

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ХАФА

Лекция 8.

Преподаватель: Сибирцева Елена
elsibirtseva@gmail.com

**В следующий раз
отдыхаем.
Встречаемся 21 марта**

Пригашаю посмотреть на Imagine Cup Moscow...

Фичи изображения

- Края
 - Собель, Робертс, Прыюит
 - Лапласиан Гауссиана
 - (они убили) Кенни
- Характеристические точки
 - Харрис
 - SIFT
- Дескрипторы
 - SIFT
 - HOG

Фичи фигур

- Прямая линия
- Окружности и эллипсы
- Произвольная форма



Преобразование Хафа

- Hough transform
 - Дискретизируем пространство параметров модели (разделим его на ячейки)
 - Для каждой точки из данных, голосуем за все ячейки в пространстве параметров, которые соответствуют моделям, которым эта точка удовлетворяет
 - Найдем ячейки с максимум голосов

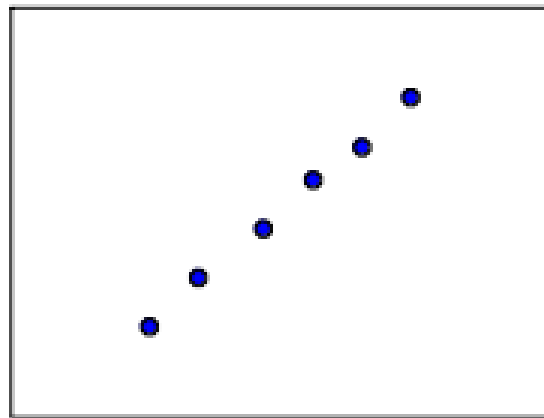
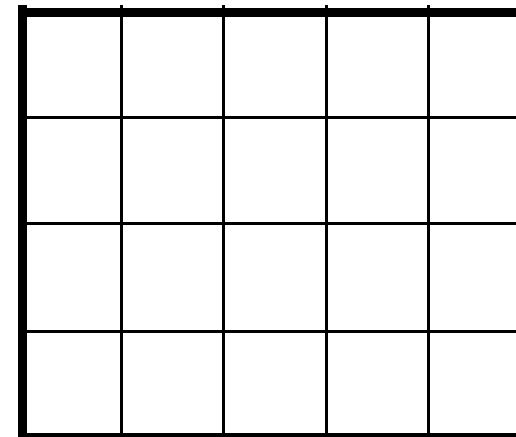
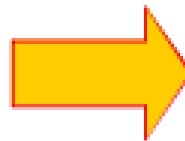


