

Курс “Анализ изображений”

Лекция#3.

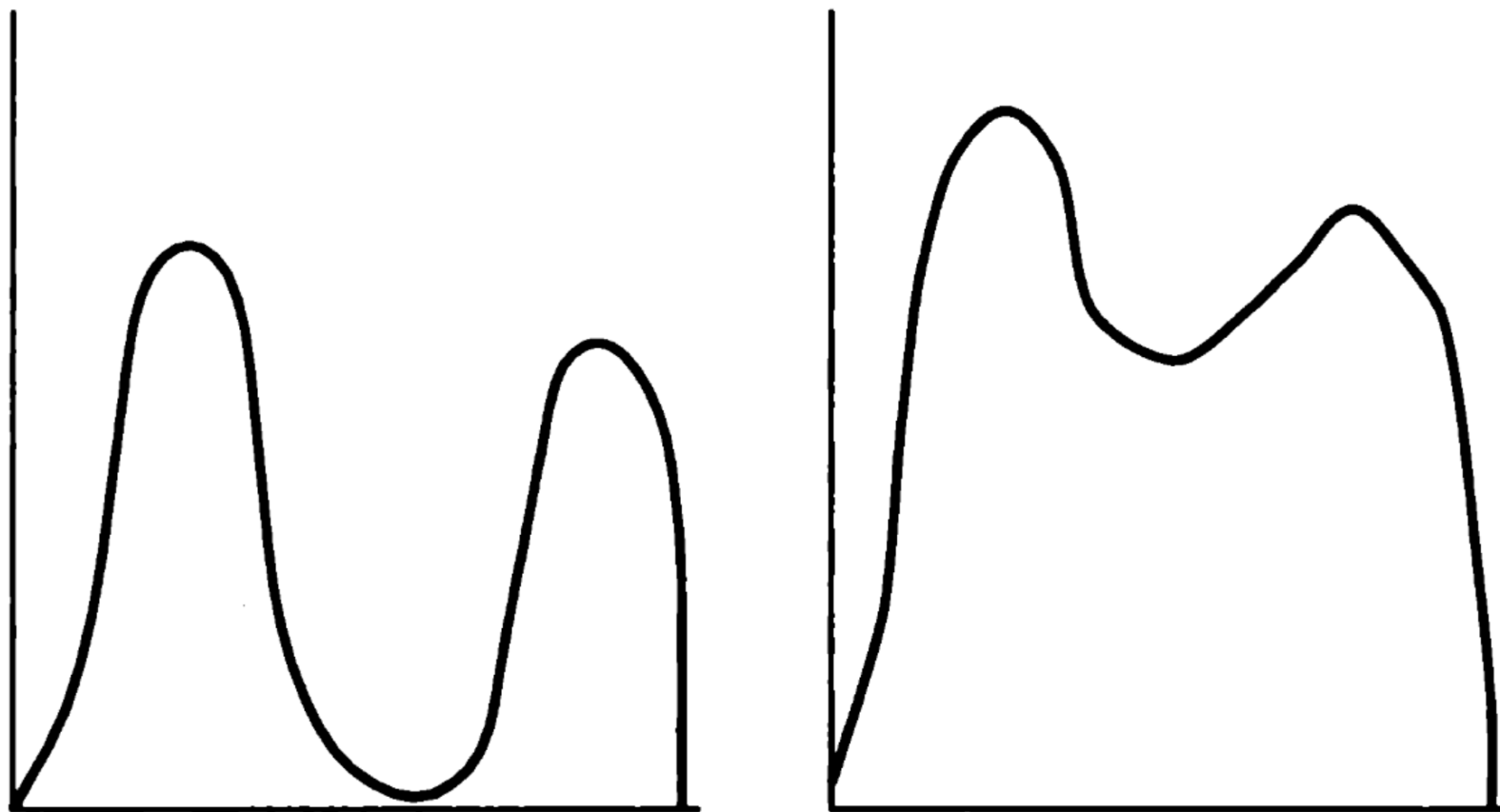
Текстура. Глобальная бинаризация.
Локальная бинаризация. Преобразование
Хафа. Обнаружение прямых.

Часть слайдов взяты из лекций Конушина А.

ФИВТ МФТИ

2017

Бимодальное распределение



Бинаризация Отсу

Внутриклассовая дисперсия (при разделении по порогу t):

$$\sigma_W^2 = q_1 \sigma_1^2 + q_2 \sigma_2^2$$

$$q_1 = \sum_{i=1}^t P(i)$$
$$\mu_1 = \sum_{i=1}^t \frac{iP(i)}{q_1}$$
$$\sigma_1^2(t) = \sum_{i=1}^t \frac{[i - \mu_1]^2 P(i)}{q_1}$$

$$q_2 = \sum_{i=t+1}^I P(i)$$
$$\mu_2 = \sum_{i=t+1}^I \frac{iP(i)}{q_2}$$
$$\sigma_2^2 = \sum_{i=t+1}^I \frac{[i - \mu_2]^2 P(i)}{q_2}$$

Бинаризация Отсу

- Межклассовая дисперсия:

$$\sigma_B^2 = \sigma_T^2 - \sigma_B^2 = q_1(\mu_1 - \mu_T)^2 + q_2(\mu_2 - \mu_T)^2 = q_1 q_2 (\mu_2 - \mu_1)^2$$

- Алгоритм:
 1. Минимизировать σ_B^2 , последовательно перебирая все возможные пороги
 2. Для ускорения использовать интегрированную гистограмму
- Для цветных изображений: последовательно выбирать, по какой оси разбивать цветовой куб, исходя из минимума σ_B^2

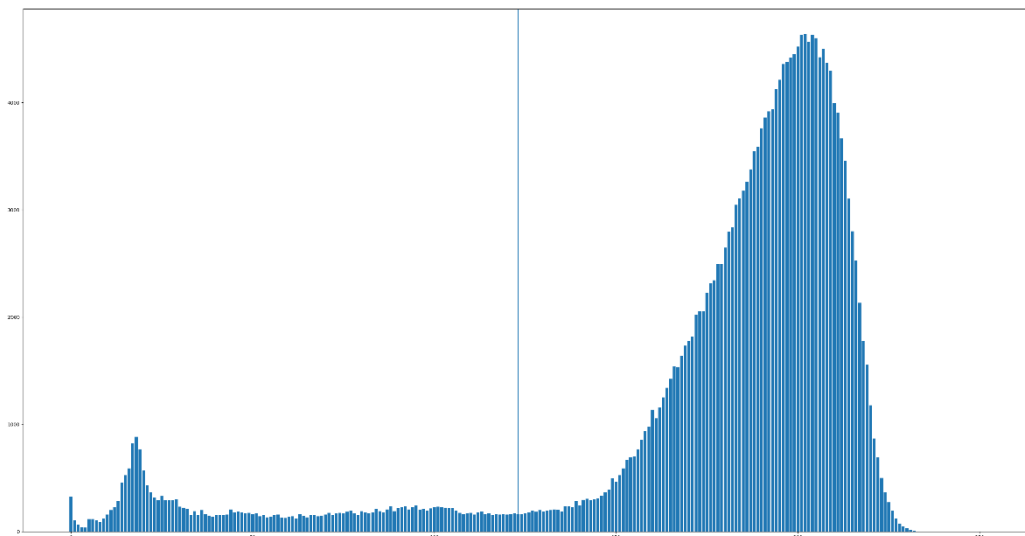
Бинаризация Отсу

A new offline handwritten database for the which contains full Spanish sentences, has re the Spartacus database (which stands for Spar Task of Cursive Script). There were two main this corpus. First of all, most databases do sentences, even though Spanish is a widespread important reason was to create a corpus from tasks. These tasks are commonly used in practice use of linguistic knowledge beyond the lexical process.

As the Spartacus database consisted mainly and did not contain long paragraphs, the writer a set of sentences in fixed places: dedicated the forms. Next figure shows one of the forms process. These forms also contain a brief set

A new offline handwritten database for the which contains full Spanish sentences, has re the Spartacus database (which stands for Spar Task of Cursive Script). There were two main this corpus. First of all, most databases do sentences, even though Spanish is a widespread important reason was to create a corpus from tasks. These tasks are commonly used in practice use of linguistic knowledge beyond the lexical process.

As the Spartacus database consisted mainly and did not contain long paragraphs, the writer a set of sentences in fixed places: dedicated the forms. Next figure shows one of the forms process. These forms also contain a brief set



Локальная бинаризация

- Ниблэк

$$T(x, y) = \mu(x, y) + k \sigma(x, y)$$

- μ – оконное среднее, σ – оконное среднеквадратичное отклонение
- Размер окрестности: минимальный, сохраняющий локальные особенности
- Модификации – вводят дополнительные параметры, позволяющие устранить чувствительность к шуму

Локальная бинаризация

тер

Григорий Рудницкий

ications, мы попросили рассказать стар-

**витие тех-
рать роль**

. Конечно,
тя правды.
двигателем
жения для
ранявшие-

на базе технологии Microsoft WPF, но при разработке второй версии в The New York Times решили полностью отказаться от продуктов Microsoft в нашу пользу. Ведь если вдуматься, эта программа не просто дает возможность читать новости и статьи с экрана компьютера, в ней есть несколько интересных функций, реализация которых

тер

Григорий Рудницкий

ications, мы попросили рассказать стар-

**витие тех-
рать роль**

. Конечно,
тя правды.
двигателем
жения для
ранявшие-

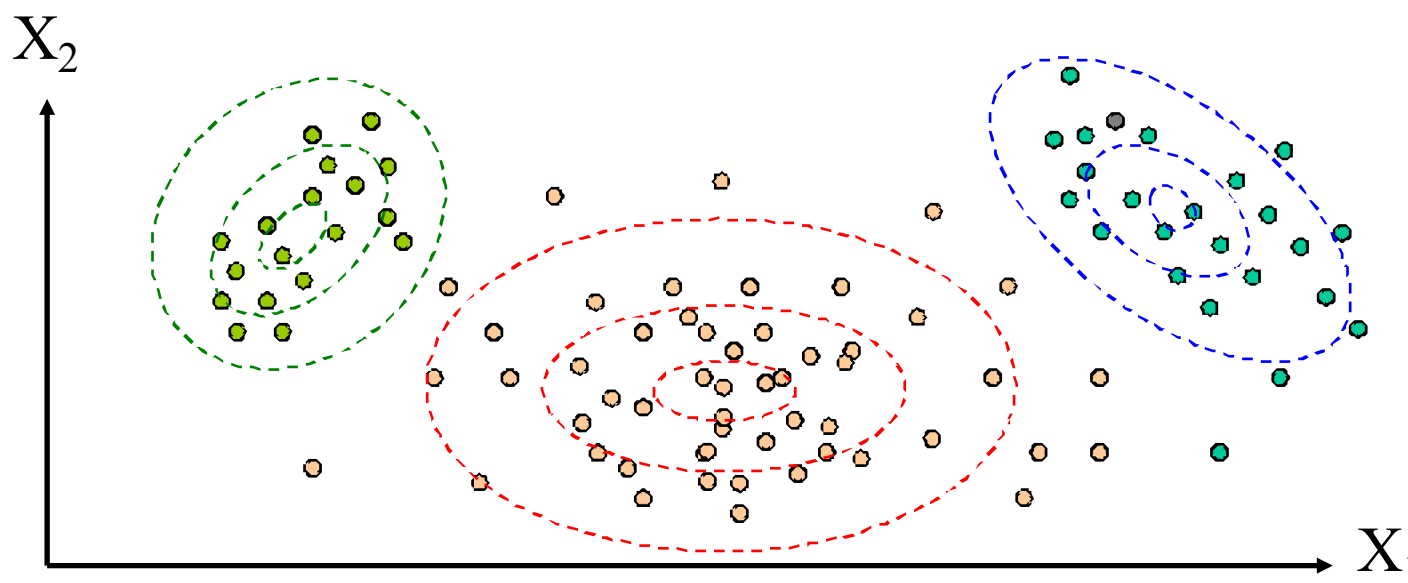
на базе технологии Microsoft WPF, но при разработке второй версии в The New York Times решили полностью отказаться от продуктов Microsoft в нашу пользу. Ведь если вдуматься, эта программа не просто дает возможность читать новости и статьи с экрана компьютера, в ней есть несколько интересных функций, реализация которых



Кластеризация

Метод k-средних – метод **кластеризации** данных.

