

## ▼ Лабораторная работа №6

### Сети Кохонена

Целью работы является исследование свойств слоя Кохонена, карты Кохонена, а также сетей векторного квантования, обучаемых с учителем, алгоритмов обучения, а также применение сетей в задачах кластеризации и классификации.

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
from sklearn.datasets import make_blobs
from PIL import Image
```

Реализую self-organising map(SOM).

```
class SOM:
    def __init__(self, w, h, dim):
        self.w = w
        self.h = h
        self.dim = dim
        self.nodes = np.random.rand(h, w, dim)
        self.grid_indexes = np.empty((h, w, 2))
        for i in range(h):
            for j in range(w):
                self.grid_indexes[i, j, 0] = i
                self.grid_indexes[i, j, 1] = j

    def fit(self, data, epochs, init_lr, init_r = None):
        history = [self.nodes.copy()]

        if init_r:
            init_r = np.sqrt(self.w * self.h / len(data))
        else:
            init_r = max(self.w/2, self.h/2)
        lr = init_lr
        r = init_r

        for epoch in range(epochs):
            indexes = np.random.permutation(data.shape[0])
            for index in indexes:
                tmp = data[index].copy()
                tmp = np.expand_dims(tmp, (0, 1))
                tmp = np.repeat(tmp, self.h, 0)
                tmp = np.repeat(tmp, self.w, 1)
                feature_distances = np.sum((tmp-self.nodes)**2, 2)
                best_feature_distance_index = np.unravel_index(np.argmin(feature_distances, axis=None), feature_distances.shape)

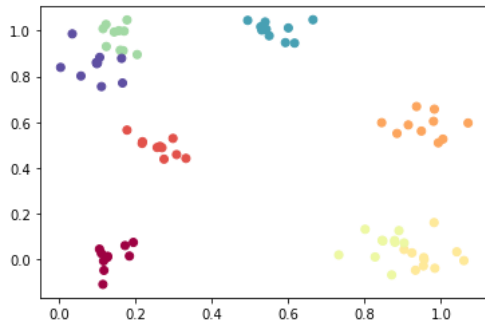
                grid_distance = np.sum((np.asarray(best_feature_distance_index)-self.grid_indexes)**2, 2)
                grid_distance[np.sqrt(grid_distance) <= r] = 0
                i = np.exp(-((grid_distance))/(2*r))
                i = np.expand_dims(i, 2)
                i = np.repeat(i, self.dim, 2)
                self.nodes += lr*i*(tmp-self.nodes)
            lr = init_lr*np.exp(-epoch/epochs)
            r = init_r*np.exp(-epoch/epochs)
            history.append(self.nodes.copy())
        return history

    def predict(self, data):
        prediction = []
        for x in data:
            x = np.expand_dims(x, (0, 1))
            x = np.repeat(x, self.h, 0)
            x = np.repeat(x, self.w, 1)
            distance = np.sum((x-self.nodes)**2, 2)
            prediction.append(np.argmin(distance))
        return prediction
```

Сгенерирую случайные кластеризованные данные.

```
n_clusters = 8
points_per_cluster = 10
points, classes = make_blobs(n_clusters * points_per_cluster, centers=n_clusters, center_box=(0, 1), cluster_std=0.05)
```

```
plt.scatter(points[:, 0], points[:, 1], c=classes, cmap='Spectral')
None
```



Обучу модель.

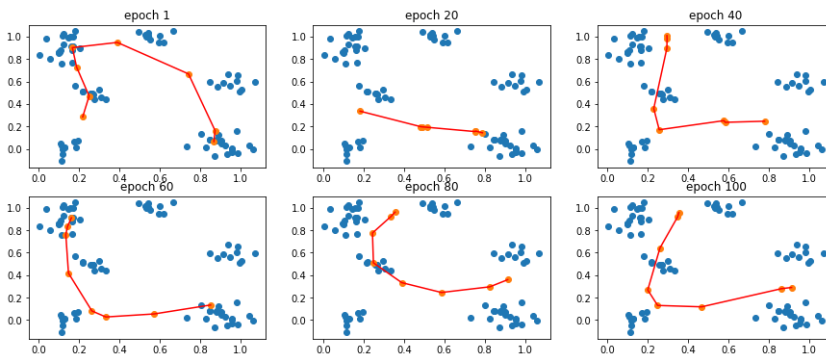
```
som = SOM(1, 8, 2)
epochs = 100
history = som.fit(points, epochs, 0.6)
```

Отрисую историю положений узлов в процессе обучения.

