

# Самоорганизующаяся карта Кохонена

Козырев С. А.

СПбГУ



27 апреля 2020 г.

# История

- ▶ Эту нейронную сеть предложил финский профессор Теуво Кохонен в 1980-х годах.
- ▶ Она основана на биологических моделях нейронных систем 1970-х годов.

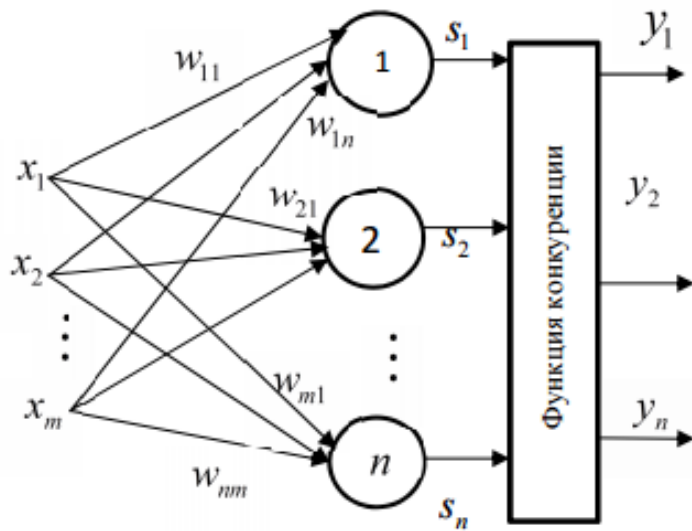
# Нейронные сети Кохонена

- ▶ Более широкий класс нейронных сетей, основным элементом которых является слой Кохонена.
- ▶ Слой Кохонена состоит из адаптивных линейных сумматоров («линейных формальных нейронов»).

$$y_j = w_{j0} + \sum_{i=1}^m w_{ji}x_i,$$

где:

- ▶  $w_{ji}$  — весовой коэффициент  $i$ -го входа  $j$ -го нейрона;
  - ▶  $i$  — номер входа;
  - ▶  $j$  — номер нейрона;
  - ▶  $w_{j0}$  — пороговый коэффициент.
- ▶ Как правило, выходные сигналы слоя Кохонена обрабатываются по правилу «победитель забирает всё»: наибольший сигнал превращается в единичный, остальные обращаются в ноль.



# Геометрическая интерпретация

- ▶ Каждому нейрону соответствует вектор размерности  $m$  из пространства входных данных.
- ▶ Для вектора  $x$  нейрон, который ближе всего по евклидову расстоянию, выдаст 1, остальные 0.



$$\rho_j(x)^2 = \|x - W_j\|^2 = \|W_j\|^2 - 2 \sum_{i=1}^m w_{ji} x_i + \|x\|^2$$

$$j_{\max} = \arg \max_j \left\{ \sum_{i=1}^m w_{ji} x_i - \frac{1}{2} \|W_j\|^2 \right\}$$

$\rho_j(x)$  - расстояние до  $j$ -го нейрона.

# Самоорганизующаяся карта Кохонена (Self-organizing map — SOM)

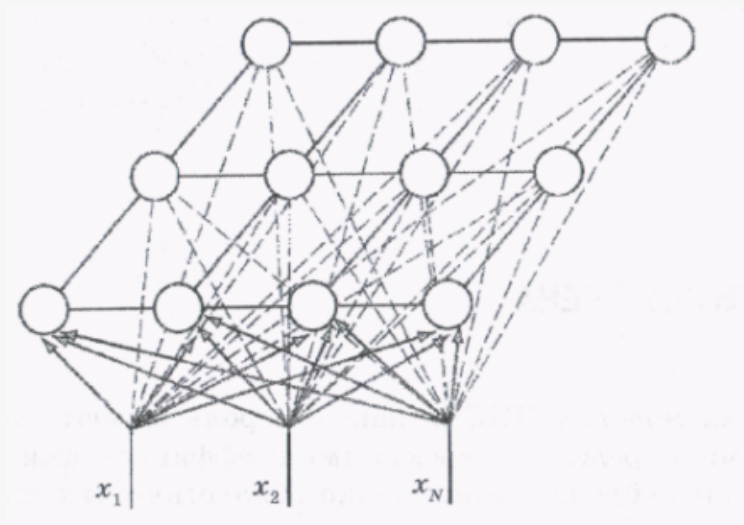
Нейронная сеть с обучением без учителя, выполняющая задачу визуализации и кластеризации.

# Структура

Каждый нейрон состоит из двух векторов:

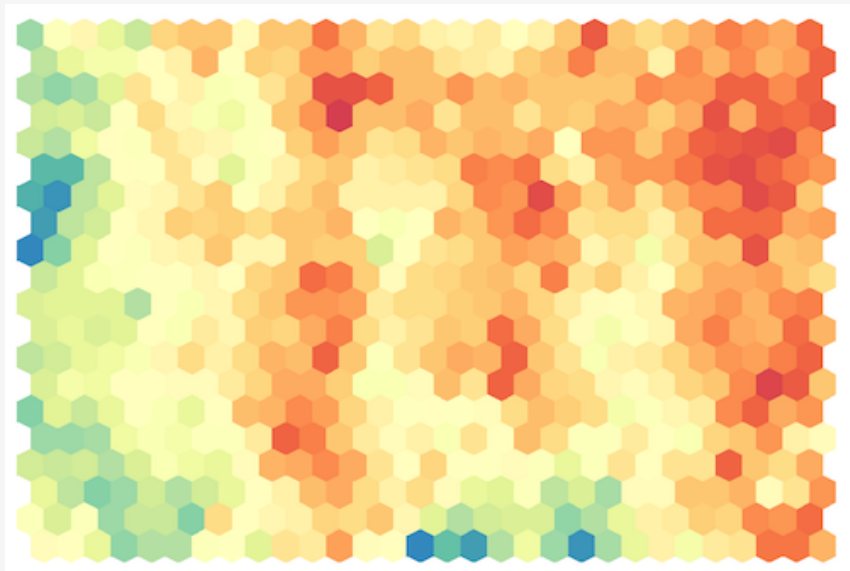
- ▶ вектор в пространстве входных данных (веса нейрона);
- ▶ вектор положения на карте (как правило, размерности 2).

