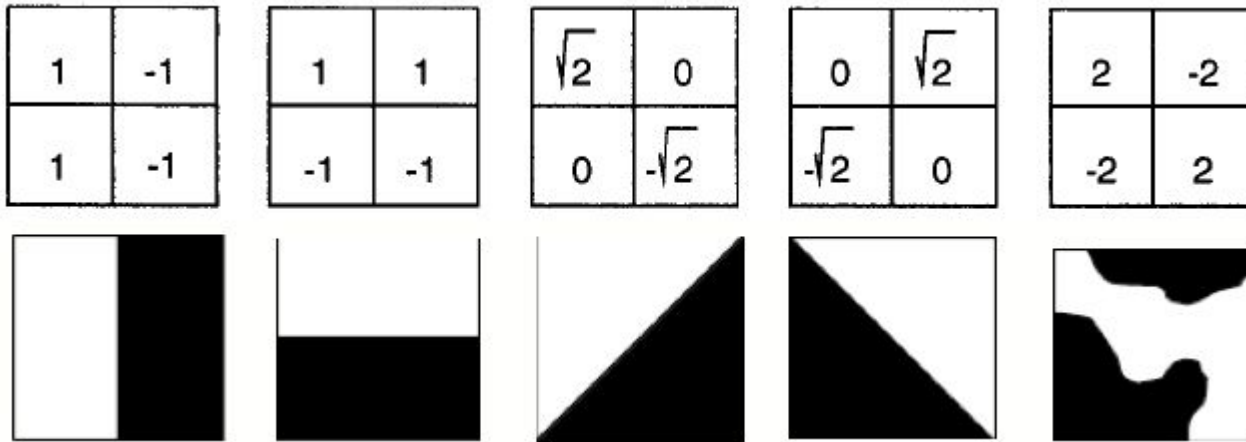
- 1-2: Mean, Standard Deviation of the image
- 3-62: energy and energy deviation of the 30 Gabor filtered responses

$$F = \{f_{DC}, f_{SD}, e_1, \dots, e_{30}, d_1, \dots, d_{30}\}$$

# Texture Browsing Descriptor (TBD)



# Edge Histogram Descriptor (EHD)





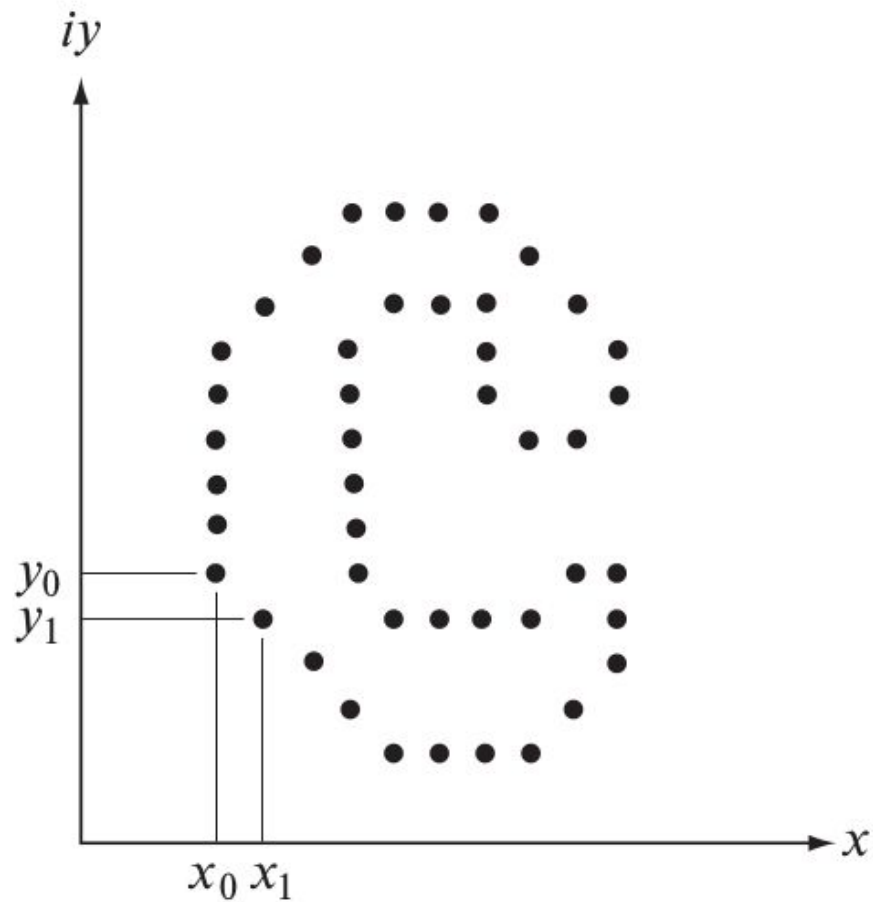
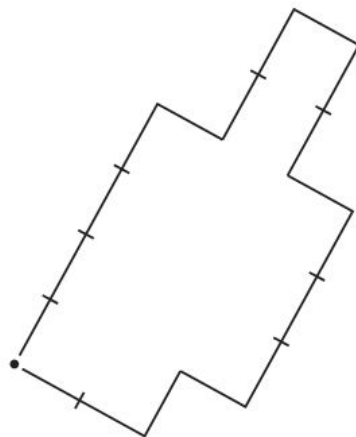
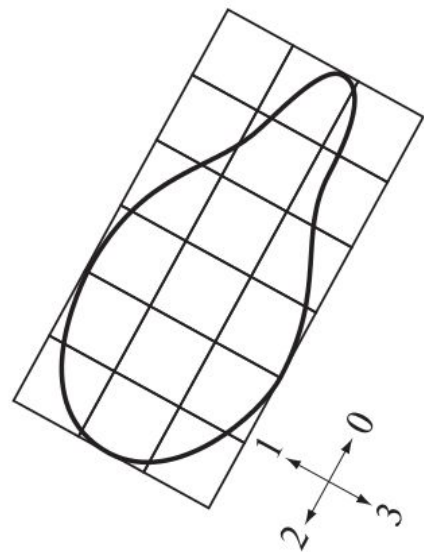
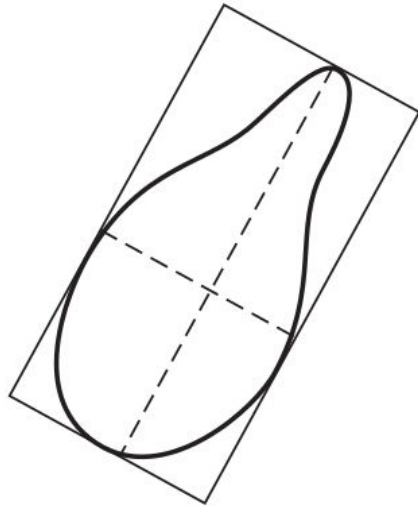
# Дескрипторы формы