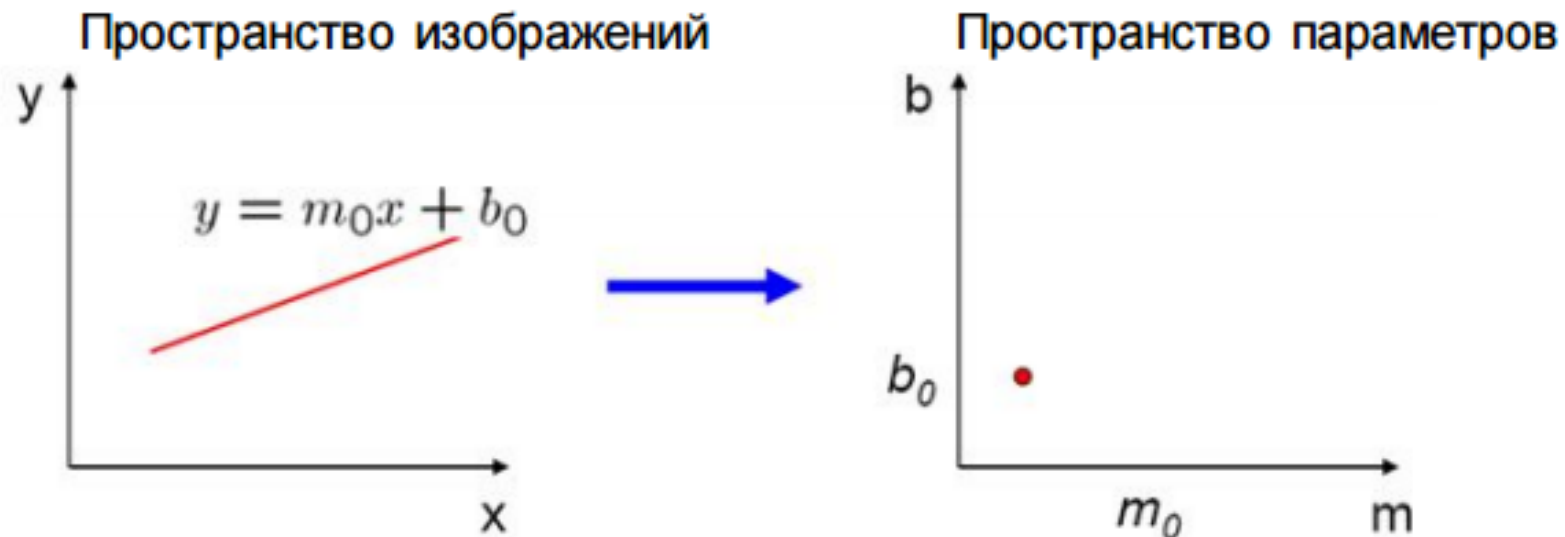
Image space



Hough parameter space

Фазовое пространство

- Пространство параметров называют *фазовым пространством*
- Рассмотрим пример для линий
- Каждая линия на изображении соответствует точке в фазовом пространстве
- Необходимо, что всевозможные линии на изображении соответствовали ограниченной области в фазовом пространстве



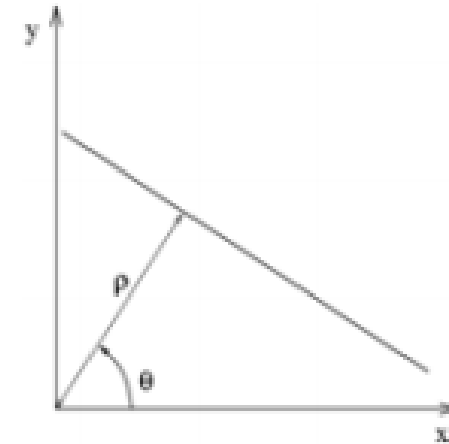
МАТЕМАТИКА

ИЗДАТЕЛЬСТВО
«УЧЕБНИК»
А. И. КОЗЛОВ
С. А. ГАВРИЛЦЕВ

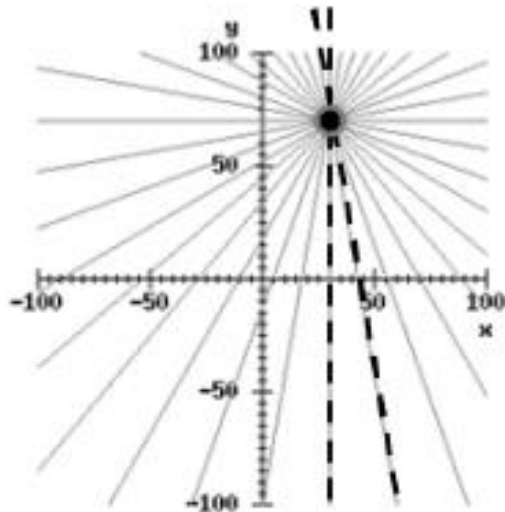
**МАТЕМАТИКА,
БЕССЕРДЕЧНАЯ ТЫ
СВОЛОЧЬ!**