Нейроны образуют сетку





Каждая ячейка - нейрон



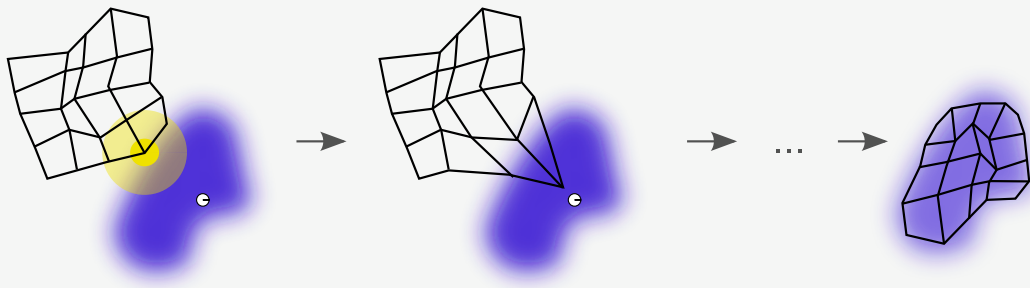
# Обучение

1. инициализируем веса нейронов
2. берём случайный вектор  $D(t)$  из множества входных данных
3. изменяем веса нейронов по формуле:

$$W_v(s + 1) = W_v(s) + \theta(u, v, s) \cdot \alpha(s) \cdot (D(t) - W_v(s)),$$

4. повторяем с шага 2, пока  $s < k$

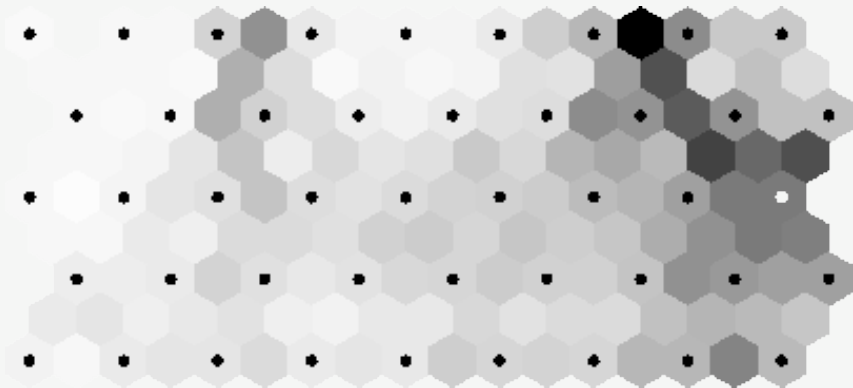
Веса нейронов приближаются к входным данным



## U-matrix

- ▶ Унифицированная матрица расстояний(unified distance matrix, U-matrix) - один из способов представления получившейся карты;
- ▶ Каждый нейрон раскрашиваем в зависимости от удалённости от него соседей.

## Пример U-matrix



## Другие виды представлений

- ▶ Карта входов нейронов

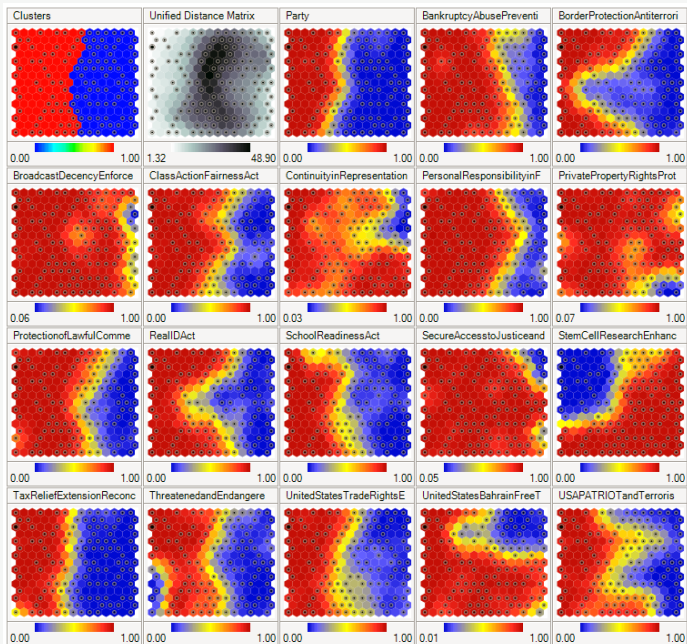
Для каждого входа рисуется своя карта, раскрашенная в соответствии со значением конкретного веса нейрона.

- ▶ Карта выходов нейронов

На карту выходов нейронов проецируется взаимное расположение исследуемых входных данных.

- ▶ Специальные карты

Это карта кластеров и карты, характеризующие их.



# Применение в искусстве





## Применение в искусстве