Целью *задачи кластеризации* является разбиение множества объектов на группы (кластеры) на основе некоторой меры сходства объектов.





Сегментация через кластеризацию

Что в случае сегментации изображения «объекты»?

- «Пиксели» изображения
- Мы «группируем» пиксели по похожести
- По каким признакам можем оценить похожесть пикселей?



Кластеризация К-средними

- Дано:
 - Набор векторов x_i $i=1, \dots, p$
 - k – число кластеров, на которые нужно разбить набор x_i
- Найти:
 - k векторов m_j , $j=1, \dots, k$ (центров кластеров)
 - Отнести каждый из векторов x_i к одному из k кластеров
 - При этом должен достигаться минимум суммы квадратов Евклидовых расстояний между точками x_i и назначенными им центрами кластеров m_j

$$D(X, M) = \sum_{\text{cluster } k} \sum_{\substack{\text{point } i \text{ in} \\ \text{cluster } k}} (x_i - m_j)^2$$

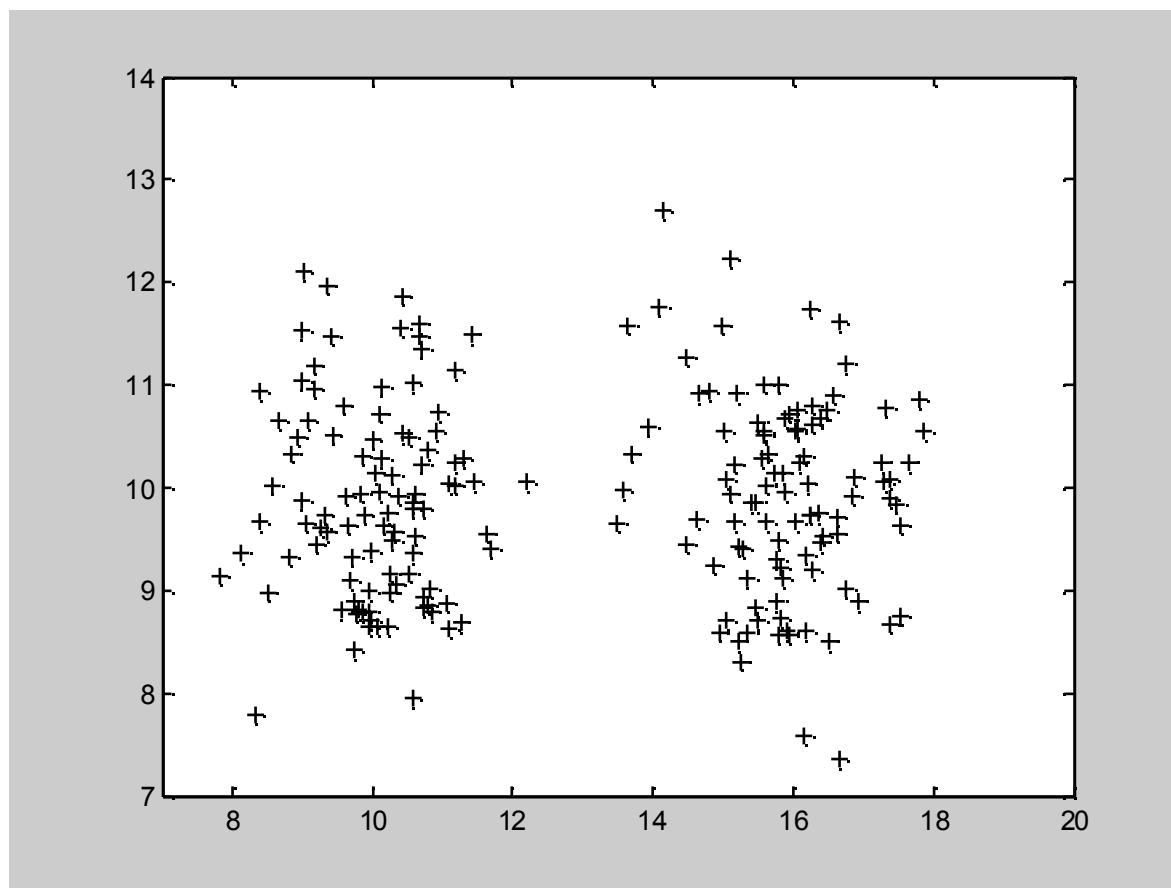


Алгоритм k-средних

1. Случайным образом выбрать k средних m_j
 $j=1, \dots, k$
2. Для каждого x_i $i=1, \dots, p$:
 - подсчитать расстояние от x_i до каждого из m_j
 $j=1, \dots, k$
 - Отнести (приписать) x_i к кластеру j' ,
расстояние до центра которого $m_{j'}$
минимально
3. Пересчитать средние m_j $j=1, \dots, k$ по всем кластерам
4. Повторять шаги 2, 3 пока кластеры не перестанут изменяться



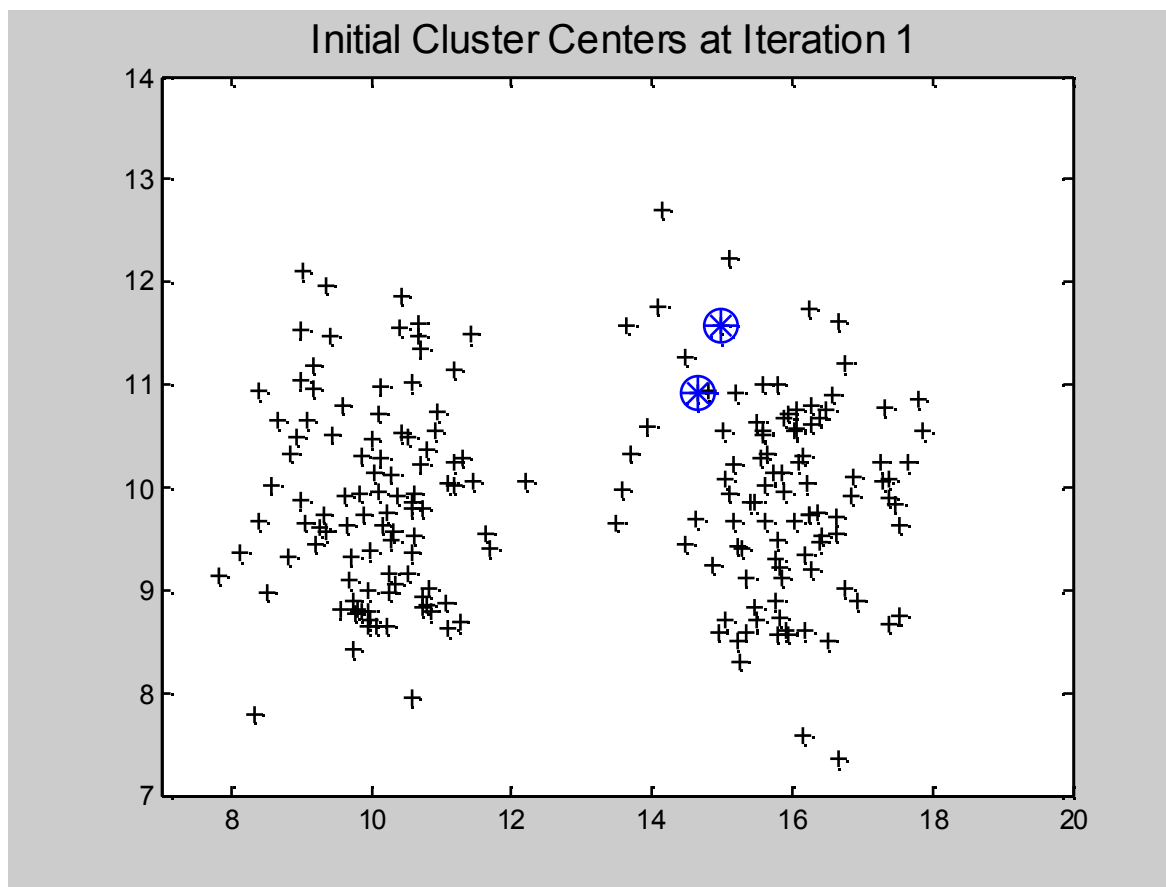
Пример кластеризации в 2D



Исходные данные



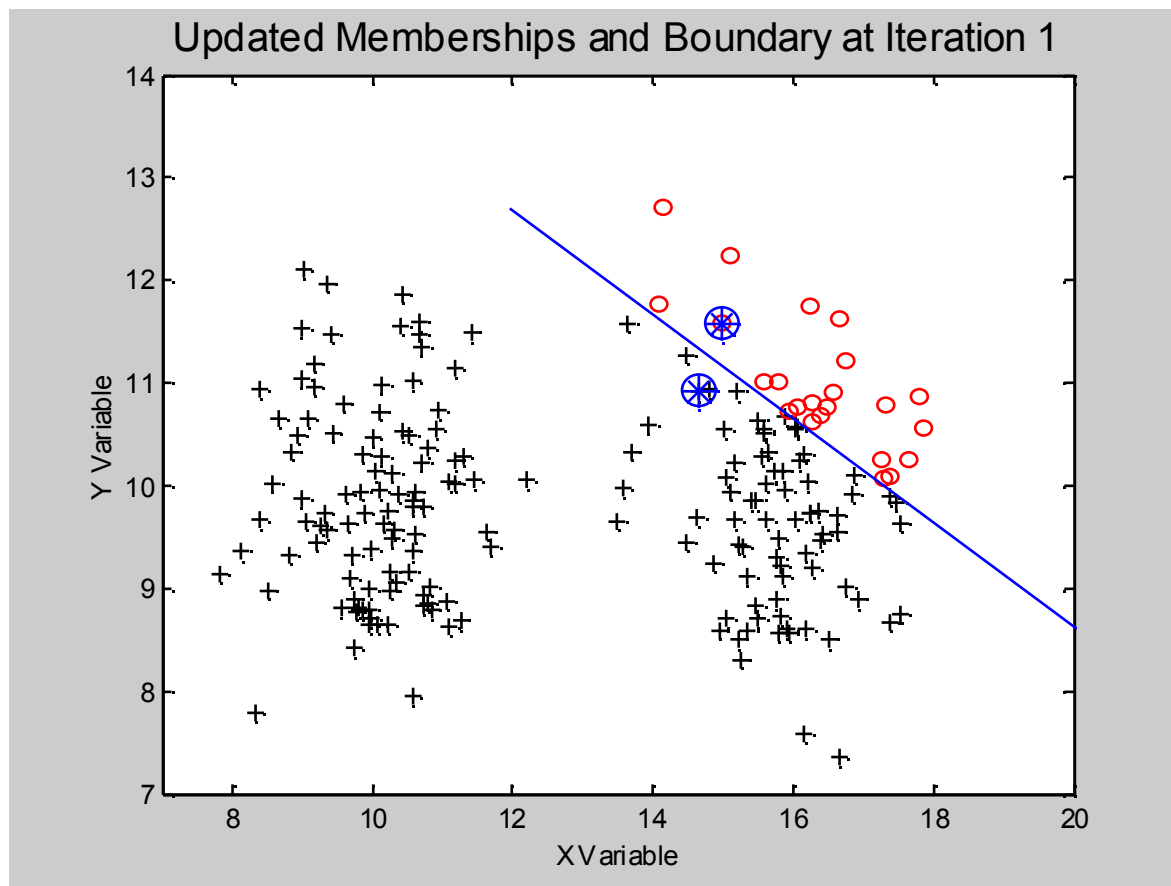
Пример кластеризации в 2D



Случайная инициализация центров кластеров (шаг 1)



