ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ РЕГРЕСІЇ ТА НЕКОНТРОЛЬОВАНОГО НАВЧАННЯ

Мета: використовуючи спеціалізовані бібліотеки і мову програмування Python дослідити методи регресії та неконтрольованої класифікації даних у машинному навчанні.

Хід роботи:

Завдання 1. Створення регресора однієї змінної

Лістинг коду файлу Task_1.py:

```
import pickle
import numpy as np
from sklearn import linear_model
import sklearn.metrics as sm
import matplotlib.pyplot as plt

# Завантаження даних
input_file = 'data_singlevar_regr.txt'
data = np.loadtxt(input_file, delimiter=',')
X, Y = data[:, :-1], data[:, -1]

# Розділення даних на навчальні та тестові
num_training = int(0.8 * len(X))
num_test = len(X) - num_training

# Тренувальні дані
X_train, Y_train = X[:num_training], Y[:num_training]
# Тестові дані
X_test, Y_test = X[num_training:], Y[num_training:]

# Створення лінійної регресії
linear_regressor = linear_model.LinearRegression()
linear_regressor.fit(X_train, Y_train)

# Прогнозування результатів
Y_test_pred = linear_regressor.predict(X_test)

# Побудова графіка
plt.scatter(X_test, Y_test, color='green')
plt.plot(X_test, Y_test_pred, color='black', linewidth=4)
plt.xticks(())
plt.yticks(())
plt.show()
```

```python
# Виведення результатів
print("Linear regressor performance:")
print(f"Mean absolute error = {round(sm.mean_absolute_error(Y_test, Y_test_pred),
2)}")
print(f"Mean squared error = {round(sm.mean_squared_error(Y_test, Y_test_pred),
2)}")
print(f"Median absolute error = {round(sm.median_absolute_error(Y_test,
Y_test_pred), 2)}")
print(f"Explain variance score = {round(sm.explained_variance_score(Y_test,
Y_test_pred), 2)}")
print(f"R2 score = {round(sm.r2_score(Y_test, Y_test_pred), 2)}")

# Збереження моделі
output_model_file = 'model.pkl'
with open(output_model_file, 'wb') as f:
    pickle.dump(linear_regressor, f)

# Завантаження моделі
with open(output_model_file, 'rb') as f:
    model_linregr = pickle.load(f)

Y_test_pred_new = model_linregr.predict(X_test)
print(f"\nNew mean absolute error = {round(sm.mean_absolute_error(Y_test,
Y_test_pred_new), 2)}")
```