```
fig, ax = plt.subplots(2, 3, figsize=(15, 6))

ax[0,0].plot(history[1][:,:,0], history[1][:,:,1], c = 'red')
ax[0,0].scatter(points[:, 0], points[:, 1])
ax[0,0].scatter(history[1][:,:,0], history[1][:,:,1])
ax[0,0].set_title('epoch 1')
ax[0,1].plot(history[20][:,:,0], history[20][:,:,1], c = 'red')
ax[0,1].scatter(points[:, 0], points[:, 1])
ax[0,1].scatter(history[20][:,:,0], history[20][:,:,1])
ax[0,1].set_title('epoch 20')
ax[0,2].plot(history[40][:,:,0], history[40][:,:,1], c = 'red')
ax[0,2].scatter(points[:, 0], points[:, 1])
ax[0,2].scatter(history[40][:,:,0], history[40][:,:,1])
ax[0,2].set_title('epoch 40')
ax[1,0].plot(history[60][:,:,0], history[60][:,:,1], c = 'red')
ax[1,0].scatter(points[:, 0], points[:, 1])
ax[1,0].scatter(history[60][:,:,0], history[60][:,:,1])
ax[1,0].set_title('epoch 60')
ax[1,1].plot(history[80][:,:,0], history[80][:,:,1], c = 'red')
ax[1,1].scatter(points[:, 0], points[:, 1])
ax[1,1].scatter(history[80][:,:,0], history[80][:,:,1])
ax[1,1].set_title('epoch 80')
ax[1,2].plot(history[-1][:,:,0], history[-1][:,:,1], c = 'red')
ax[1,2].scatter(points[:, 0], points[:, 1])
ax[1,2].scatter(history[-1][:,:,0], history[-1][:,:,1])
ax[1,2].set_title('epoch 100')

plt.show()
```

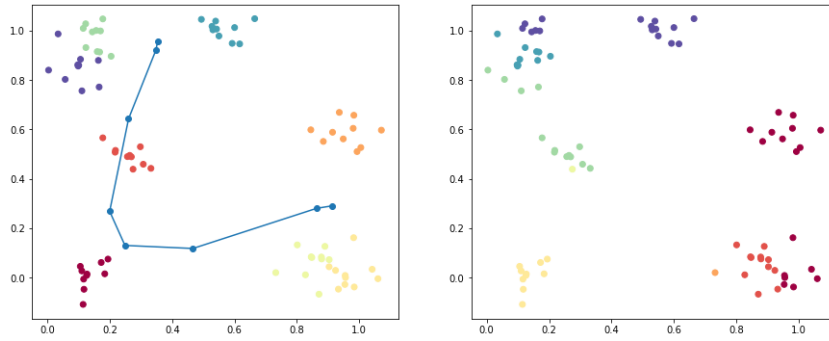


Отрисую финальный результат.

```
fig, ax = plt.subplots(1, 2, figsize=(15, 6))

ax[0].scatter(points[:, 0], points[:, 1], c=classes, cmap='Spectral')
ax[0].scatter(som.nodes[:,:,:0], som.nodes[:,:,:1])
ax[0].plot(som.nodes[:,:,:0], som.nodes[:,:,:1])
```

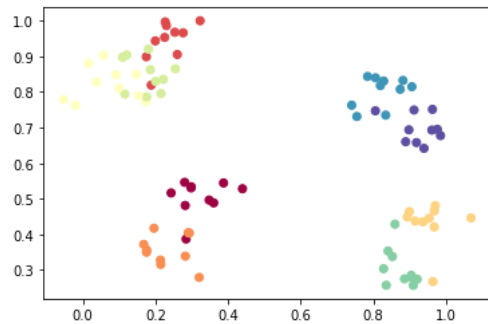
```
ax[1].scatter(points[:, 0], points[:, 1], c=som.predict(points), cmap='Spectral')
plt.show()
```



Проделаю аналогичные действия, но уже для двумерной сетки.