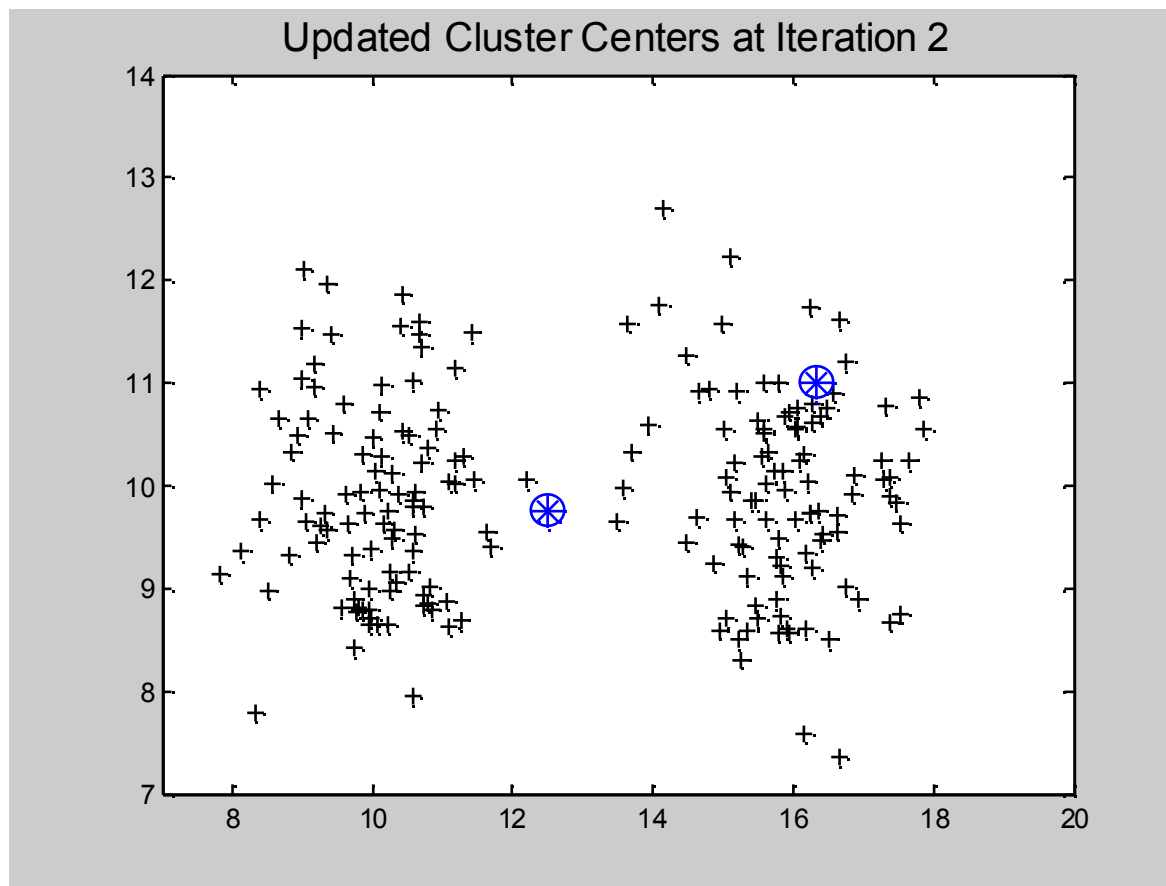
Пример кластеризации в 2D



Кластеры после первой итерации (шаг 2)



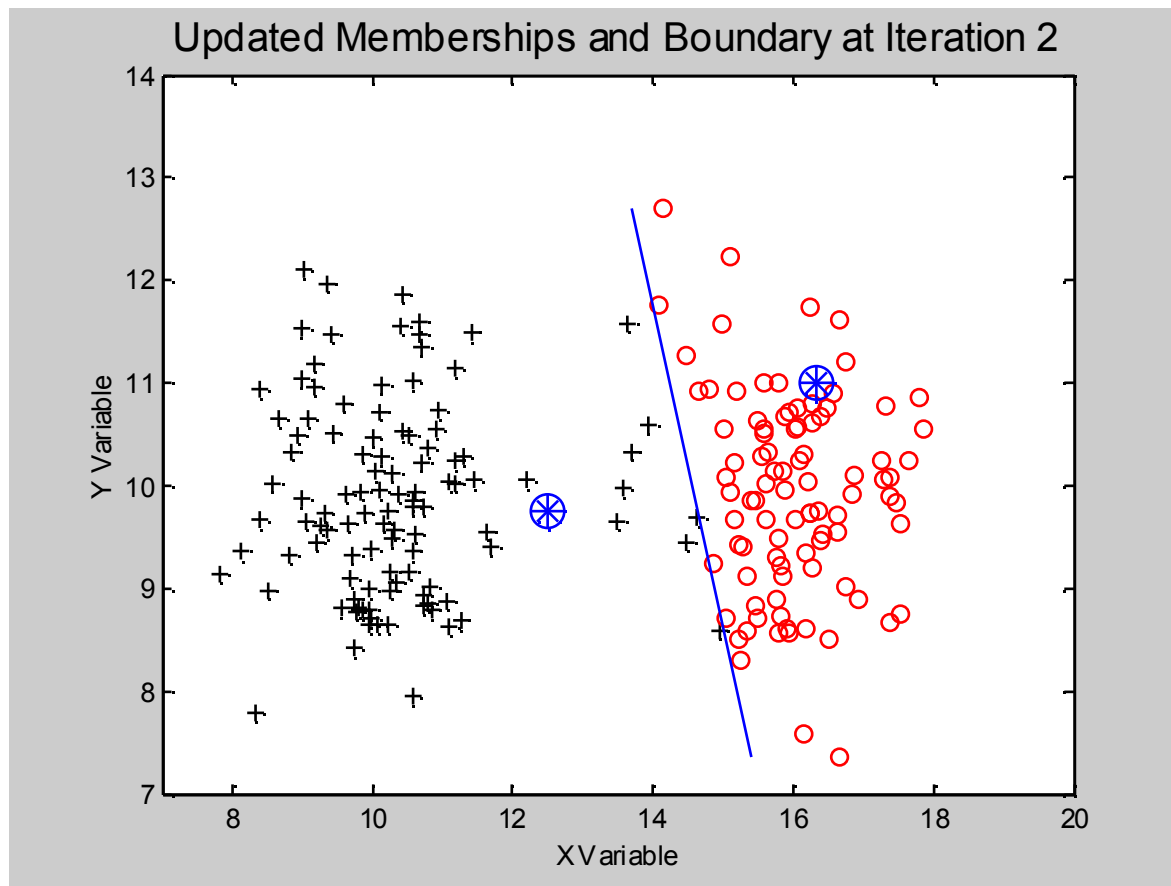
Пример кластеризации в 2D



Пересчет центров кластеров после первой итерации (шаг 3)



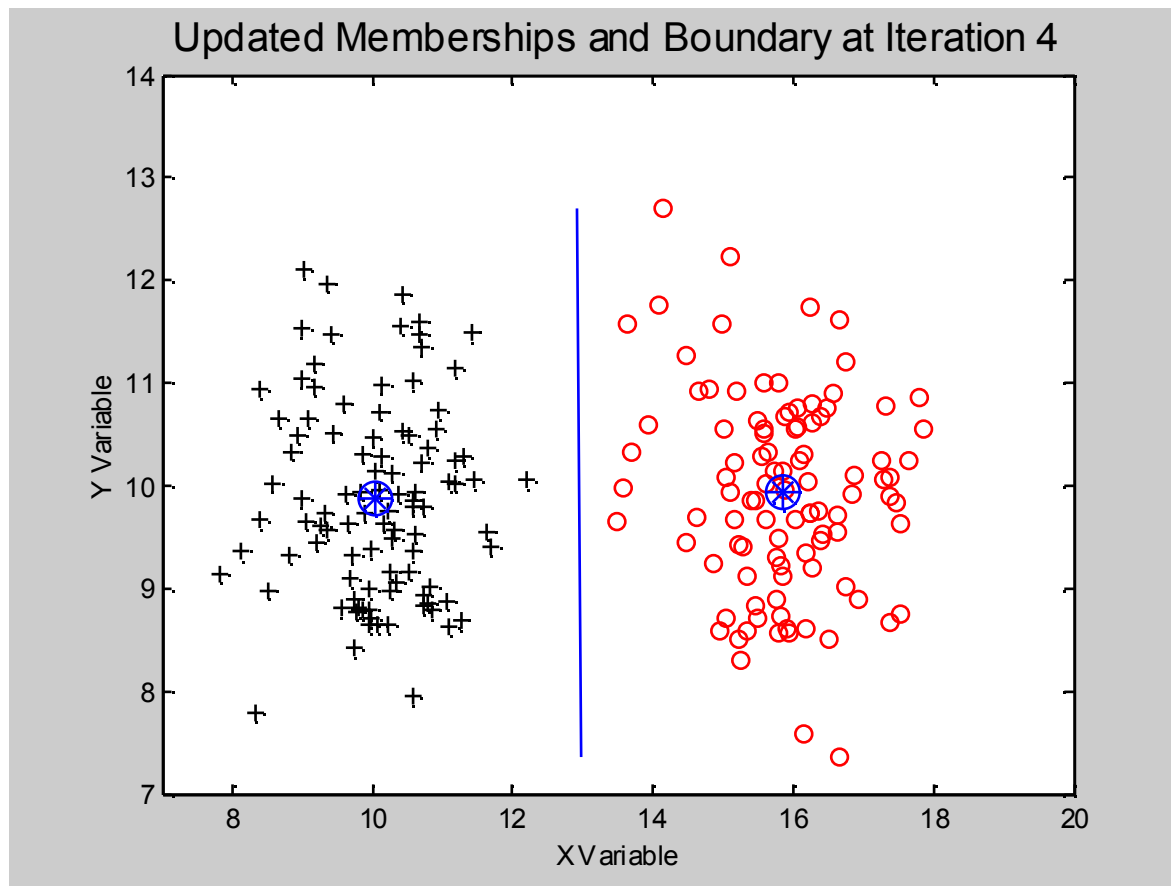
Пример кластеризации в 2D



Кластеры после второй итерации (шаг 2)