Уравнение прямой

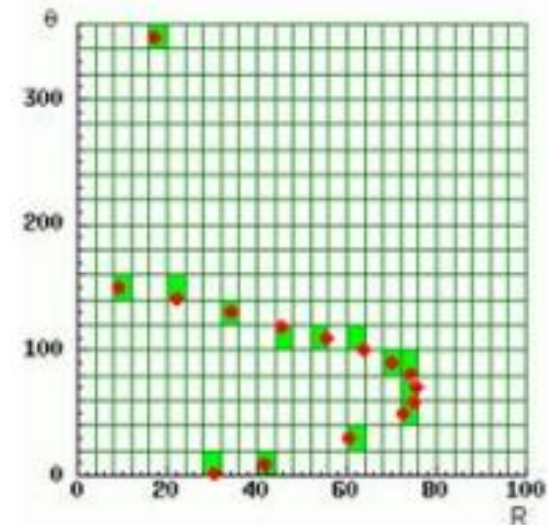
- Выберем такую параметризацию модели, в которой параметры изменяются в ограниченных пределах.
- Пр: $x \cos\theta + y \sin\theta = R$
 - R - длина перпендикуляра опущенного на прямую из начала координат
 - R ограничено размерами входного изображения.
 - θ - угол между перпендикуляром к прямой и осью OX
 - θ изменяется в пределах от 0 до 2π



Фазовое пространство



Через одну точку можно провести несколько прямых. Учитывая дискретность их будет конечное число.

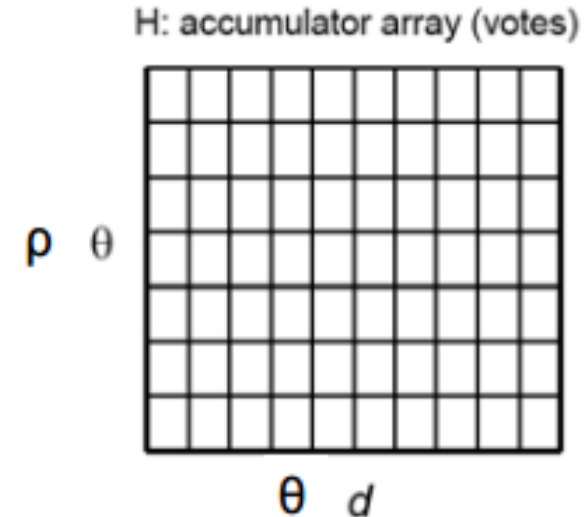


Каждой прямой пространства (x, y) соответствует точка фазового пространства (R, θ) . Прямые с левого рисунка образуют синусоиду.

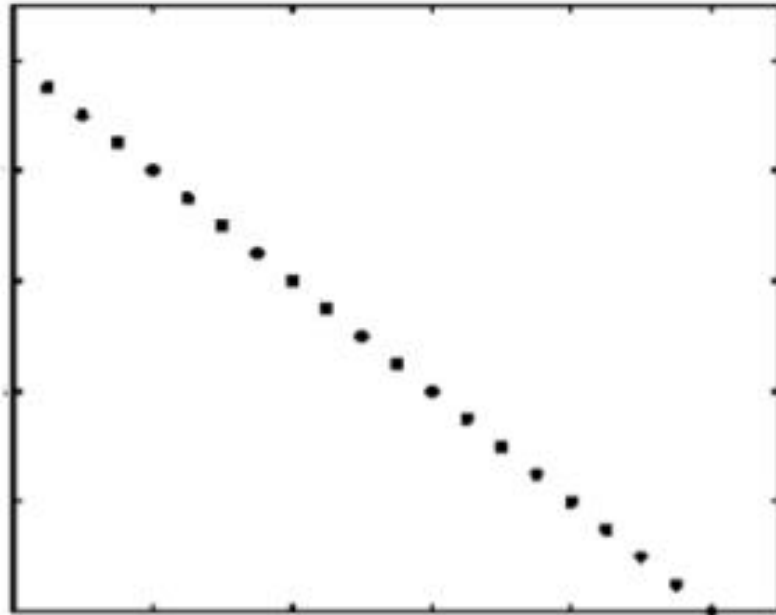
- Дискретизируем фазовое пространство
- Счетчик ставится в соответствие каждой ячейке сетки $[R_i, R_{i+1}] \times [\theta_i, \theta_{i+1}]$
- За эту ячейку «голосуют» точки (x, y) , удовлетворяющие:
$$x \cos \theta + y \sin \theta = R, \text{ где } \theta_i \leq \theta \leq \theta_{i+1}, R_i \leq R \leq R_{i+1}$$