```
n_clusters = 9
points_per_cluster = 10
points, classes = make_blobs(n_clusters * points_per_cluster, centers=n_clusters, center_box=(0, 1), cluster_std=0.05)

plt.scatter(points[:, 0], points[:, 1], c=classes, cmap='Spectral')
None
```

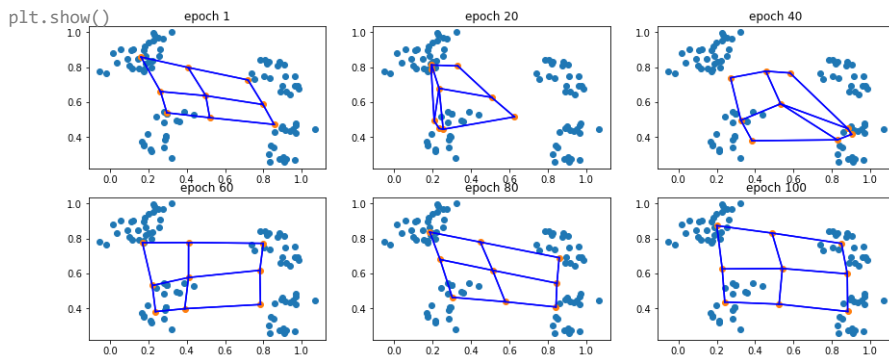


```
som = SOM(3, 3, 2)
epochs = 100
history = som.fit(points, epochs, 0.8)
```

```
fig, ax = plt.subplots(2, 3, figsize=(15, 6))
```

```
def plot_grid(ax, nodes):
    for i in range(nodes.shape[0]):
        for j in range(nodes.shape[1]):
            if i > 0:
                ax.plot([nodes[i,j,0], nodes[i-1,j,0]], [nodes[i,j,1], nodes[i-1,j,1]], c='blue')
            if i < nodes.shape[0]-1:
                ax.plot([nodes[i,j,0], nodes[i+1,j,0]], [nodes[i,j,1], nodes[i+1,j,1]], c='blue')
            if j > 0:
                ax.plot([nodes[i,j,0], nodes[i,j-1,0]], [nodes[i,j,1], nodes[i,j-1,1]], c='blue')
            if j < nodes.shape[1]-1:
                ax.plot([nodes[i,j,0], nodes[i,j+1,0]], [nodes[i,j,1], nodes[i,j+1,1]], c='blue')
    ax.scatter(nodes[:, :, 0], nodes[:, :, 1])
```

```
ax[0,0].scatter(points[:, 0], points[:, 1])
plot_grid(ax[0,0], history[1])
ax[0,0].set_title('epoch 1')
ax[0,1].scatter(points[:, 0], points[:, 1])
plot_grid(ax[0,1], history[20])
ax[0,1].set_title('epoch 20')
ax[0,2].scatter(points[:, 0], points[:, 1])
plot_grid(ax[0,2], history[40])
ax[0,2].set_title('epoch 40')
ax[1,0].scatter(points[:, 0], points[:, 1])
plot_grid(ax[1,0], history[60])
ax[1,0].set_title('epoch 60')
ax[1,1].scatter(points[:, 0], points[:, 1])
plot_grid(ax[1,1], history[80])
ax[1,1].set_title('epoch 80')
ax[1,2].scatter(points[:, 0], points[:, 1])
plot_grid(ax[1,2], history[-1])
ax[1,2].set_title('epoch 100')
```



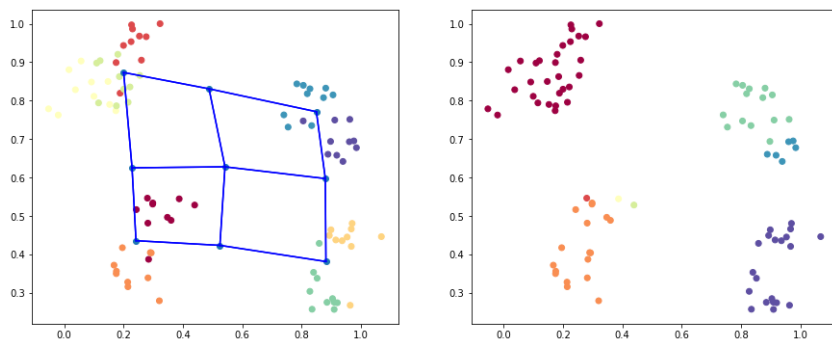
Отрисую результат.