Пример кластеризации в 2D

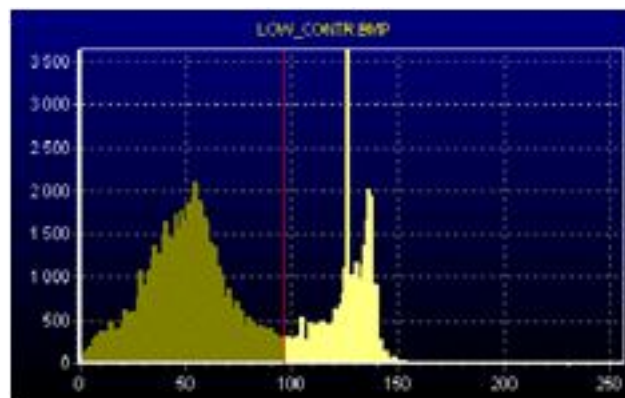


Стабильная конфигурация после четвертой итерации



Сегментации изображения по яркости

Рассматриваем *одномерное пространство яркостей пикселей* и производим в нем кластеризацию с помощью *k-средних*. Это дает автоматическое вычисление яркостных порогов.



(Для получения бинарного изображения $k=2$)



Алгоритм К-средних. Примеры.

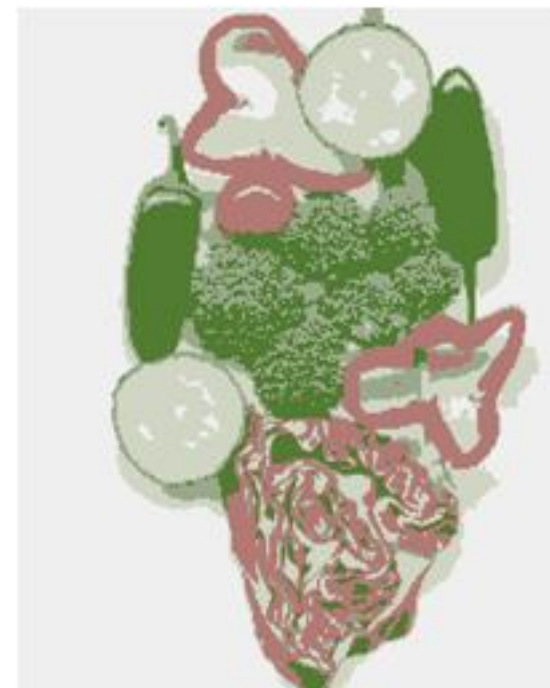


Исходное изображение



Кластеры по яркости

Вектор признак – {яркость}



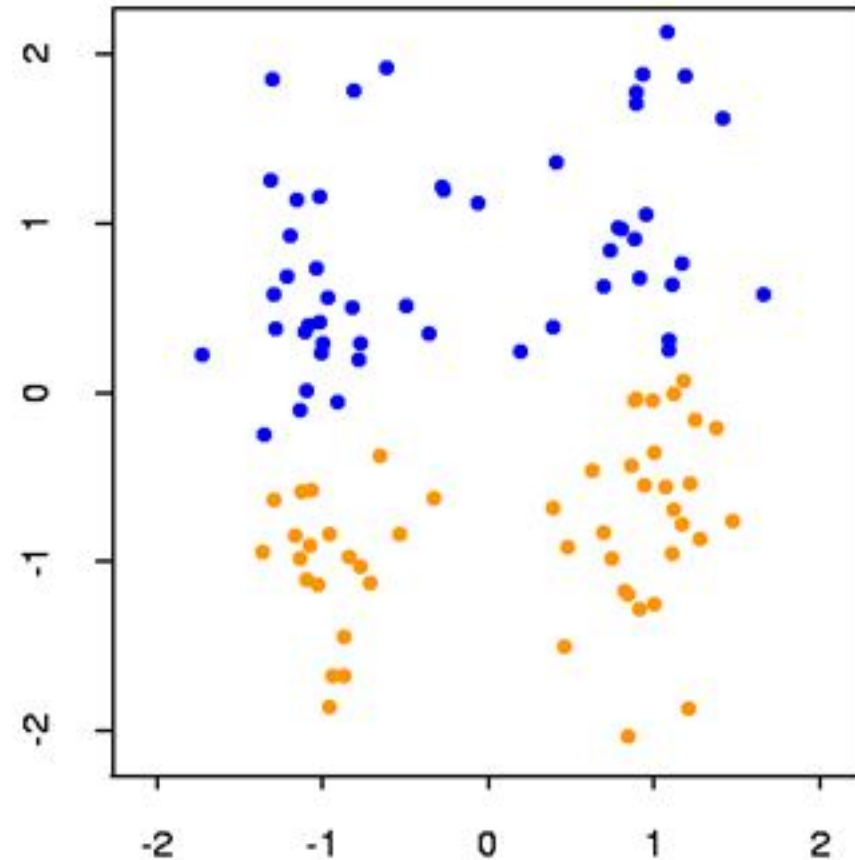
Кластеры по цвету

Вектор признак – {R, G, B}



Алгоритм К-средних

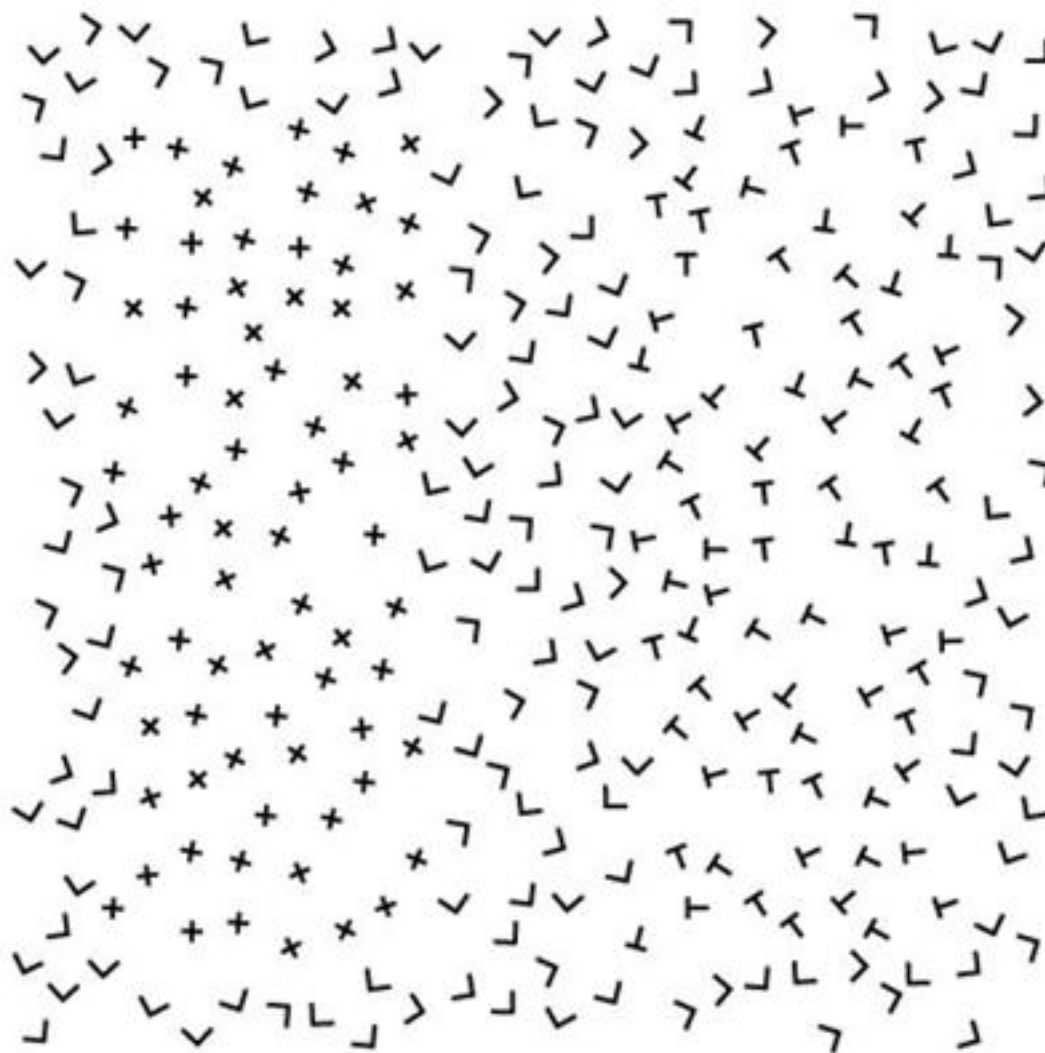
- Однопараметрический
 - Требуется знание только о количестве кластеров
- Рандомизирован
 - Зависит от начального приближения
- Не учитывает строение самих кластеров



Есть целый ряд других, более совершенных методов кластеризации!