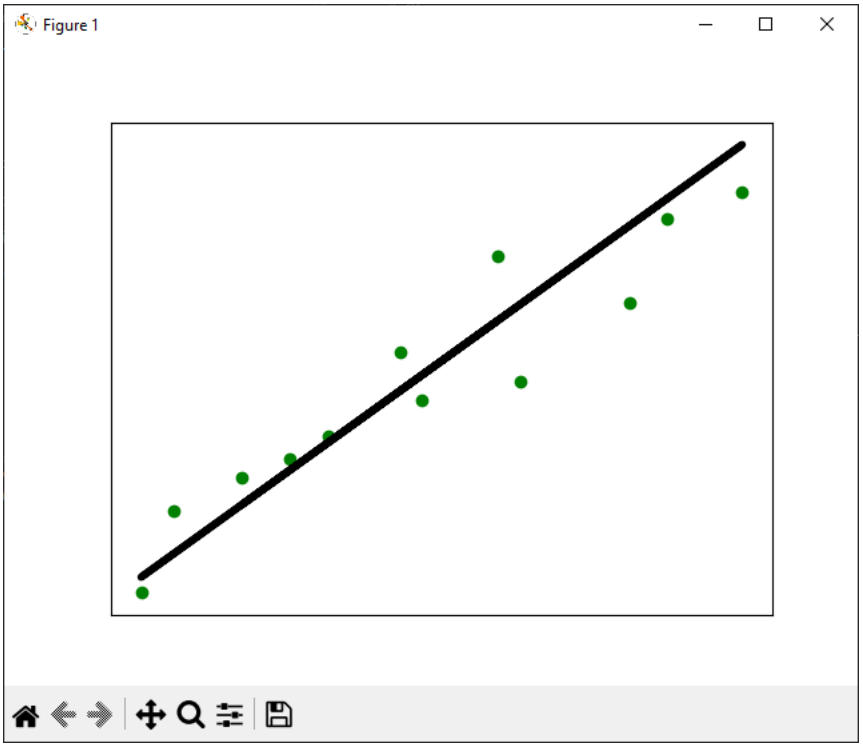

Рис.3.1 – Результат виконання лінійної регресії

```
Linear regressor performance:
Mean absolute error = 0.59
Mean squared error = 0.49
Median absolute error = 0.51
Explain variance score = 0.86
R2 score = 0.86

New mean absolute error = 0.59
```

Рис.3.2 – Аналіз моделі та її роботи в коді та після серіалізації, завантаження зі серіалізованого файлу

Використання лінійної регресії є простим, але неефективним через узагальненість та неточність.

Завдання 2. Передбачення за допомогою регресії однієї змінної

За номером 22 буде використано дані з файлу data_regr_2.txt.

Лістинг коду файлу Task_2.py:

```python
import numpy as np
from sklearn import linear_model
import sklearn.metrics as sm
import matplotlib.pyplot as plt

# Завантаження даних
input_file = 'data_regr_2.txt'
data = np.loadtxt(input_file, delimiter=',')
X, Y = data[:, :-1], data[:, -1]

# Розділення даних на навчальні та тестові
num_training = int(0.8 * len(X))
num_test = len(X) - num_training

# Тренувальні дані
X_train, Y_train = X[:num_training], Y[:num_training]
# Тестові дані
X_test, Y_test = X[num_training:], Y[num_training:]

# Створення лінійної регресії
linear_regressor = linear_model.LinearRegression()
linear_regressor.fit(X_train, Y_train)

# Прогнозування результатів
Y_test_pred = linear_regressor.predict(X_test)

# Побудова графіка
plt.scatter(X_test, Y_test, color='green')
plt.plot(X_test, Y_test_pred, color='black', linewidth=4)
plt.xticks(())
plt.yticks(())
plt.show()

# Виведення результатів
print("Linear regressor performance:")
```

```
print(f"Mean absolute error = {round(sm.mean_absolute_error(Y_test, Y_test_pred), 2)}")
print(f"Mean squared error = {round(sm.mean_squared_error(Y_test, Y_test_pred), 2)}")
print(f"Median absolute error = {round(sm.median_absolute_error(Y_test, Y_test_pred), 2)}")
print(f"Explain variance score = {round(sm.explained_variance_score(Y_test, Y_test_pred), 2)}")
print(f"R2 score = {round(sm.r2_score(Y_test, Y_test_pred), 2)}")
```