- Region-based Shape Descriptor
- Contour-Based Shape Descriptor
- 3D Shape Descriptor



## Дескрипторы движения

- Motion Activity Description
- Camera Motion Description
- Motion Trajectory Description
- Warping & Parametric Motion Description



Действительная ось



---

HOG



# HOG

Роберт Макконелл *Wayland Research* (1986)

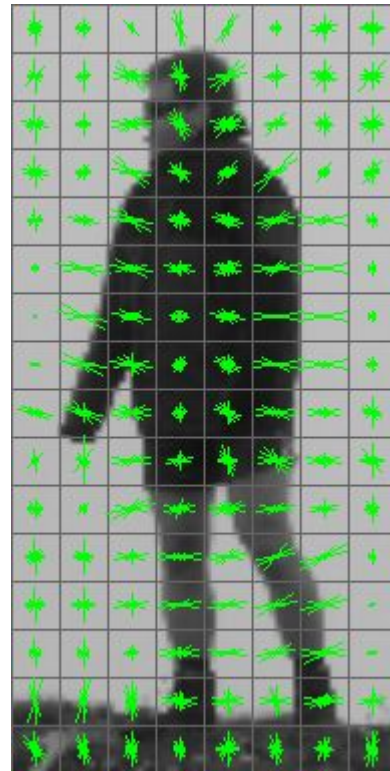
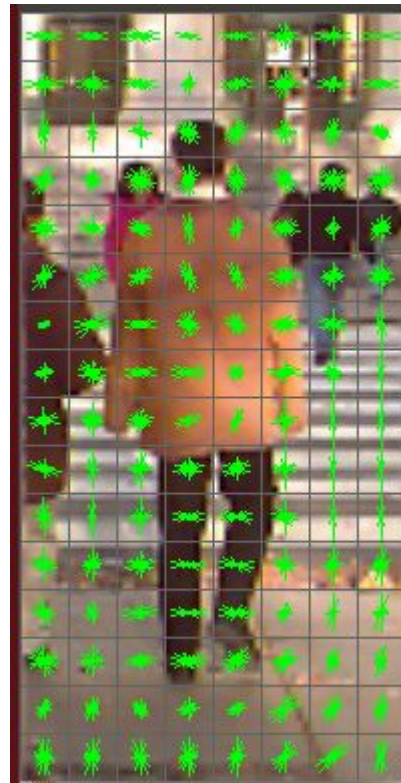
Навний Далал и Билл Тригс *Mitsubishi Electric Research Laboratory* (2005)