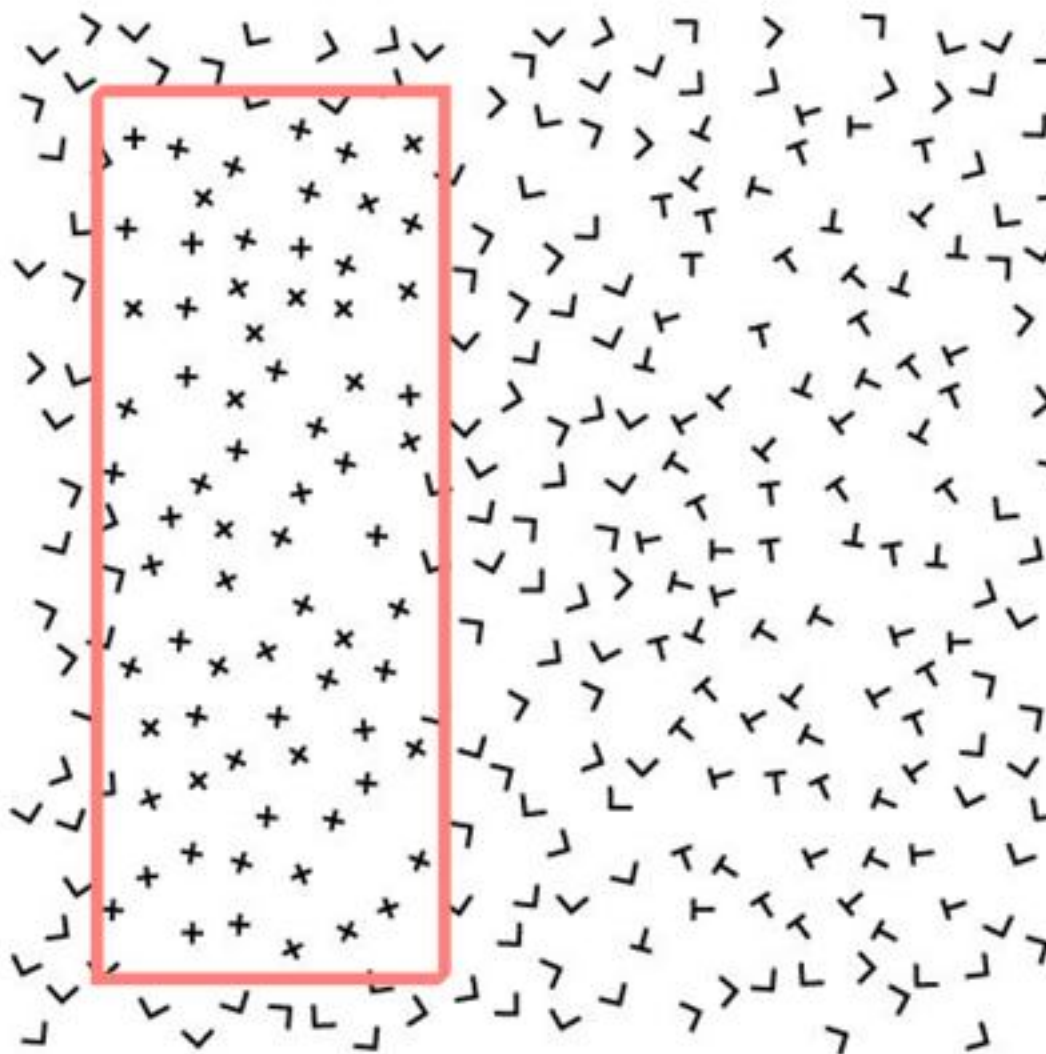
Пример



Видите отдельные области?

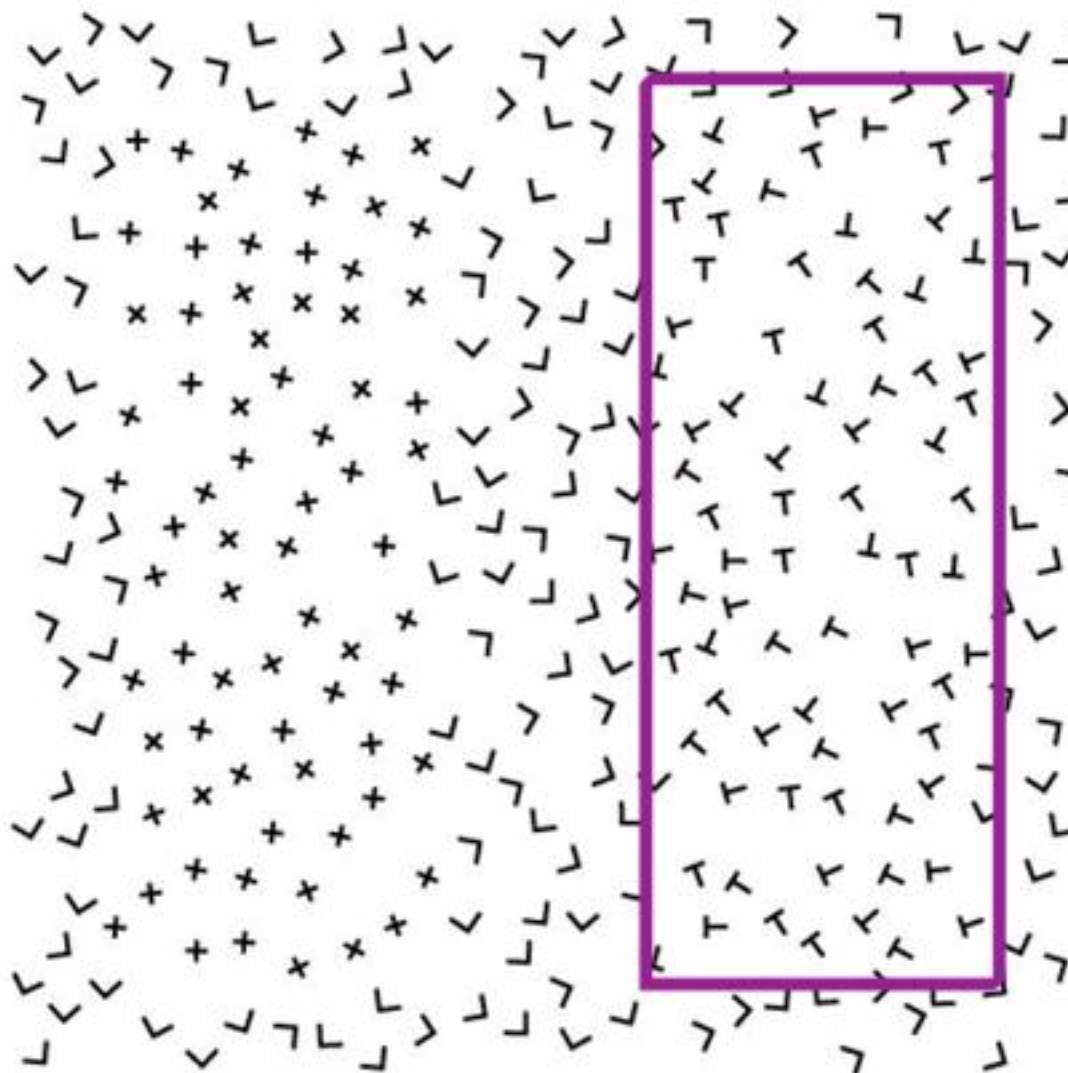


Область 1



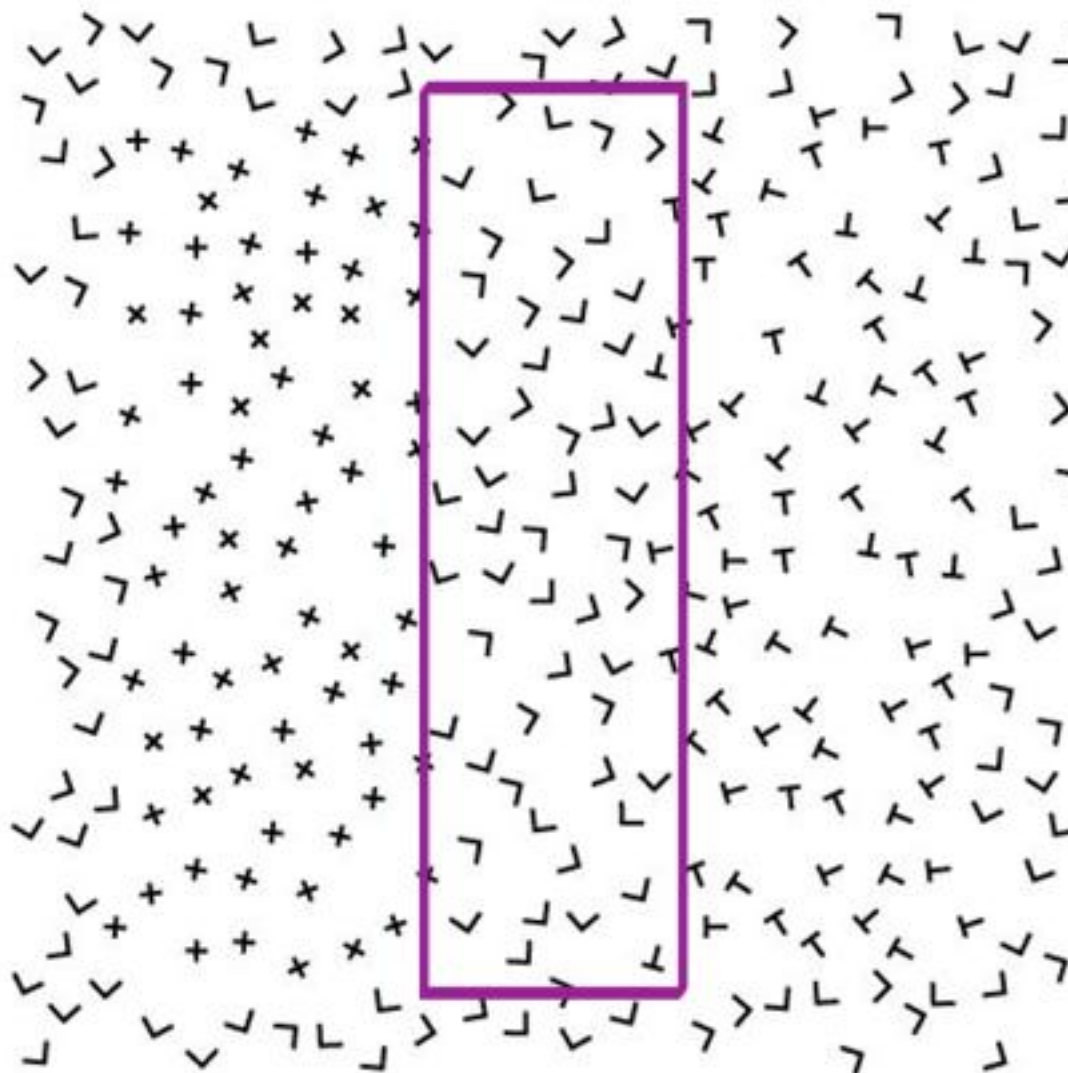


Область 2



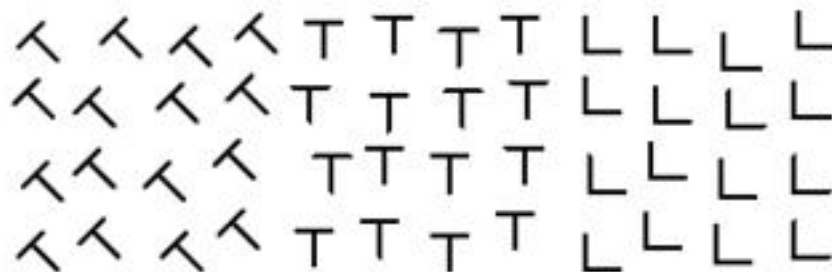


Область 2





Текстура



(a)

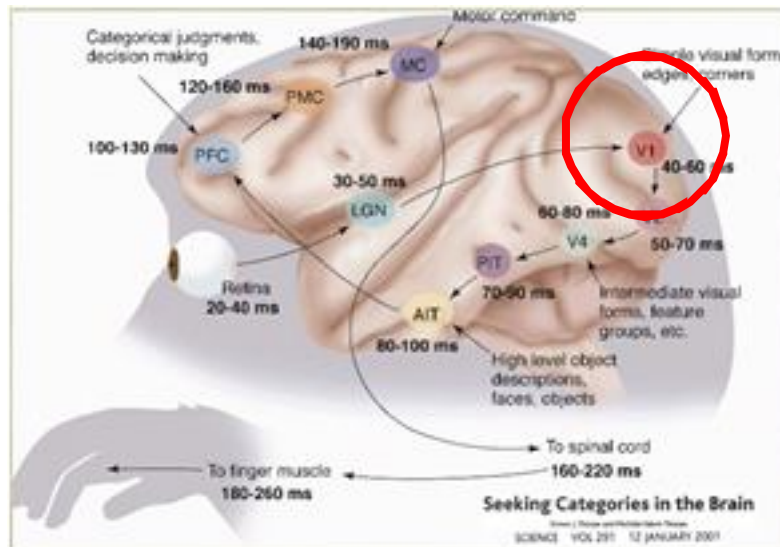


(b)