Схема алгоритма для линий

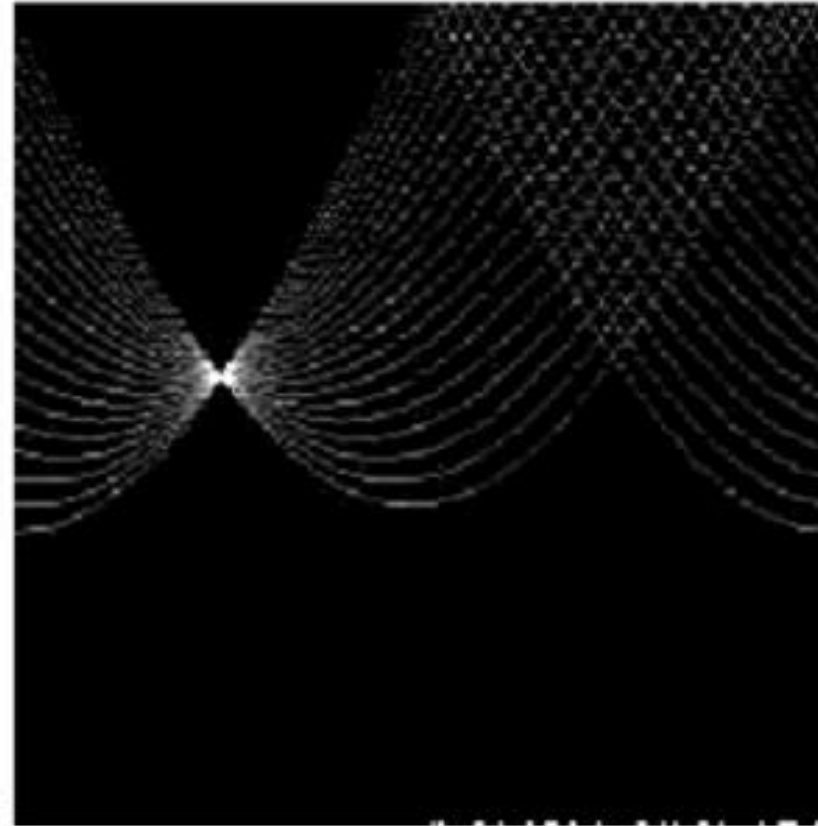
- Инициализируем аккумулятор H нулями
- Для каждой точки края(x,y) на изображении
 - For $\theta = 0$ to 180
 - $\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$
 - $H(\theta, \rho) = H(\theta, \rho) + 1$
 - end
- end
- Найти значения (θ, ρ) где $H(\theta, \rho)$ достигает локального максимума
 - Найденные линии задаются формулой
$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$$



Пример



точки



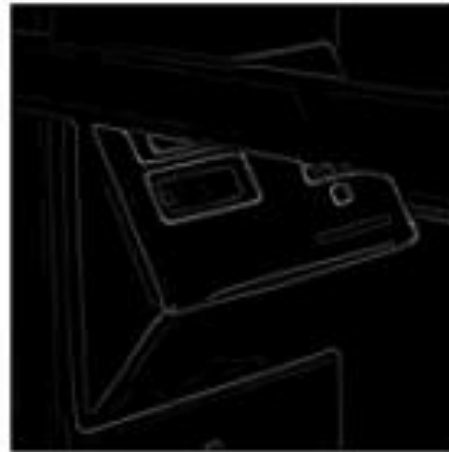
голоса

Какие значения аккумулятора в темных областях?