**MITSUBISHI ELECTRIC**  
**RESEARCH LABORATORIES**

## Основная идея

Внешний вид и форма объекта на участке изображения могут быть описаны распределением градиентов интенсивности или направления краев



# Алгоритм. Шаг 1

Вычисление градиента

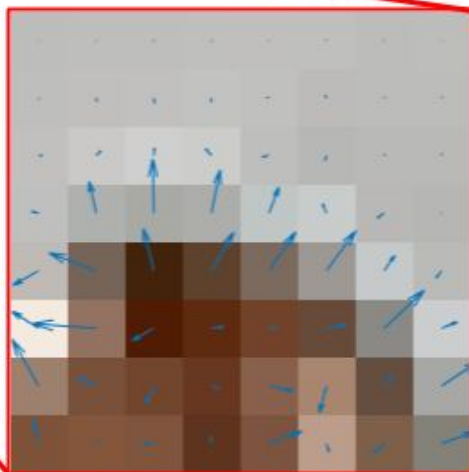
$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$





## Алгоритм. Шаг 2

- Разбиваем изображение на ячейки (8x8)
- Считаем гистограммы ячеек. Разбиваем [0, 180].



2	3	4	4	3	4	2	2
5	11	17	13	7	9	3	4
11	21	23	27	22	17	4	6
23	99	165	135	85	32	26	2
91	155	133	136	144	152	57	28
98	196	76	38	26	60	170	51
165	60	60	27	77	85	43	136
71	13	34	23	108	27	48	110

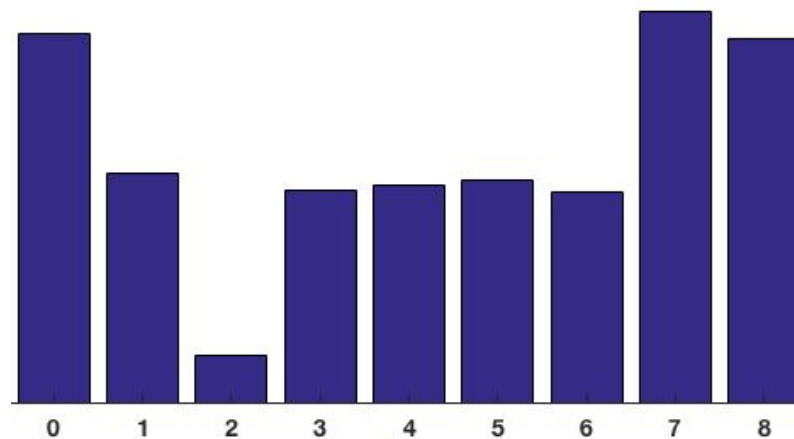
**Gradient Magnitude**

80	36	5	10	0	64	90	73
37	9	9	179	78	27	169	166
87	136	173	39	102	163	152	176
76	13	1	168	159	22	125	143
120	70	14	150	145	144	145	143
58	86	119	98	100	101	133	113
30	65	157	75	78	165	145	124
11	170	91	4	110	17	133	110

**Gradient Direction**

## Алгоритм. Шаг 3

Вычисляем гистограмму в блоке



80	36	5	10	0	64	90	73
37	9	9	179	78	27	169	166
87	136	173	39	102	163	152	176
76	13	1	168	159	22	125	143
120	70	14	150	145	144	145	143
58	86	119	98	100	101	133	113
30	65	157	75	78	165	145	124
11	170	91	4	110	17	133	110

**Gradient Direction**

2	3	4	4	3	4	2	2
5	11	17	13	7	9	3	4
11	21	23	27	22	17	4	6
23	99	165	135	85	32	26	2
91	155	133	136	144	152	57	28
98	196	76	38	26	60	170	51
165	60	60	27	77	85	43	136
71	13	34	23	108	27	48	110