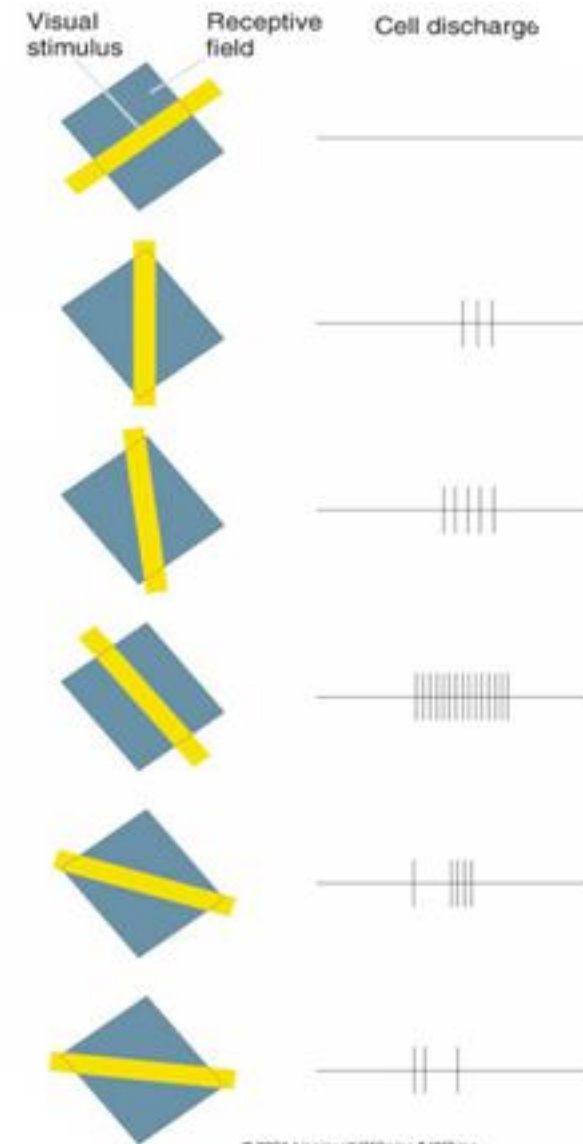
- **Текстура** — преимущественная ориентация элементов, составляющих материал (одно из определений)
- (b) - типичные примеры шаблонов (текстурных элементов) для исследований психофизиологического восприятия изображений
- Человек явно учитывает свойства текстуры фрагмента при распознавании изображений и выделении областей



«Простые клетки» V1

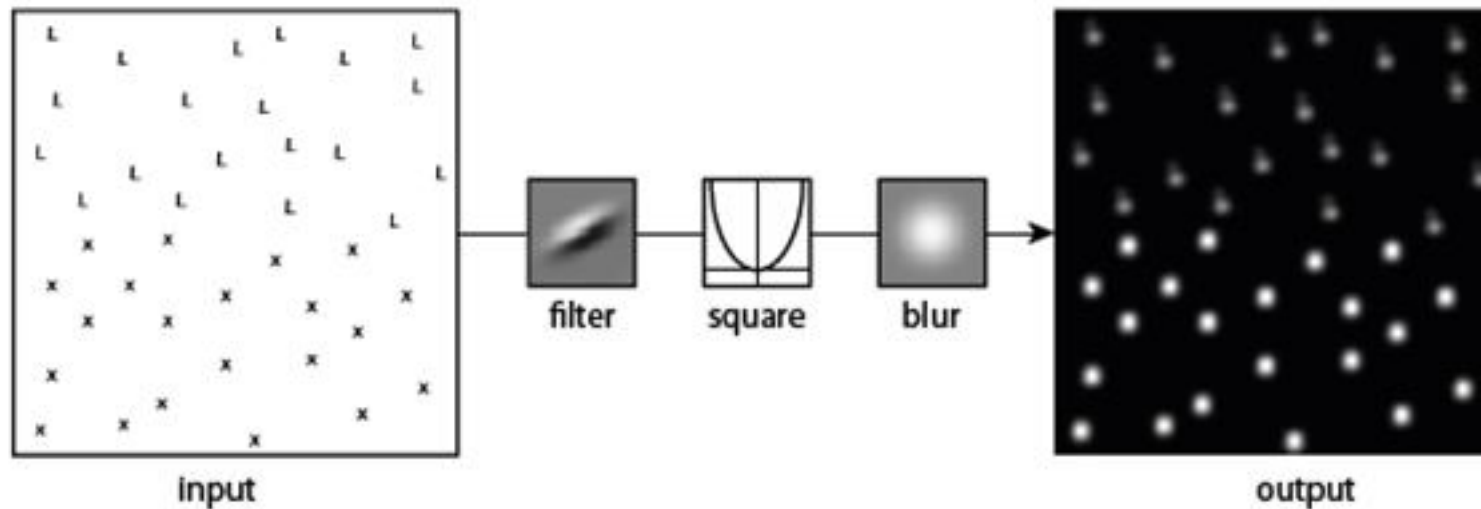


- В первичной визуальной коре головного мозга есть клетки, чувствительные к краям определенной ориентации
- Для каждой области есть набор таких клеток, чувствительные к краям разной ориентации





Анализ текстуры



- Выберем фильтр, чувствительный к краю определенной ориентации
- Результат фильтрации сгладим
- Будут «подсвечены» области, содержащие текстуру с краями заданной ориентации

Pietro Perona and Jitendra Malik «Detecting and Localizing edges composed of steps, peaks and roofs», ICCV 1990



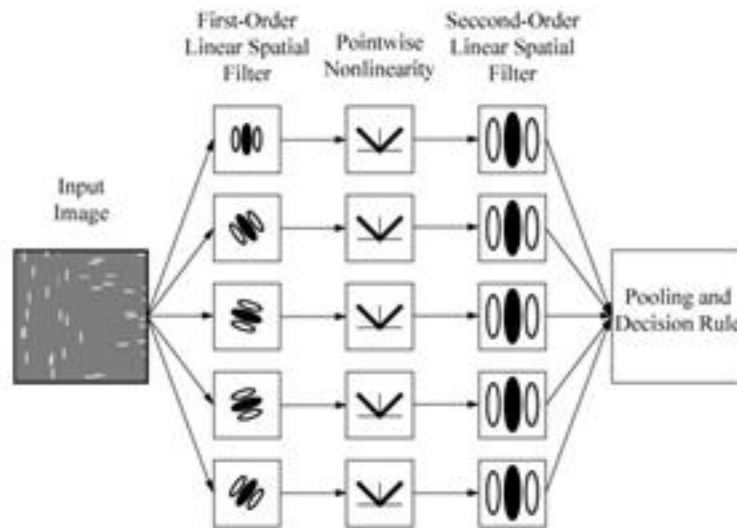
Банки фильтров

- Возьмём теперь несколько фильтров разного масштаба и ориентации
- Такой набор называют «банк фильтров»
- Каждый пиксель изображения после обработки банком фильтров даёт вектор признаков
- Этот вектор признаков эффективно описывает локальную текстуру окрестности пикселя
- Активно используется в сегментации, распознавании изображений и т.д.

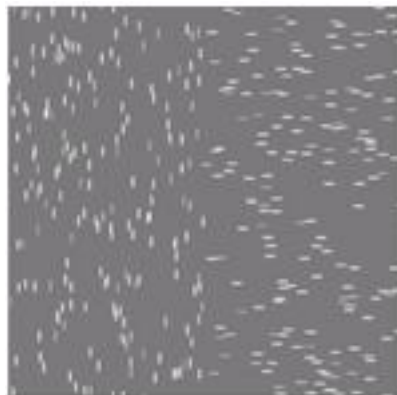




Модель «back pocket»



- Такие модели текстуры называют «back pocket»
- Модель «биологически возможна»
- По подобным моделям опубликовано много работ.



Ввод



После 1 этапа



После 2 этапа



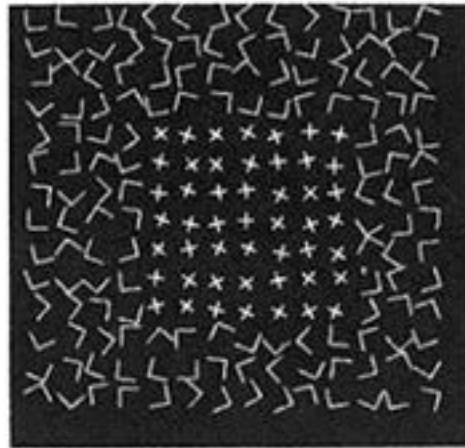
Выход



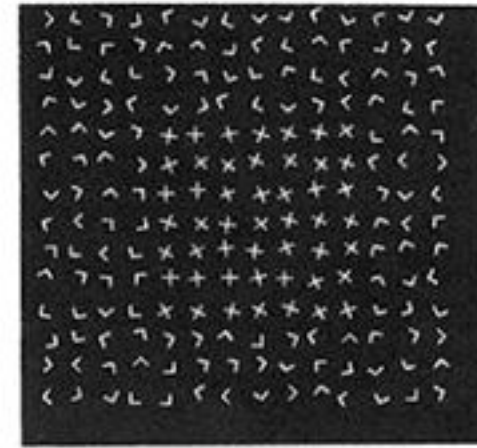
Пример, Bergen & Adelson (1988)



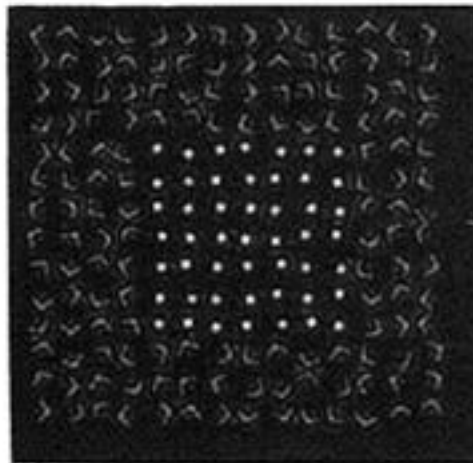
a



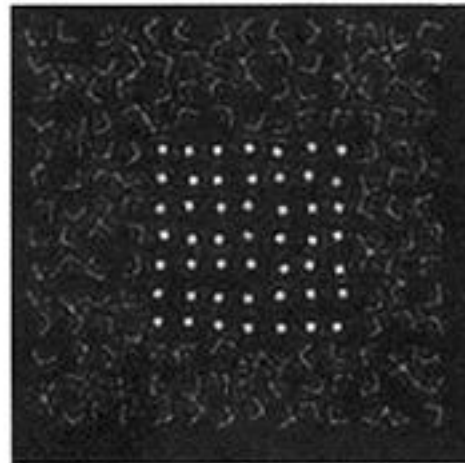
b



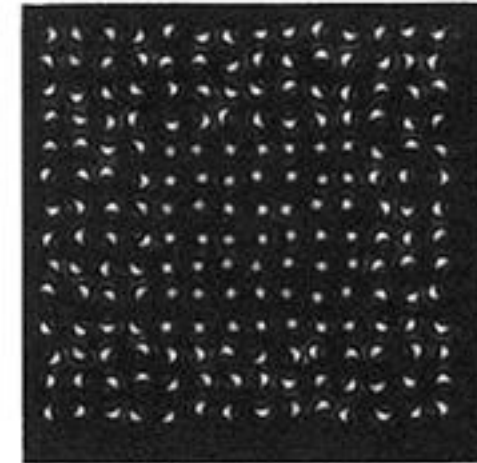
c



d



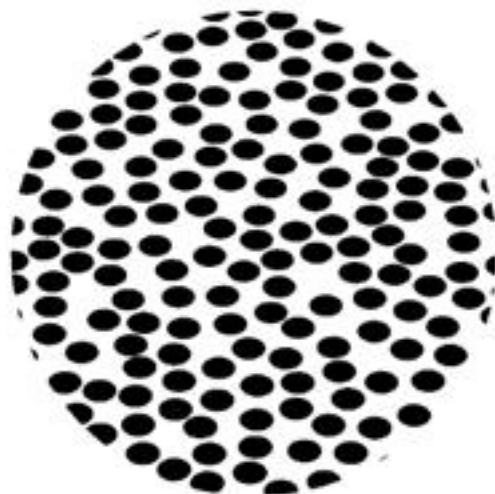
e



f



Психологическое свойство текстуры





Форма из текстуры

- Человек интуитивно считает текстуру **изотропной**, т.е. с постоянными свойствами на поверхности объекта
- Shape from texture: Исходя из предположения об изотропности шаблона текстуры, можно определить наклон поверхности