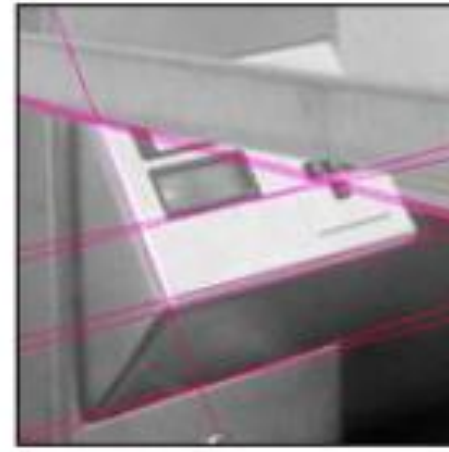
Пример



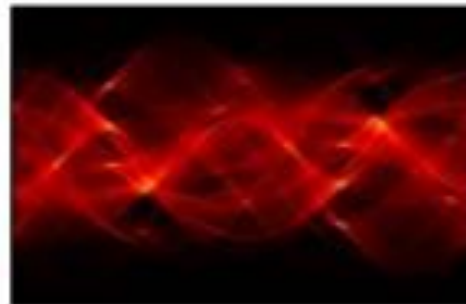
Исходное изображение



Выделенные края



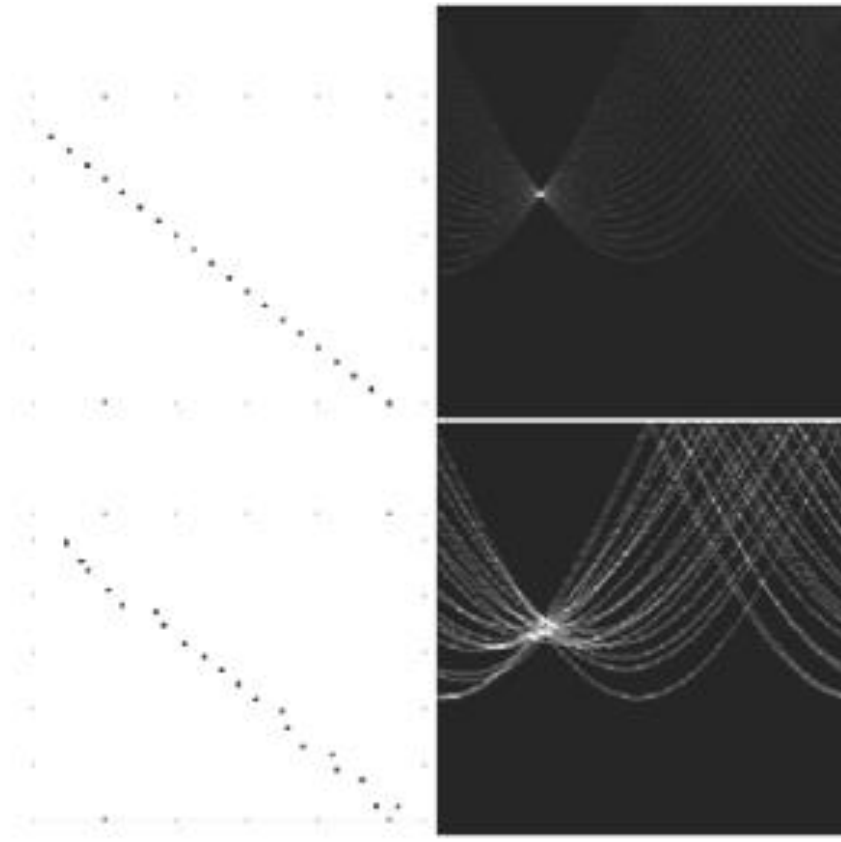