**Gradient Magnitude**



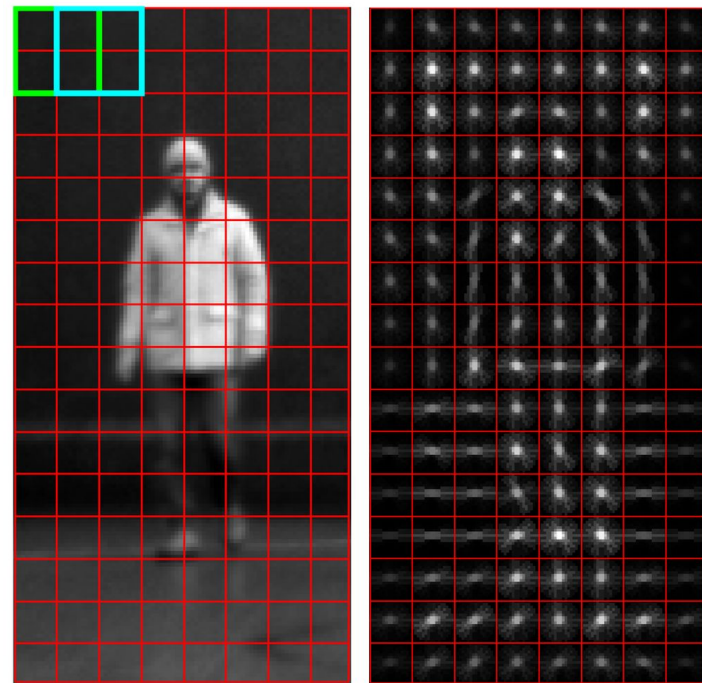
**Histogram of Gradients**



## Алгоритм. Шаг 4

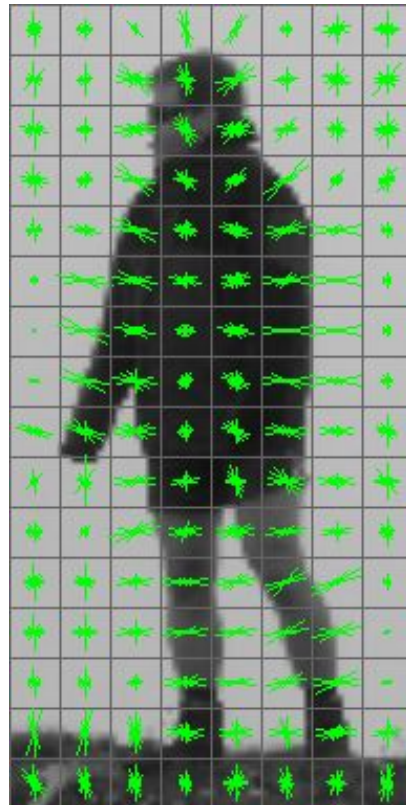
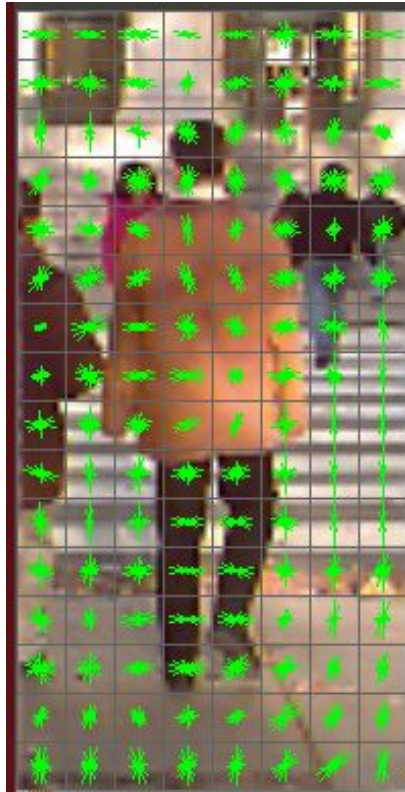
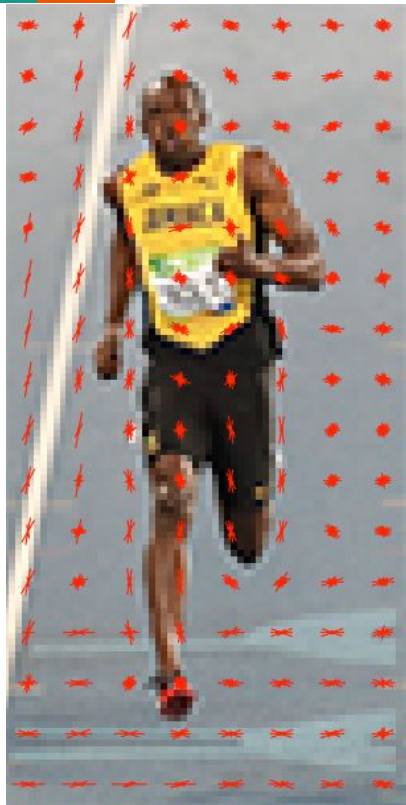
Рассматриваем блоки  
16x16

Выполним нормировку



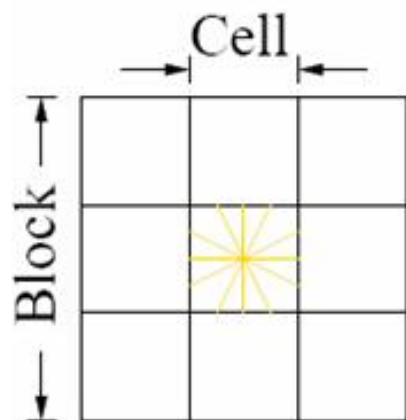
$$L1 - norm : v \longrightarrow v / (\|v\|_1 + \epsilon) \quad L1 - sqrt : v \longrightarrow \sqrt{v / (\|v\|_1 + \epsilon)}$$

$$L2 - norm : v \longrightarrow v / \sqrt{\|v\|_2^2 + \epsilon^2} \quad L2 - hys : \text{L2-norm, plus clipping at .2 and renormalizing}$$