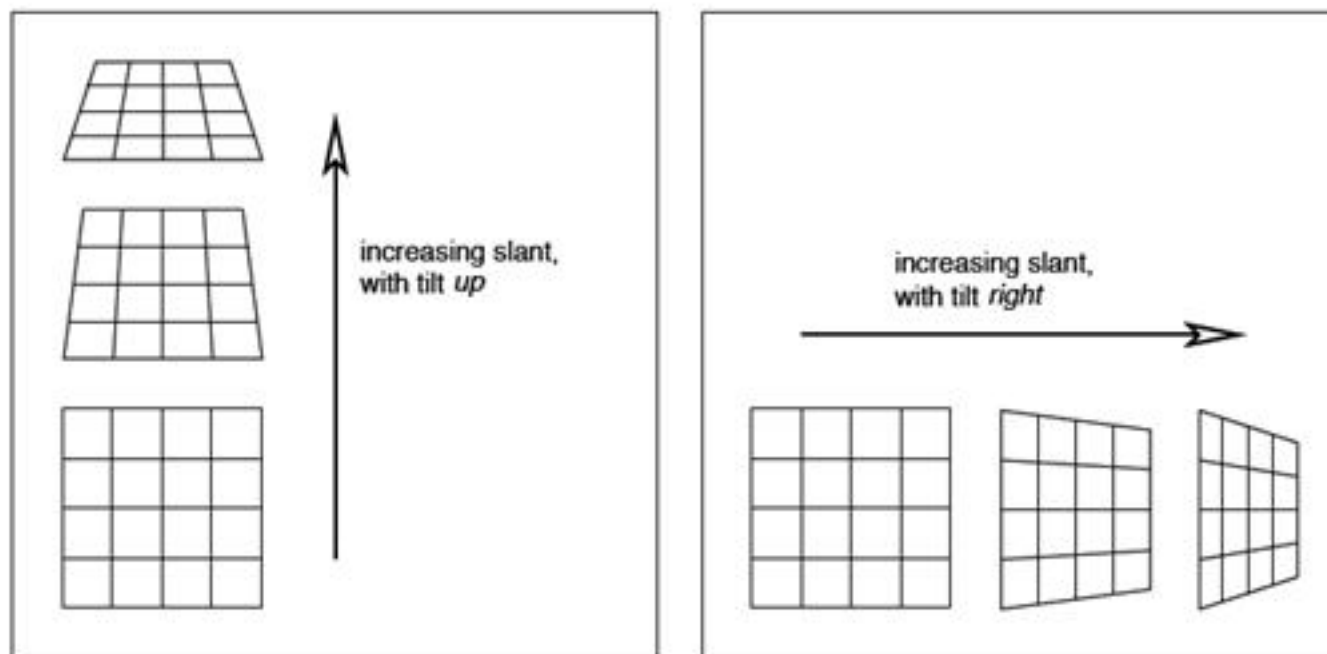
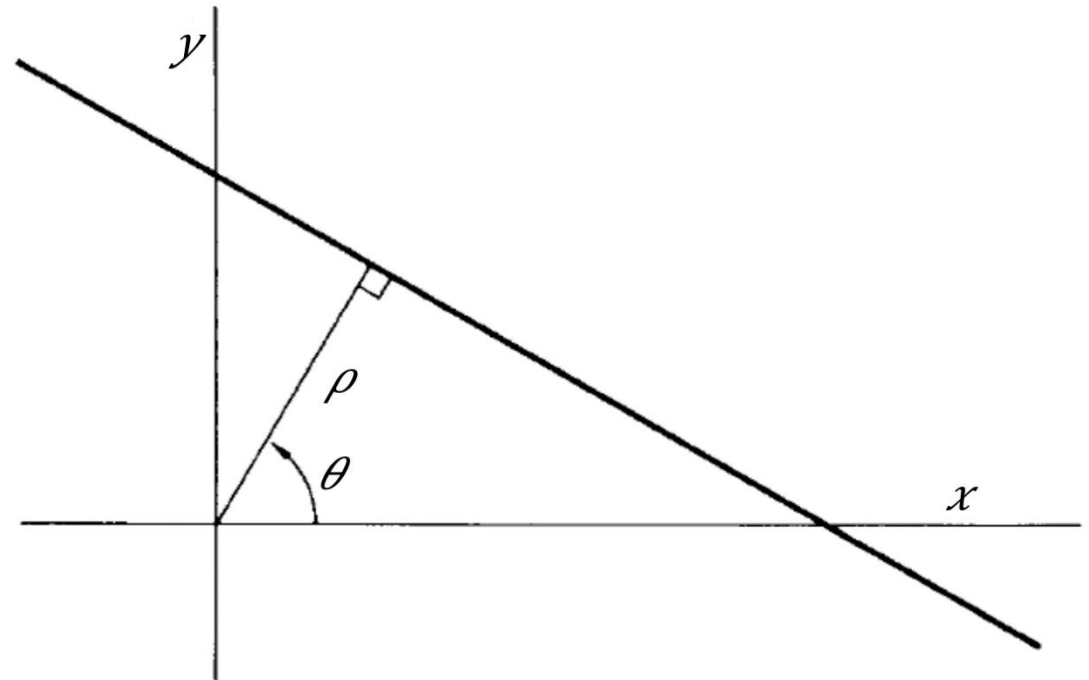


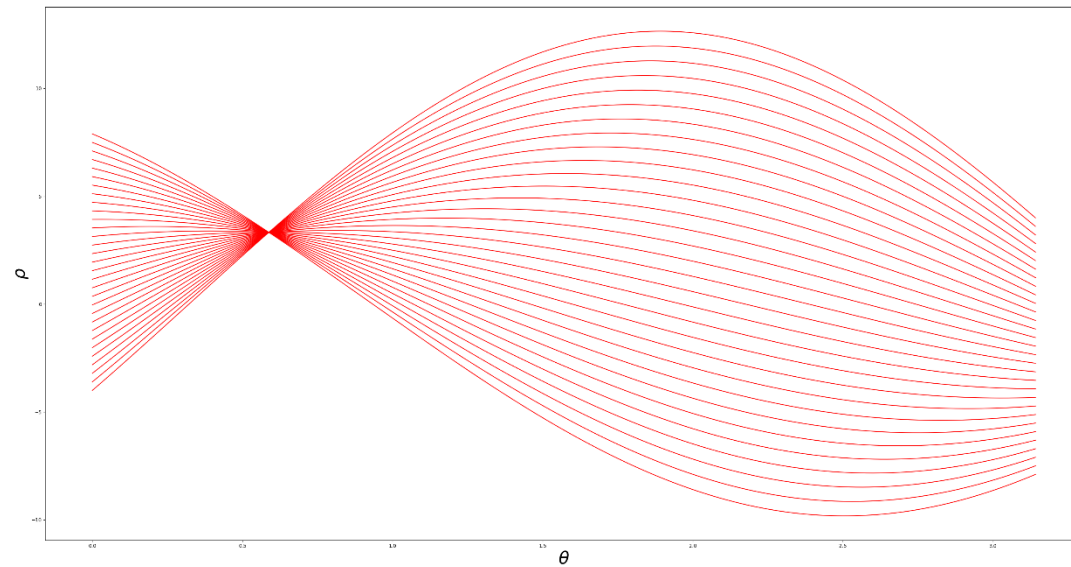
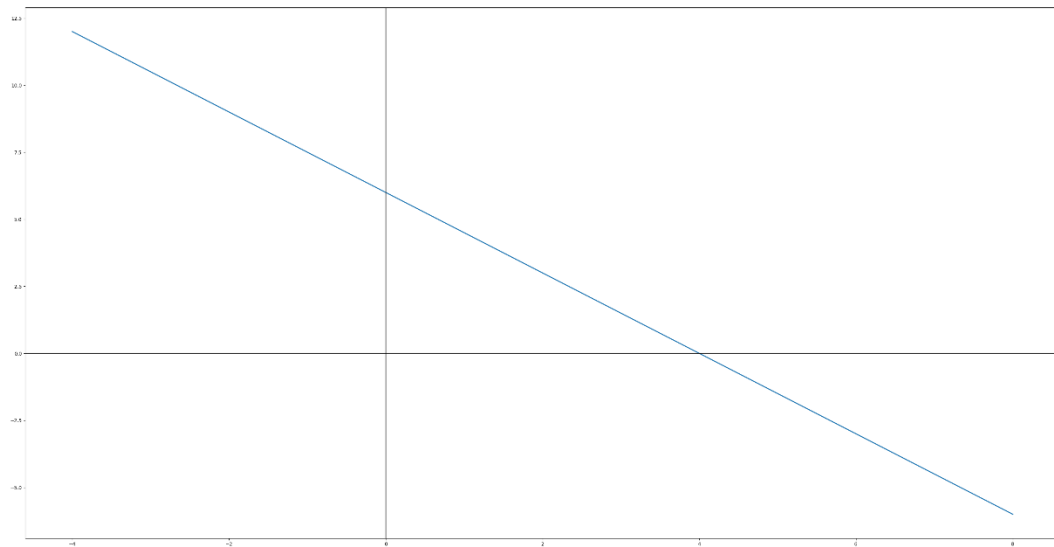
Figure 8.7. Surface orientation is often characterized in terms of *slant* and *tilt*.