```
fig, ax = plt.subplots(1, 2, figsize=(15, 6))

ax[0].scatter(points[:, 0], points[:, 1], c=classes, cmap='Spectral')
for i in range(som.nodes.shape[0]):
    for j in range(som.nodes.shape[1]):
        if i > 0:
            ax[0].plot([som.nodes[i,j,0],som.nodes[i-1,j,0]], [som.nodes[i,j,1],som.nodes[i-1,j,1]], c='blue')
        if i < som.nodes.shape[0]-1:
            ax[0].plot([som.nodes[i,j,0],som.nodes[i+1,j,0]], [som.nodes[i,j,1],som.nodes[i+1,j,1]], c='blue')
        if j > 0:
            ax[0].plot([som.nodes[i,j,0],som.nodes[i,j-1,0]], [som.nodes[i,j,1],som.nodes[i,j-1,1]], c='blue')
        if j < som.nodes.shape[1]-1:
            ax[0].plot([som.nodes[i,j,0],som.nodes[i,j+1,0]], [som.nodes[i,j,1],som.nodes[i,j+1,1]], c='blue')

ax[0].scatter(som.nodes[:,0], som.nodes[:,1])

ax[1].scatter(points[:, 0], points[:, 1], c=som.predict(points), cmap='Spectral')
plt.show()
```

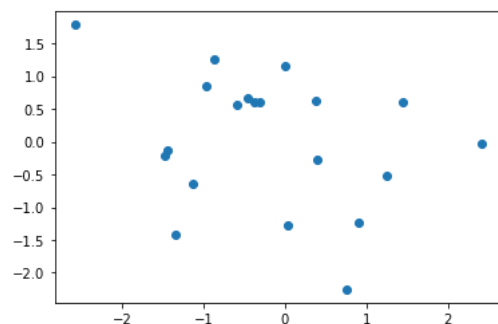


## Задача коммивояжера

Сгенерирую случайно расположенные города, через которые требуется построить путь.

```
points, _ = make_blobs(20, centers=1, center_box=(0, 0))

plt.scatter(points[:, 0], points[:, 1])
None
```



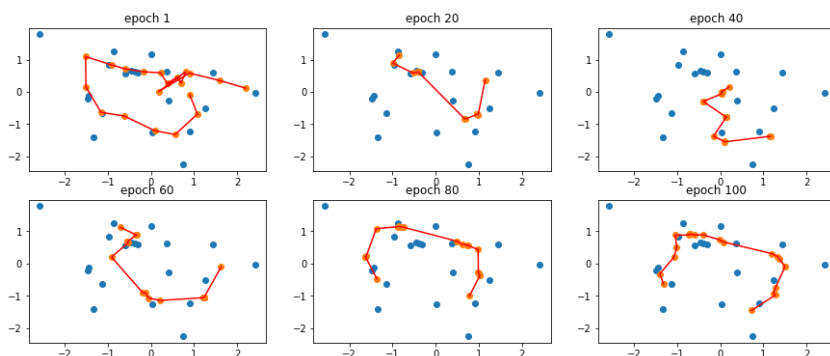
Обучу модель.

```
som = SOM(1, len(points), 2)
epochs = 100
history = som.fit(points, epochs, 0.8)
```

```
fig, ax = plt.subplots(2, 3, figsize=(15, 6))
```

```
ax[0,0].plot(history[1][:,:,0], history[1][:,:,1], c = 'red')
ax[0,0].scatter(points[:, 0], points[:, 1])
ax[0,0].scatter(history[1][:,:,0], history[1][:,:,1])
ax[0,0].set_title('epoch 1')
ax[0,1].plot(history[20][:,:,0], history[20][:,:,1], c = 'red')
ax[0,1].scatter(points[:, 0], points[:, 1])
ax[0,1].scatter(history[20][:,:,0], history[20][:,:,1])
ax[0,1].set_title('epoch 20')
ax[0,2].plot(history[40][:,:,0], history[40][:,:,1], c = 'red')
ax[0,2].scatter(points[:, 0], points[:, 1])
ax[0,2].scatter(history[40][:,:,0], history[40][:,:,1])
ax[0,2].set_title('epoch 40')
ax[1,0].plot(history[60][:,:,0], history[60][:,:,1], c = 'red')
ax[1,0].scatter(points[:, 0], points[:, 1])
ax[1,0].scatter(history[60][:,:,0], history[60][:,:,1])
ax[1,0].set_title('epoch 60')
ax[1,1].plot(history[80][:,:,0], history[80][:,:,1], c = 'red')
ax[1,1].scatter(points[:, 0], points[:, 1])
ax[1,1].scatter(history[80][:,:,0], history[80][:,:,1])
ax[1,1].set_title('epoch 80')
ax[1,2].plot(history[-1][:,:,0], history[-1][:,:,1], c = 'red')
ax[1,2].scatter(points[:, 0], points[:, 1])
ax[1,2].scatter(history[-1][:,:,0], history[-1][:,:,1])
ax[1,2].set_title('epoch 100')
```