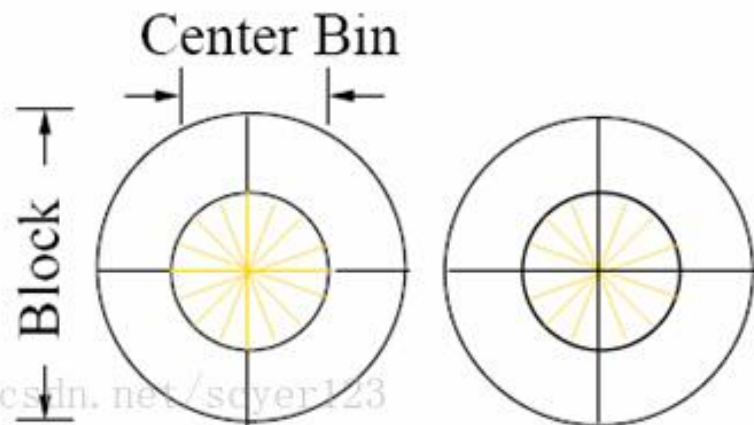




## R-HOG



## C-HOG



<http://blog.csdn.net/scyer123>

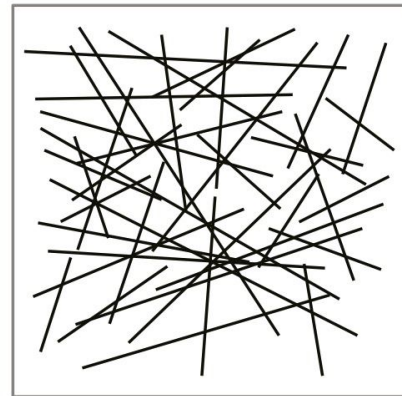
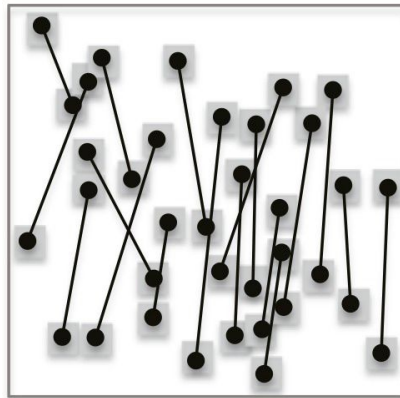
---