Найденные прямые



Фазовое пространство

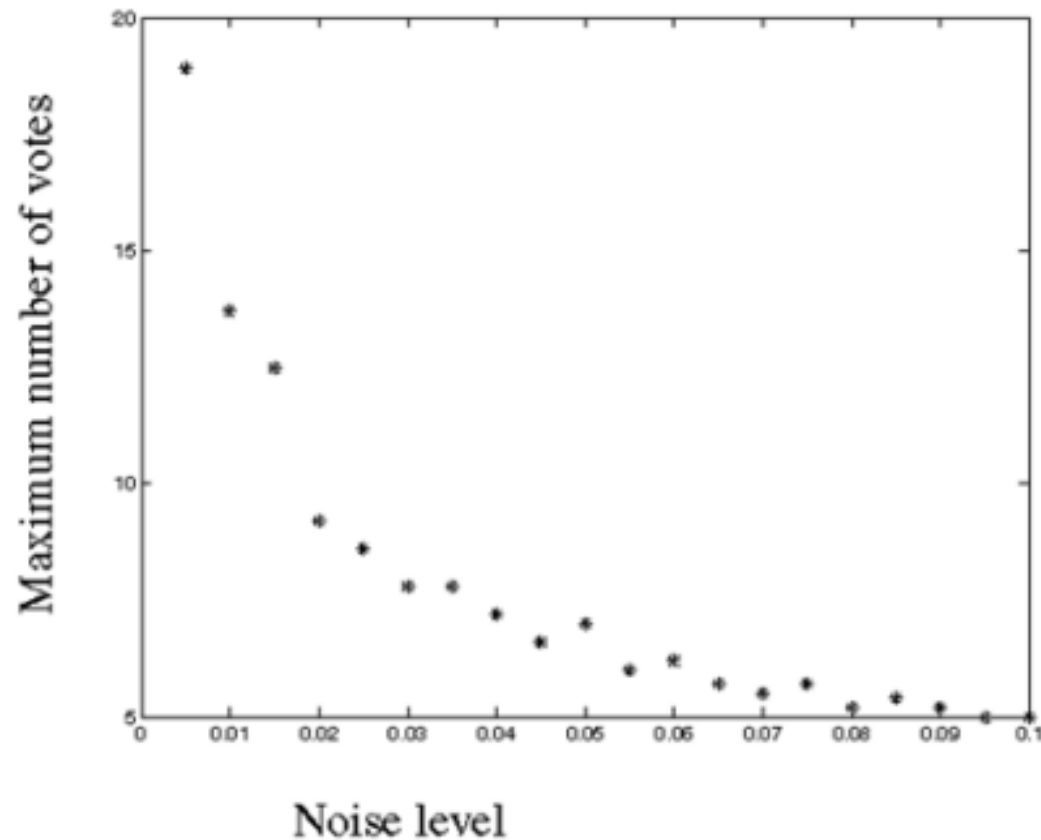
Влияние шума

Шум приводит к «размытию» максимумов