```
plt.show()
```



```
path = []
for i in range(len(som.nodes)):
    distances = np.sum((points-som.nodes[i,0])**2, axis=1)
    distances[path] = distances.max()+1
    path.append(np.argmin(distances))
path

[4, 17, 1, 19, 12, 3, 2, 14, 13, 8, 16, 18, 10, 11, 0, 9, 5, 6, 7, 15]
```

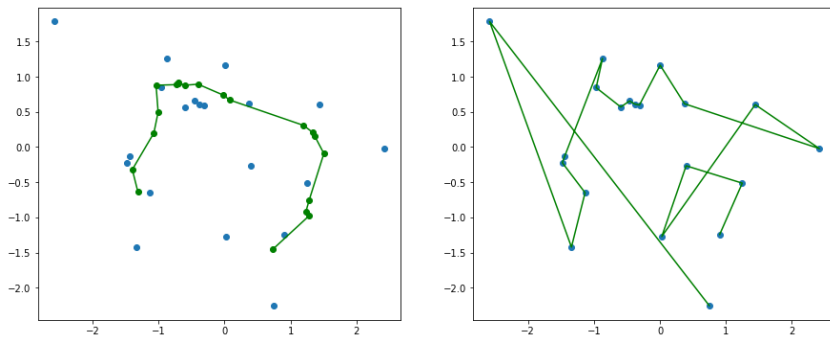
Отрисую построенный моделью путь.

```
fig, ax = plt.subplots(1, 2, figsize=(15, 6))
```

```
ax[0].scatter(points[:, 0], points[:, 1])
ax[0].scatter(som.nodes[:, :, 0], som.nodes[:, :, 1], c = 'green')
ax[0].plot(som.nodes[:, :, 0], som.nodes[:, :, 1], c = 'green')
```

```
ax[1].plot(points[path, 0], points[path, 1], c='green')
ax[1].scatter(points[:, 0], points[:, 1])
```

```
plt.show()
```



## ▼ Кластеризация узлов по цветам.

Обучу модель на выборе из пяти цветов.

```
w = 64
h = 48
data = np.array(((1, 0, 0), (0, 1, 0), (0, 0, 1), (1, 1, 0), (0, 1, 1)))

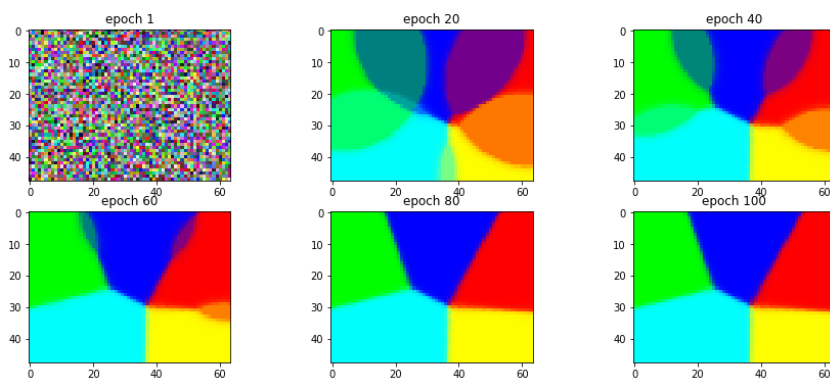
som = SOM(w, h, 3)
epochs = 100
history = som.fit(data, epochs, 0.3)
```

Отрисую результат.