**BRIEF**

**Binary robust independent  
elementary features**

# BRIEF

Компактный бинарный дескриптор

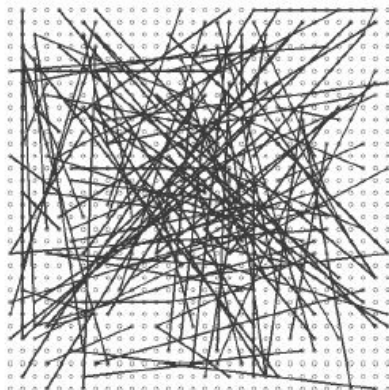




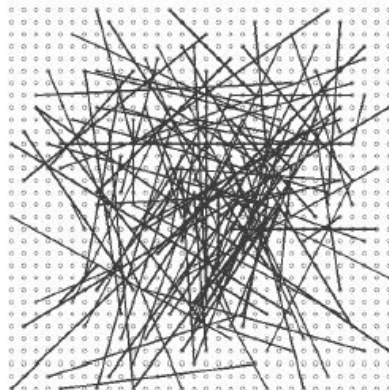
## BRIEF

128, 256 или 512 пар для сравнения  
Не инвариантен к повороту

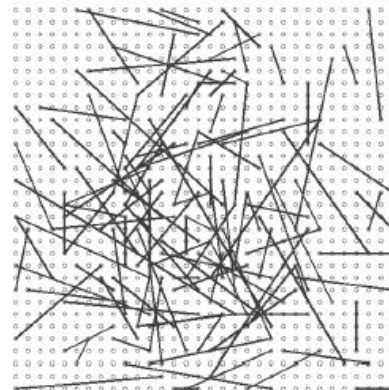
$$I(p_{i1}) > I(p_{i2}), F_i = 1$$



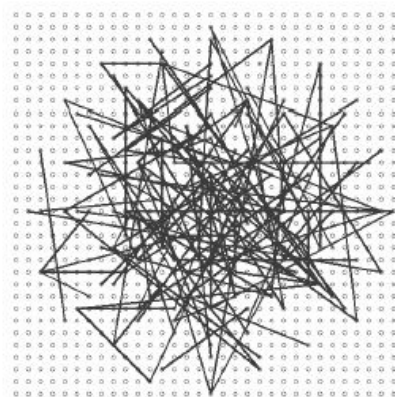
G I



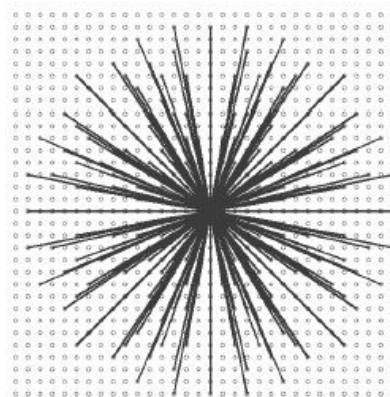
G II



G III



G IV



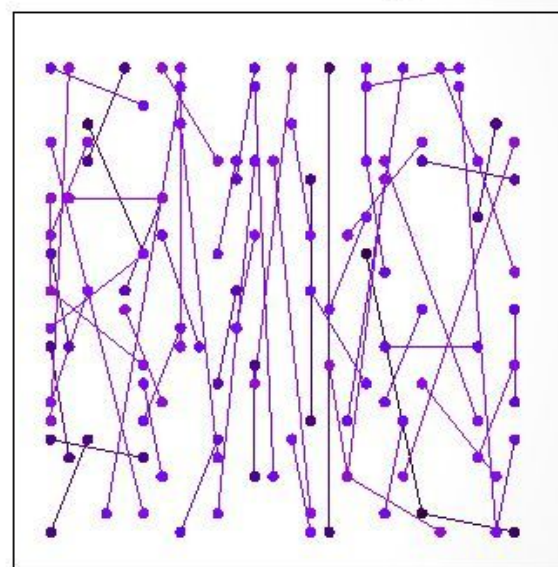
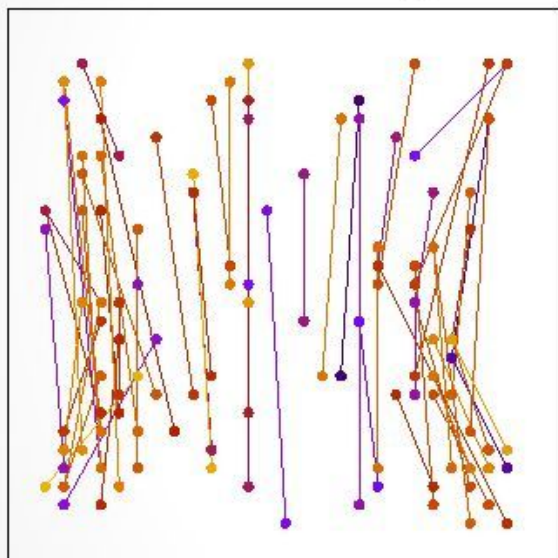
G V

---

**ORB**

**Oriented Fast and Rotated BRIEF**





---

**BRISK**

**Binary robust invariant scalable  
keypoints**

# BRISK

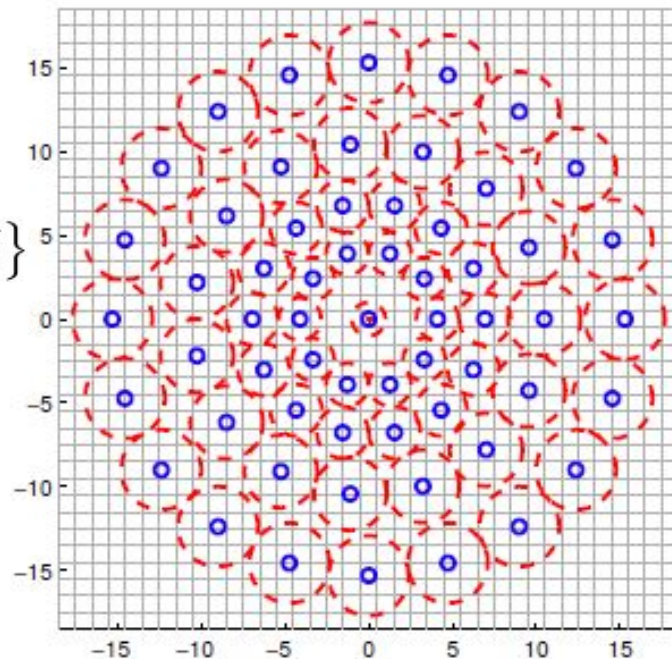
$$\mathcal{A} = \{(\mathbf{p}_i, \mathbf{p}_j) \in \mathbb{R}^2 \times \mathbb{R}^2 \mid i < N \wedge j < i \wedge i, j \in \mathbb{N}\}$$