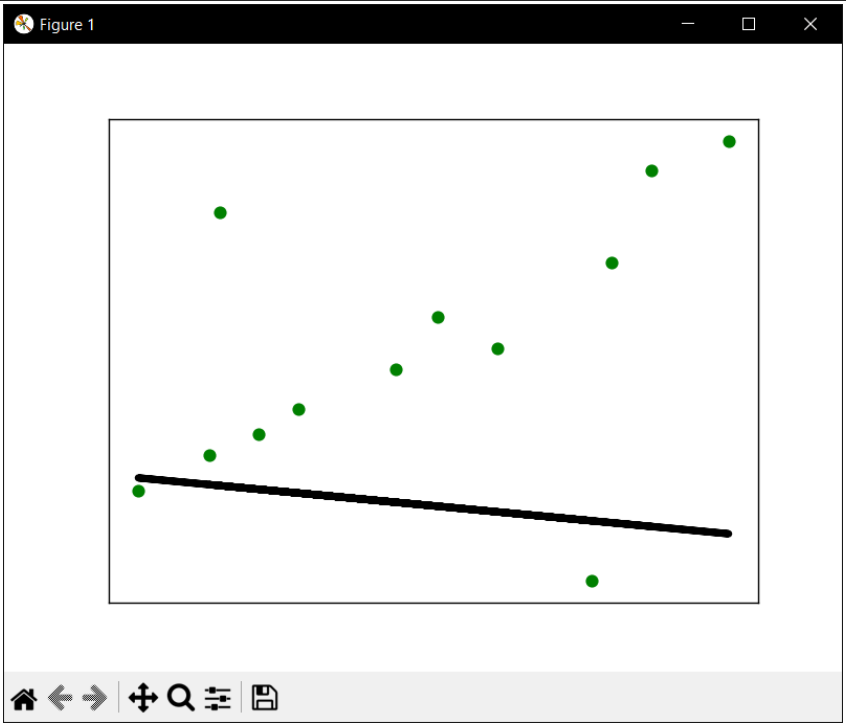

Рис.3.3 – Результат виконання лінійної регресії за власними даними

```
Linear regressor performance:
Mean absolute error = 2.42
Mean squared error = 9.02
Median absolute error = 2.14
Explain variance score = -0.15
R2 score = -1.61
```

Рис.3.2 – Аналіз моделі за власними даними

За малої кількості даних використання будь-яких алгоритмів є неефективним, особливо алгоритму лінійної регресії.

Завдання 3. Створення багатовимірного регресора

Лістинг коду файлу Task_3.py:

```
import numpy as np
from sklearn import linear_model
import sklearn.metrics as sm
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
# Завантаження даних
input_file = 'data_multivar_regr.txt'
data = np.loadtxt(input_file, delimiter=',')
X, Y = data[:, :-1], data[:, -1]

# Розділення даних на навчальні та тестові
num_training = int(0.8 * len(X))
num_test = len(X) - num_training

# Тренувальні дані
X_train, Y_train = X[:num_training], Y[:num_training]
# Тестові дані
X_test, Y_test = X[num_training:], Y[num_training:]

# Створення лінійної регресії
linear_regressor = linear_model.LinearRegression()
linear_regressor.fit(X_train, Y_train)

# Прогнозування результатів
Y_test_pred = linear_regressor.predict(X_test)

# Виведення результатів
print("Linear regressor performance:")
print(f"Mean absolute error = {round(sm.mean_absolute_error(Y_test, Y_test_pred),
2)}")
print(f"Mean squared error = {round(sm.mean_squared_error(Y_test, Y_test_pred),
2)}")
print(f"Median absolute error = {round(sm.median_absolute_error(Y_test,
Y_test_pred), 2)}")
print(f"Explain variance score = {round(sm.explained_variance_score(Y_test,
Y_test_pred), 2)}")
print(f"R2 score = {round(sm.r2_score(Y_test, Y_test_pred), 2)}")

# Створення поліноміальної регресії
polynomial = PolynomialFeatures(degree=10)
X_train_transformed = polynomial.fit_transform(X_train)
datapoint = [[7.75, 6.35, 5.56]]
poly_datapoint = polynomial.fit_transform(datapoint)

poly_linear_model = linear_model.LinearRegression()
poly_linear_model.fit(X_train_transformed, Y_train)
print(f"Linear regression:\n{linear_regressor.predict(datapoint)}")
print(f"Polynomial regression:\n{poly_linear_model.predict(poly_datapoint)}")
```

```
Linear regressor performance:
Mean absolute error = 3.58
Mean squared error = 20.31
Median absolute error = 2.99
Explain variance score = 0.86
R2 score = 0.86
```

Рис.3.3 – Характеристика моделі лінійного регресора на даних з багатьма ознаками

```
Linear regression:
[36.05286276]
Polynomial regression:
[41.45893123]
```

Рис.3.4 – Порівняння лінійного та поліноміального регресорів

З порівняння на рисунку 3.4 можна зробити висновок, що поліноміальний регресор є точнішим та кращим до використання.