Преобразование Хафа

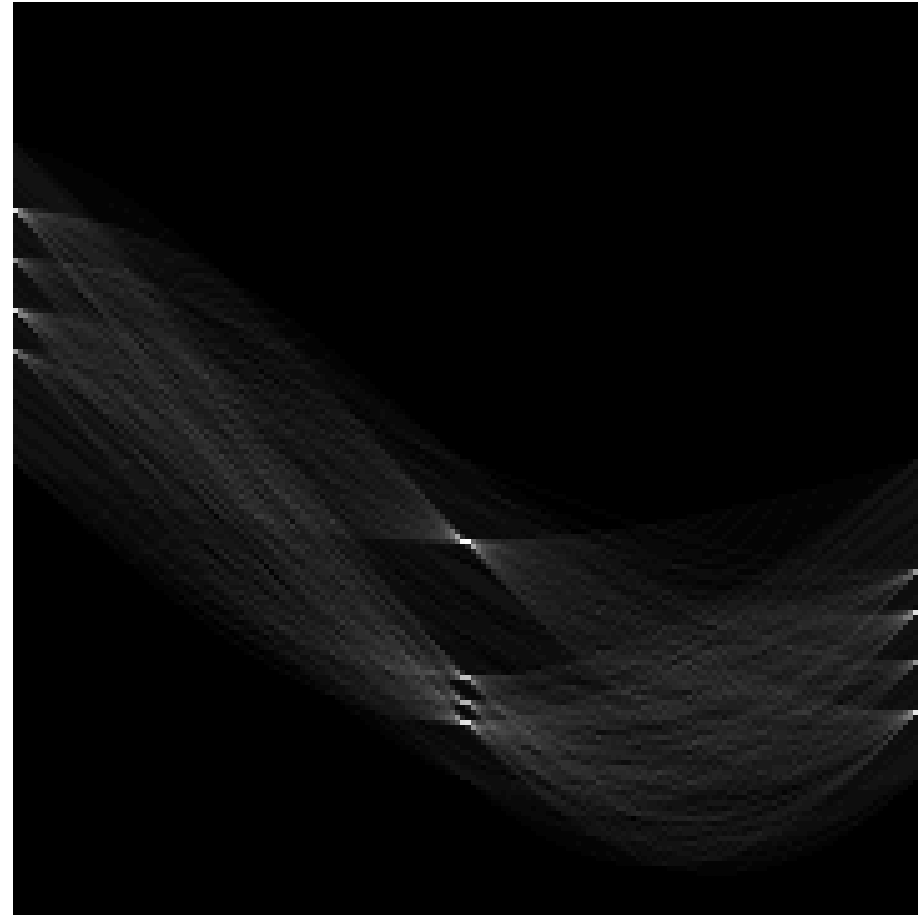
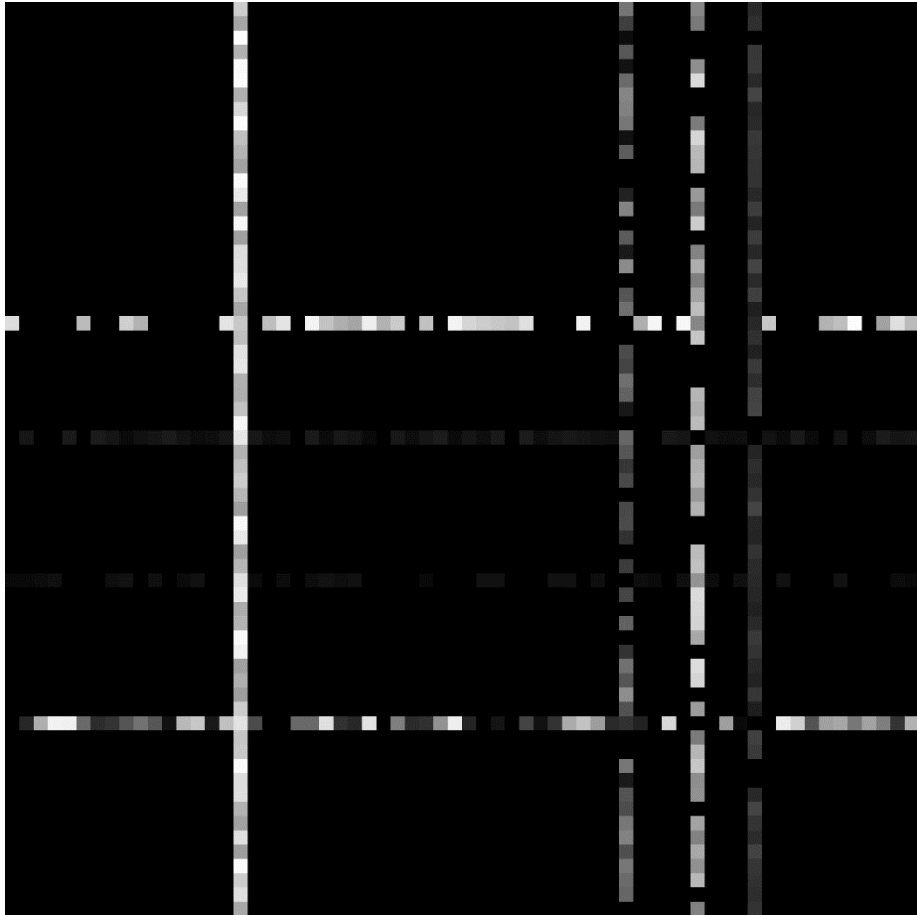
- Параметризация прямой:
$$\rho = x \cos\theta + y \sin\theta$$
- Точке в исходном пространстве соответствует синусоида в пространстве Хафа
- Точке в пространстве Хафа соответствует прямая в исходном пространстве
- Прямой в исходном пространстве соответствует пучок синусоид, пересекающихся в одной точке



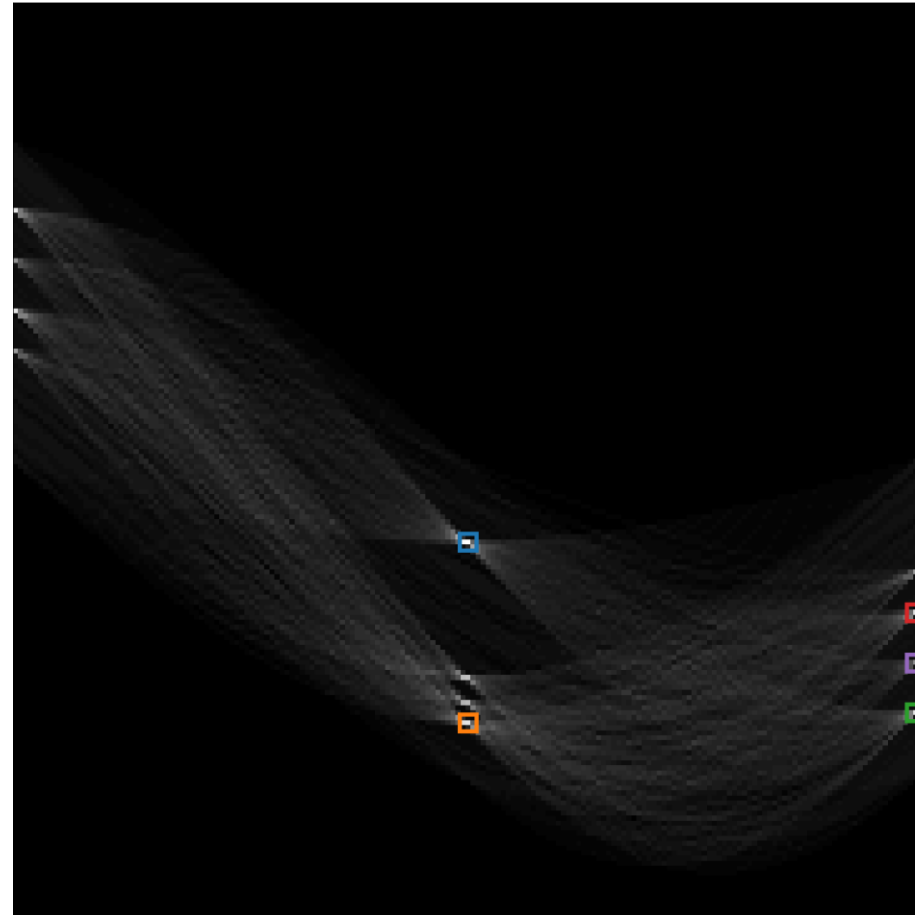
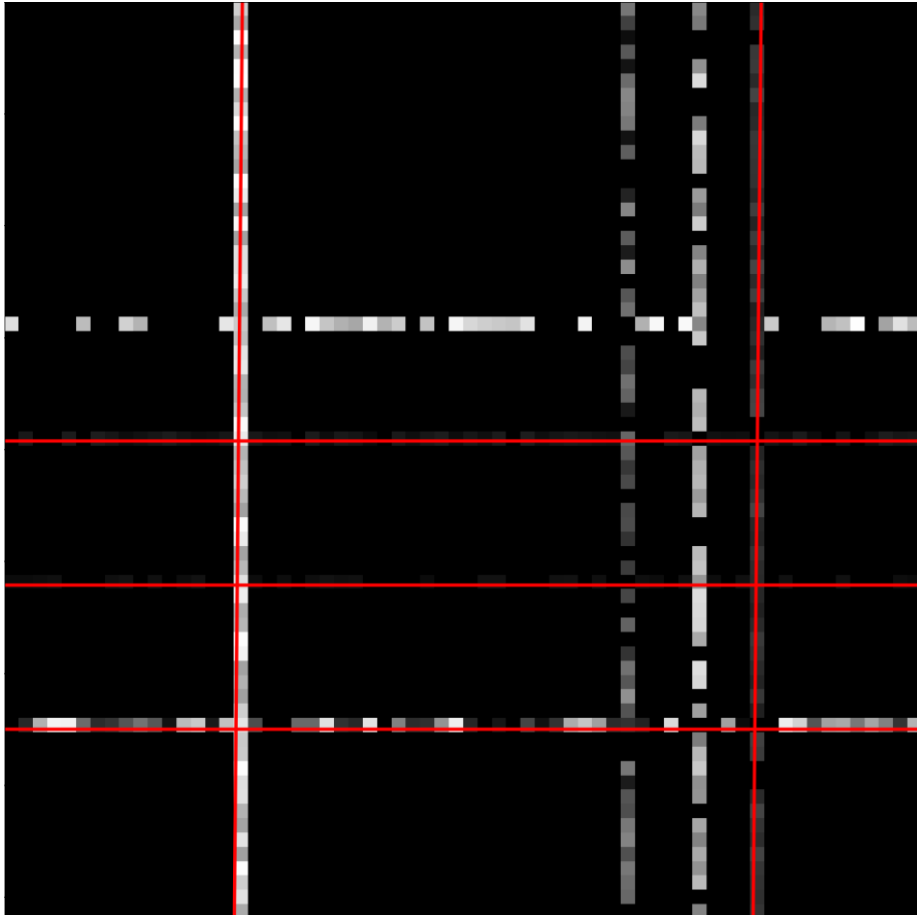
Преобразование Хафа



Преобразование Хафа



Преобразование Хафа



Преобразование Хафа

- Легко изменяется параметризация. Например, для быстрого вычисления используются координаты пересечения с верхней и нижней границами изображения
- Сложность БПХ - $O(n^2 \log n)$
- Сложность ПХ - $O(n^3)$
- Обобщенное преобразование Хафа позволяет искать окружности и другие фигуры
- Свертка с гауссианой исходного изображения равносильна свертке пространства Хафа по оси ρ