$$\mathcal{S} = \{(\mathbf{p}_i, \mathbf{p}_j) \in \mathcal{A} \mid \|\mathbf{p}_j - \mathbf{p}_i\| < \delta_{max}\} \subseteq \mathcal{A}$$

$$\mathcal{L} = \{(\mathbf{p}_i, \mathbf{p}_j) \in \mathcal{A} \mid \|\mathbf{p}_j - \mathbf{p}_i\| > \delta_{min}\} \subseteq \mathcal{A}$$

$$\delta_{max} = 9.75t$$

$$\delta_{min} = 13.67t$$





# BRISK

$$b = \begin{cases} 1, & I(p_j^\alpha, \sigma_j) > I(p_i^\alpha, \sigma_i) \\ 0, & \textit{otherwise} \end{cases}$$

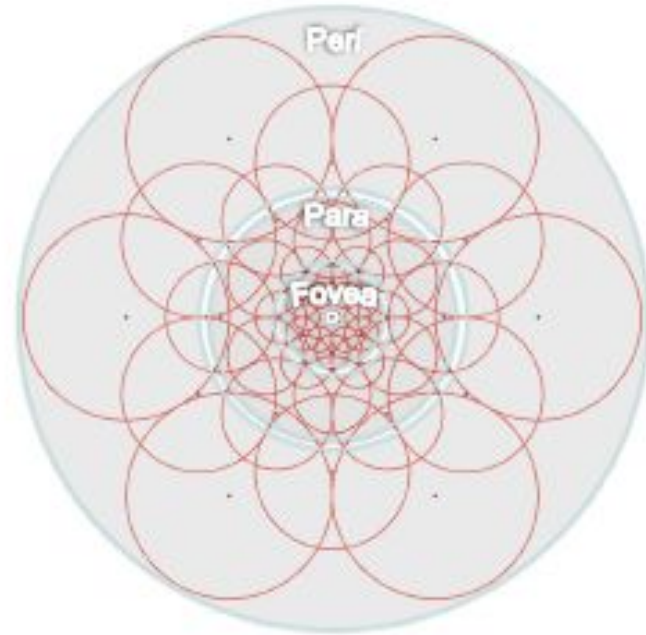
---

**FREAK**

**Fast retina keypoint**



# FREAK



---

# SIFT

# SIFT

Девид Лоу (1999)