Завдання 4. Регресія багатьох змінних

Лістинг коду файлу Task_4.py:

```python
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
from sklearn import linear_model, datasets
from sklearn.metrics import mean_squared_error, mean_absolute_error, r2_score
from sklearn.model_selection import train_test_split

diabetes = datasets.load_diabetes()
X = diabetes.data[:, np.newaxis, 2]
Y = diabetes.target

X_train, X_test, Y_train, Y_test = train_test_split(X, Y, test_size=0.5,
random_state=0)
regressor = linear_model.LinearRegression()
regressor.fit(X_train, Y_train)
Y_pred = regressor.predict(X_test)

print(f"Mean absolute error = {round(mean_absolute_error(Y_test, Y_pred), 2)}")
print(f"Mean squared error = {round(mean_squared_error(Y_test, Y_pred), 2)}")
print(f"Regression coefficient = {round(regressor.coef_[0], 2)}")
print(f"Regression intercept = {round(regressor.intercept_, 2)}")
print(f"R2 score = {round(r2_score(Y_test, Y_pred), 2)}")

fig, ax = plt.subplots()
ax.scatter(Y_test, Y_pred, edgecolors=(0, 0, 0))
ax.plot([Y.min(), Y.max()], [Y.min(), Y.max()], 'k--', lw=4)
ax.set_xlabel('Measured')
ax.set_ylabel('Predicted')
plt.show()
```

```
Mean absolute error = 49.51
Mean squared error = 3736.39
Regression coefficient = 1057.06
Regression intercept = 154.13
R2 score = 0.32
```

Рис.3.5 – Характеристика ефективності лінійної регресії на даних про діабет

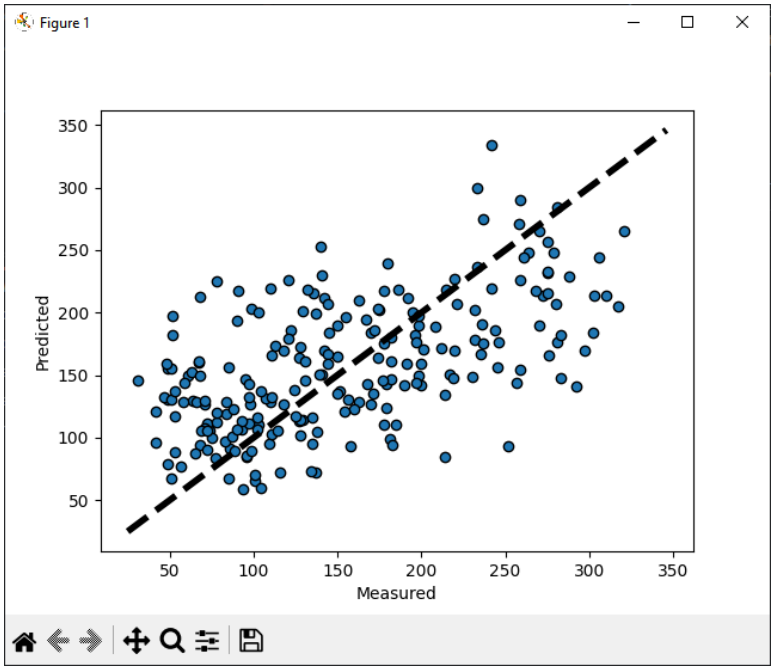

Рис.3.6 – Графік результату лінійної регресії даних про діабет

Використання лінійної регресії в даному випадку не є ефективним через велике розповсюдження даних.

Завдання 5. Самостійна побудова регресії

За номером 2 буде використано спосіб варіанту 2.

Лістинг коду Task_5.py:

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
from sklearn import linear_model
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
from sklearn.metrics import mean_squared_error, mean_absolute_error, r2_score
from sklearn.model_selection import train_test_split

m = 100
X = 6 * np.random.rand(m, 1) - 3
Y = 0.6 * X ** 2 + X + 2 + np.random.randn(m, 1)

indices = np.argsort(X, axis=0)
X = X[indices].reshape(-1, 1)
Y = Y[indices].reshape(-1, 1)