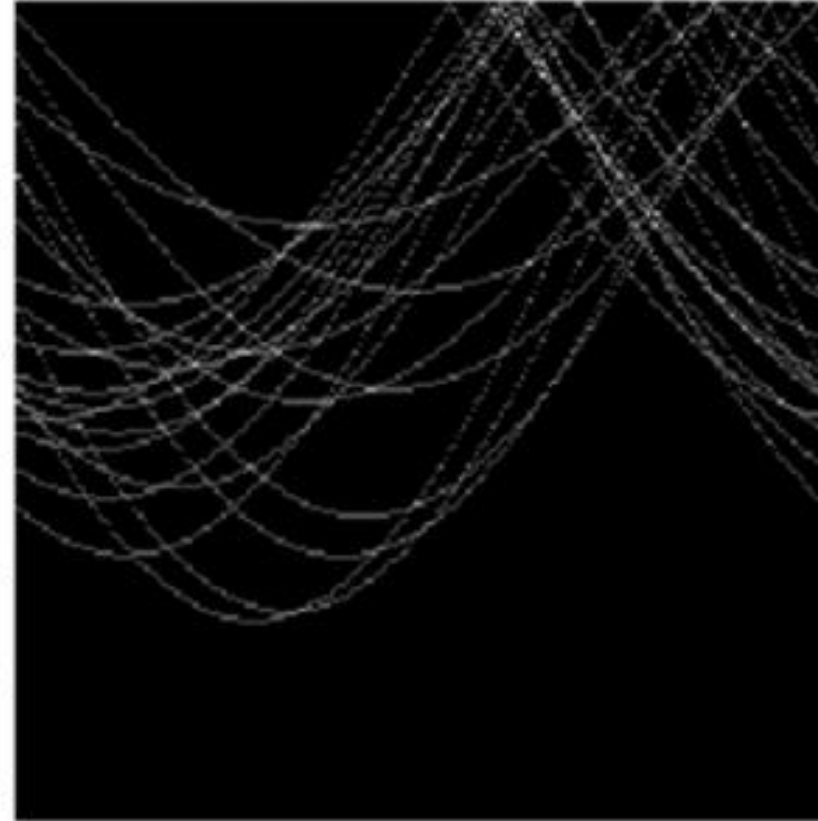
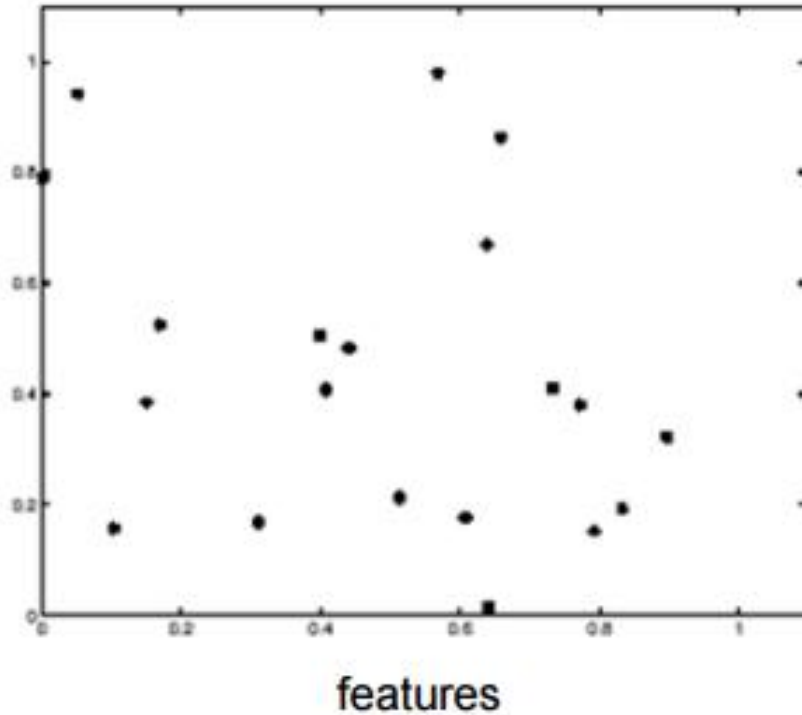


Влияние шума

Количество голосов за линию из 20 точек с увеличением шума:

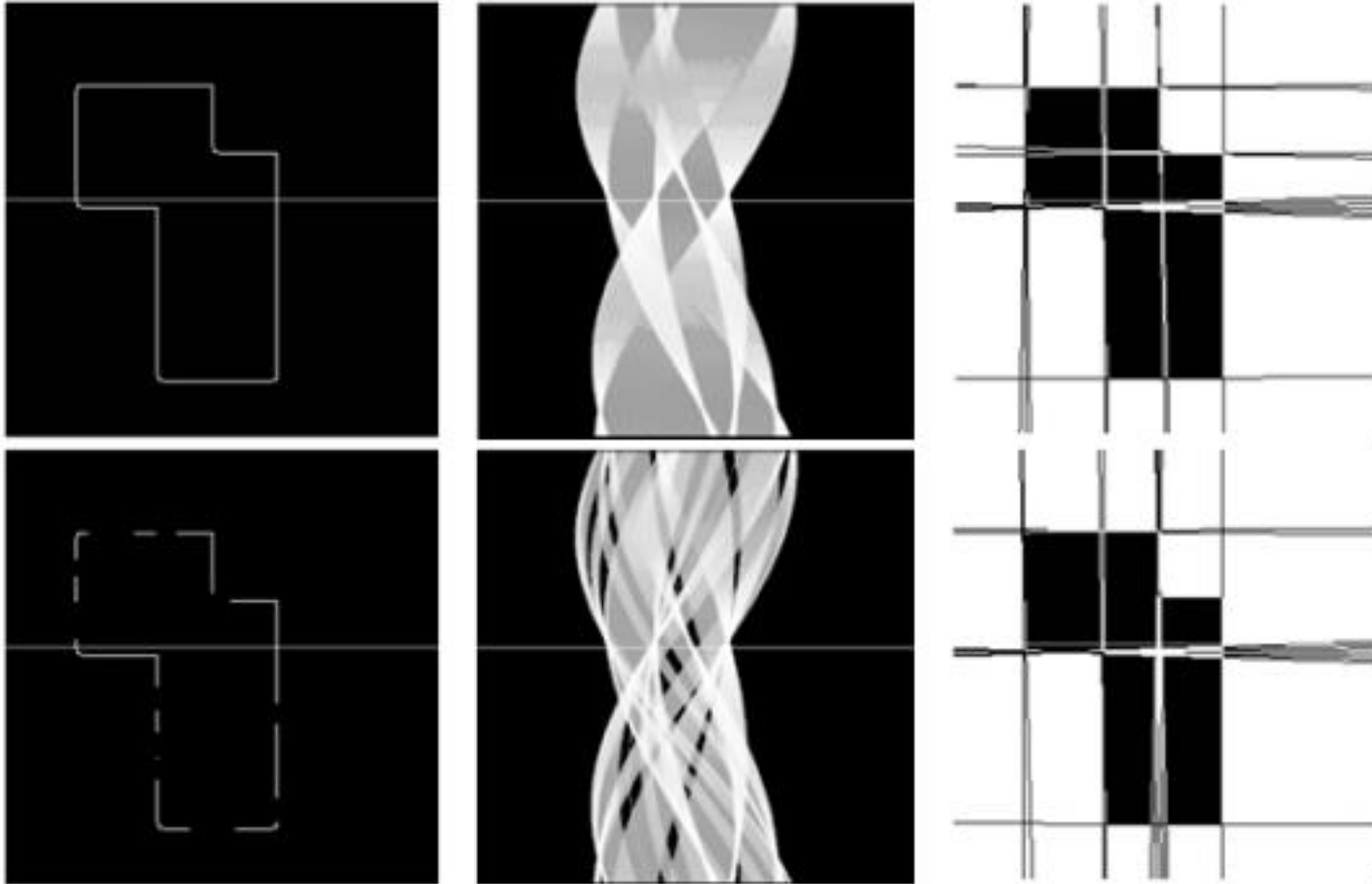


Случайные точки (выбросы)



Равномерно распределенные точки могут приводит к
случайным пикам в аккумуляторе

Неполнота данных



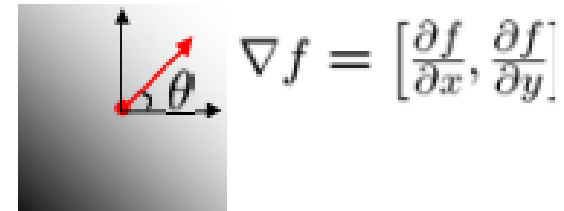
Пропущенные данные также приводят к размытию значений в аккумуляторе

Hot Tips

- Выбор правильной сетки
 - Слишком грубая: несколько близких линий будут голосовать за одну ячейку
 - Слишком мелкая: можно пропустить линии, т.к. зашумленные точки будут голосовать за разные ячейки
- Для поиска максимумов можно сглаживать значения в аккумуляторе
- Какая точка соответствует какой линии?
 - Помечаем голоса
- Отфильтровать лишние признаки
 - Для линий, стоит брать точки на краях только с большим градиентом

Учет градиента

- Когда мы находим края, мы знаем также градиент
- Это значит, что направление линии уже определено!
- Усовершенствованный метод:



$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\partial f / \partial y}{\partial f / \partial x} \right)$$

```
For each edge point (x,y)
    θ = gradient orientation at (x,y)
    ρ = x cos θ + y sin θ
    H(θ, ρ) = H(θ, ρ) + 1
end
```

**[http://liquify.eu/project/HoughTr
ansform/](http://liquify.eu/project/HoughTransform/)**

В следующих сериях...



$\sin(x)$



$\cos(x)$



$\tan(x)$



$\cot(x)$



$|x|$



x



x^2



$x^2 + y^2$



\sqrt{x}



$\sqrt{-x}$



$\frac{1}{x}$



crap.