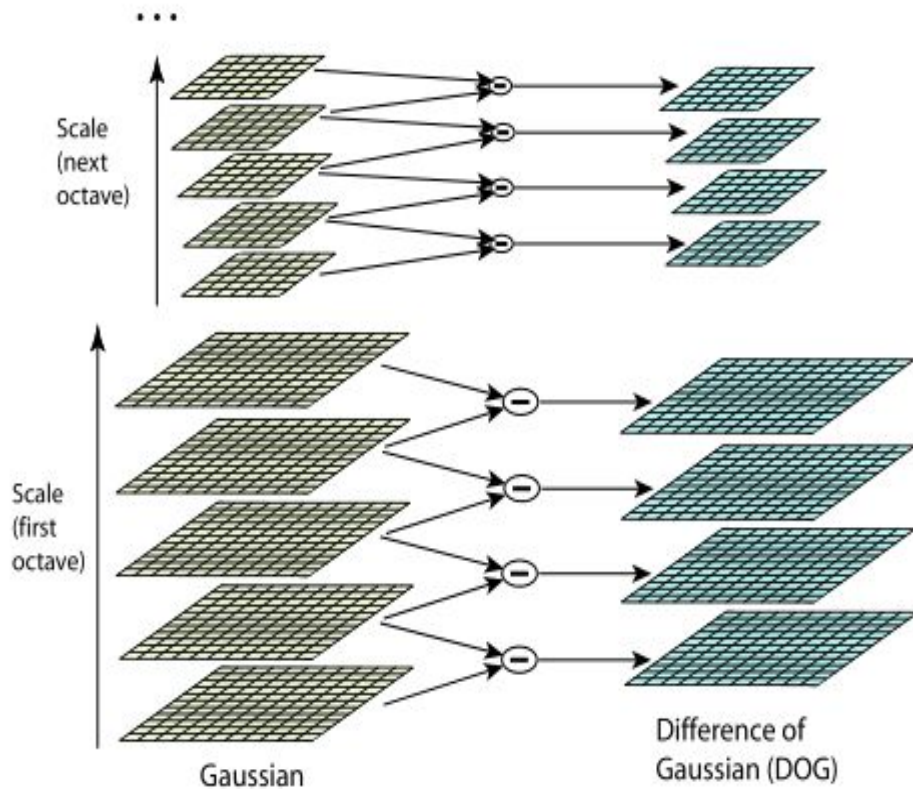




# Инвариантен

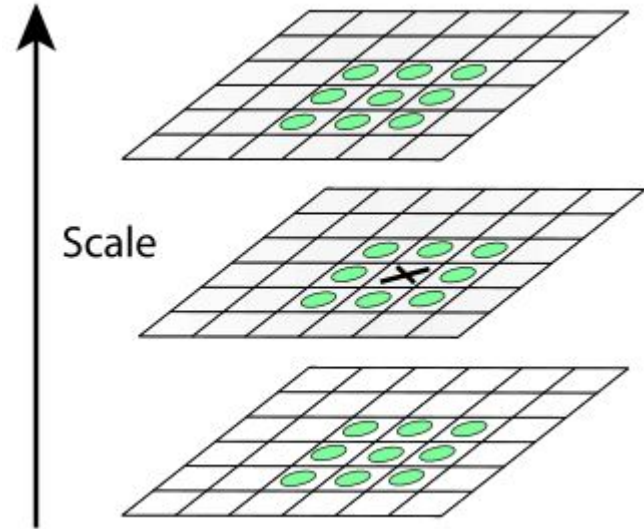
- Масштабированию
- Ориентации
- Изменению освещения
- Частично к аффинным искажениям

# Гауссова пирамид



# Нахождение особых точек

Точка является особой, если она является локальным экстремумом разности гауссиан





## Уточнение особых точек

Используем матрицу Гессе

$$H = \begin{bmatrix} D_{xx} & D_{xy} \\ D_{xy} & D_{yy} \end{bmatrix}$$



## Уточнение особых точек

Особые точки должны удовлетворять условию

$$\frac{Tr(H)^2}{Det(H)} < \frac{(r+1)^2}{r}$$

# Гистограмма направлений

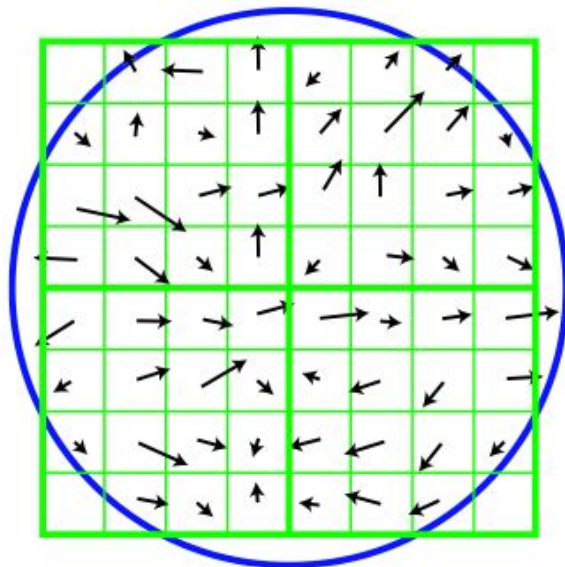
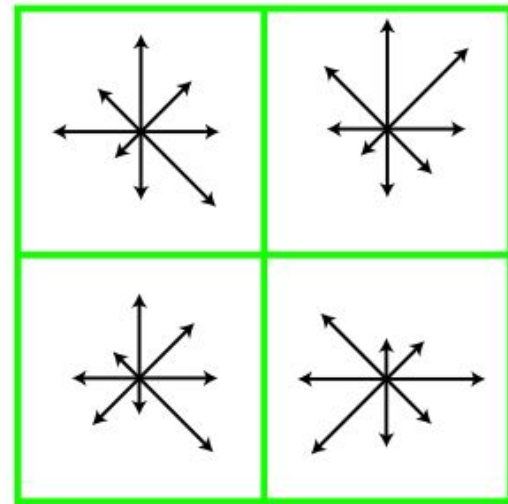
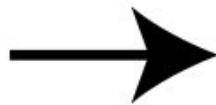


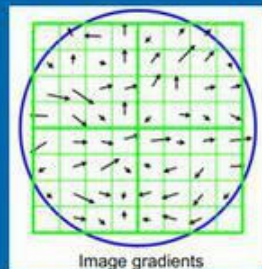
Image gradients



Keypoint descriptor

# Дескриптор SIFT

- Вычислим градиент в каждой точке



- Квантуем ориентации градиентов по 8-ми направлениям
- Строим гистограмму направления градиентов
- Можем разделить область сеткой 4x4 для учета локальных особенностей
- Итого:

- 16 (4x4) ячеек
- В каждой гистограмма 8 направлений
- = 128 элементов