X_train, X_test, Y_train, Y_test = train_test_split(X, Y, test_size=0.5,
random_state=0)
regressor = linear_model.LinearRegression()
regressor.fit(X_train, Y_train)
Y_pred = regressor.predict(X_test)

print(f"Mean absolute error = {round(mean_absolute_error(Y_test, Y_pred), 2)}")
print(f"Mean squared error = {round(mean_squared_error(Y_test, Y_pred), 2)}")
print(f"Regression coefficient = {round(regressor.coef_[0][0], 2)}")
print(f"Regression intercept = {round(regressor.intercept_[0], 2)}")
print(f"R2 score = {round(r2_score(Y_test, Y_pred), 2)}")
```

```
plt.scatter(X, Y, edgecolors=(0, 0, 0))
plt.plot(X_test, Y_pred, color="red")
plt.xlabel('X')
plt.ylabel('Y')
plt.show()

poly = PolynomialFeatures(degree=2)
X_poly = poly.fit_transform(X)
regressor = linear_model.LinearRegression()
regressor.fit(X_poly, Y)
Y_pred = regressor.predict(X_poly)

print(f"Mean absolute error = {round(mean_absolute_error(Y, Y_pred), 2)}")
print(f"Mean squared error = {round(mean_squared_error(Y, Y_pred), 2)}")
print(f"Regression coefficient = {round(regressor.coef_[0][0], 2)}")
print(f"Regression intercept = {round(regressor.intercept_[0], 2)}")
print(f"R2 score = {round(r2_score(Y, Y_pred), 2)}")

plt.scatter(X, Y, edgecolors=(0, 0, 0))
plt.plot(X, Y_pred, color="red")
plt.xlabel('X')
plt.ylabel('Y')
plt.show()
```

```
Mean absolute error = 1.23
Mean squared error = 2.5
Regression coefficient = 1.18
Regression intercept = 3.63
R2 score = 0.47
```

Рис.3.7 – Характеристика лінійної регресії випадкових даних

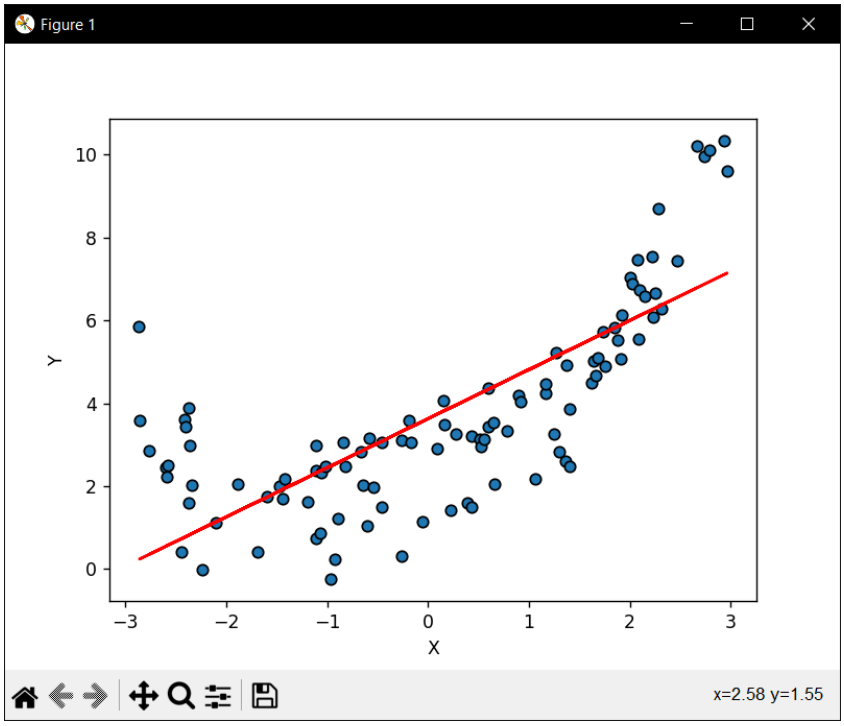

Рис.3.8 – Лінійна регресія випадкових даних