```
fig, ax = plt.subplots(2, 3, figsize=(15, 6))
```

```
ax[0,0].imshow(history[1])
ax[0,0].set_title('epoch 1')
ax[0,1].imshow(history[20])
ax[0,1].set_title('epoch 20')
ax[0,2].imshow(history[40])
ax[0,2].set_title('epoch 40')
ax[1,0].imshow(history[60])
ax[1,0].set_title('epoch 60')
ax[1,1].imshow(history[80])
ax[1,1].set_title('epoch 80')
ax[1,2].imshow(history[-1])
ax[1,2].set_title('epoch 100')
```

```
plt.show()
```



## ▼ Кластеризация цветов на изображении.

```
def load_image(path, width=600, height=600):
    image = Image.open(path)
    image = image.convert('RGB')
    image = image.resize((width, height), Image.ANTIALIAS)
    image = np.asarray(image, dtype=np.float32)
    image /= 255
    return image

def pick_colors(image, number_of_picks):
    rng = np.random.default_rng()
```

```

colors = rng.choice(image.reshape(-1, 3), number_of_picks, replace=False)
return colors

```

Возьму выборку из тысячи случайных цветов на картинке.

```
!pwd
```

```
/content
```

```

image = load_image('image.jpg')
colors = pick_colors(image, 1000)

```

```
plt.imshow(image)
```



```

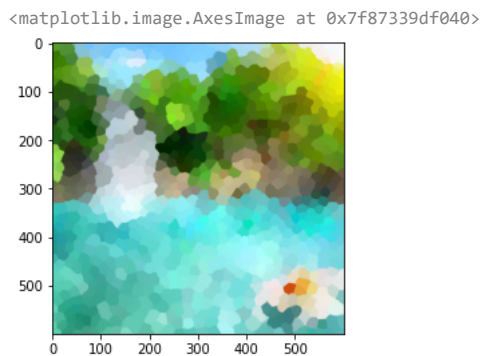
w = image.shape[1]
h = image.shape[0]

som = SOM(w, h, 3)
som.nodes = image.copy()
epochs = 100
history = som.fit(colors, epochs, 0.3, True)

```

Отрисую результат кластеризации.

```
plt.imshow(history[-1])
```



Отрисую историю преобразования сетки во время обучения.

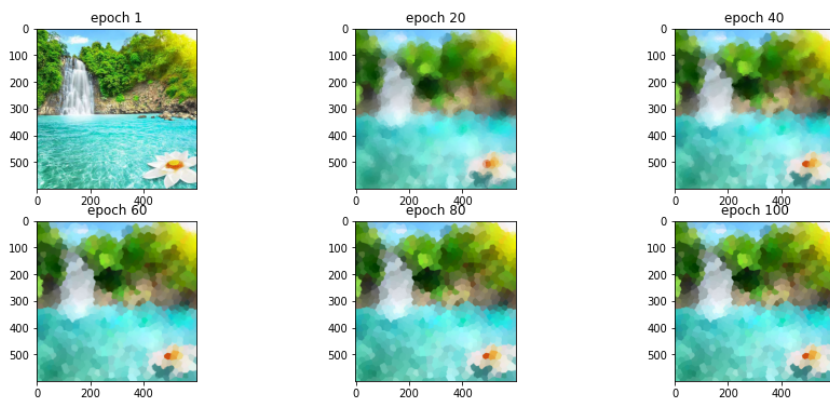
```
fig, ax = plt.subplots(2, 3, figsize=(15, 6))
```

```

ax[0,0].imshow(history[1])
ax[0,0].set_title('epoch 1')
ax[0,1].imshow(history[20])
ax[0,1].set_title('epoch 20')
ax[0,2].imshow(history[40])
ax[0,2].set_title('epoch 40')
ax[1,0].imshow(history[60])
ax[1,0].set_title('epoch 60')
ax[1,1].imshow(history[80])
ax[1,1].set_title('epoch 80')
ax[1,2].imshow(history[-1])
ax[1,2].set_title('epoch 100')

```

```
plt.show()
```



**Вывод:** В ходе выполнения лабораторной работы была реализована сеть Кохонена. Данная модель была применена для решения задачи кластеризации точек, задачи коммивояжёра и задачи кластеризации по признакам (цветовым векторам). В задаче кластеризации цветов значения узлов сетки образуют нечто очень похожее на диаграмму Вороного, что логично, так как влияние кластера тем сильнее, чем узел ближе. Где влияние кластеров оказывается одинаковым, образуется граница. А так как влияние зависит от расстояния, то образуется диаграмма Вороного.