```
Mean absolute error = 0.82
Mean squared error = 0.99
Regression coefficient = 0.0
Regression intercept = 2.16
R2 score = 0.83
```

Рис.3.9 – Характеристика поліноміальної регресії випадкових даних

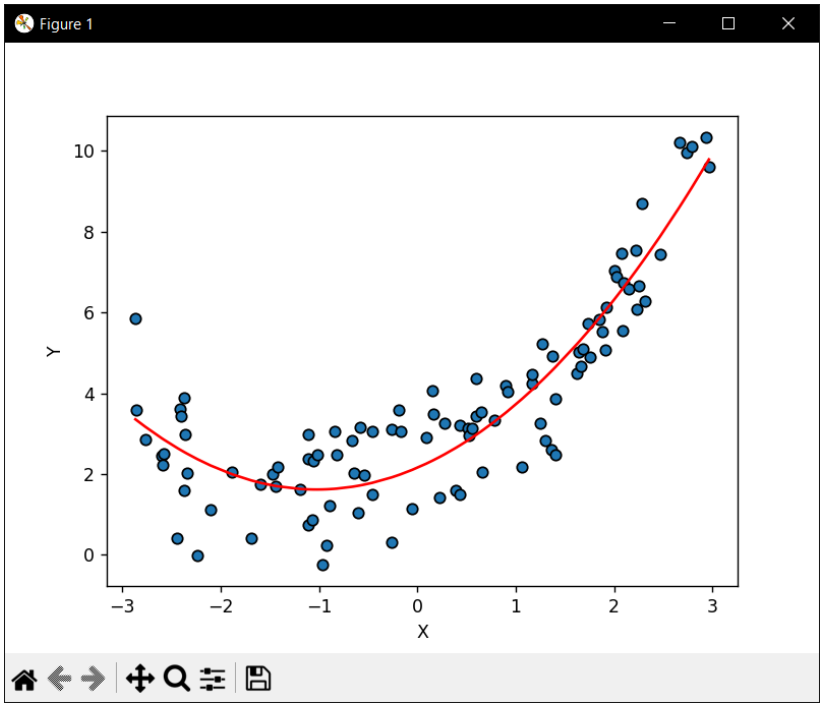

Рис.3.10 – Поліноміальна регресія випадкових даних

З отриманих рисунків можна підсумувати, що поліноміальна регресія показує більшу точність та кращий результат.

Завдання 6. Побудова кривих навчання

Лістинг коду Task_6.py:

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.metrics import mean_squared_error
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.pipeline import Pipeline
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures

def plot_learning_curves(model, X, Y, m):
    X_train, X_val, Y_train, Y_val = train_test_split(X, Y, test_size=0.2)
    train_errors, val_errors = [], []

    for m in range(1, len(X_train)):
        model.fit(X_train[:m], Y_train[:m])
        Y_train_predict = model.predict(X_train[:m])
        Y_val_predict = model.predict(X_val)
        train_errors.append(mean_squared_error(Y_train_predict, Y_train[:m]))
        val_errors.append(mean_squared_error(Y_val_predict, Y_val))
```

```
    plt.plot(np.sqrt(train_errors), "r-+", linewidth=2, label="Training set")
    plt.plot(np.sqrt(val_errors), "b-", linewidth=3, label="Validation set")
    plt.legend(loc="upper right", fontsize=14)
    plt.xlabel("Training set size", fontsize=14)
    plt.ylabel("RMSE", fontsize=14)
    plt.show()


m = 100
X = 6 * np.random.rand(m, 1) - 5
Y = 0.5 * X**2 + X + 2 + np.random.randn(m, 1)

indices = np.argsort(X, axis=0)
X = X[indices].reshape(-1, 1)
Y = Y[indices].reshape(-1, 1)
linear_reg = LinearRegression()
plot_learning_curves(linear_reg, X, Y, m)

polynomial_regression = Pipeline([
    ("poly_features", PolynomialFeatures(degree=10, include_bias=False)),
    ("lin_reg", LinearRegression()),
])
plot_learning_curves(polynomial_regression, X, Y, m)

polynomial_regression = Pipeline([
    ("poly_features", PolynomialFeatures(degree=2, include_bias=False)),
    ("lin_reg", LinearRegression()),
])
plot_learning_curves(polynomial_regression, X, Y, m)
```

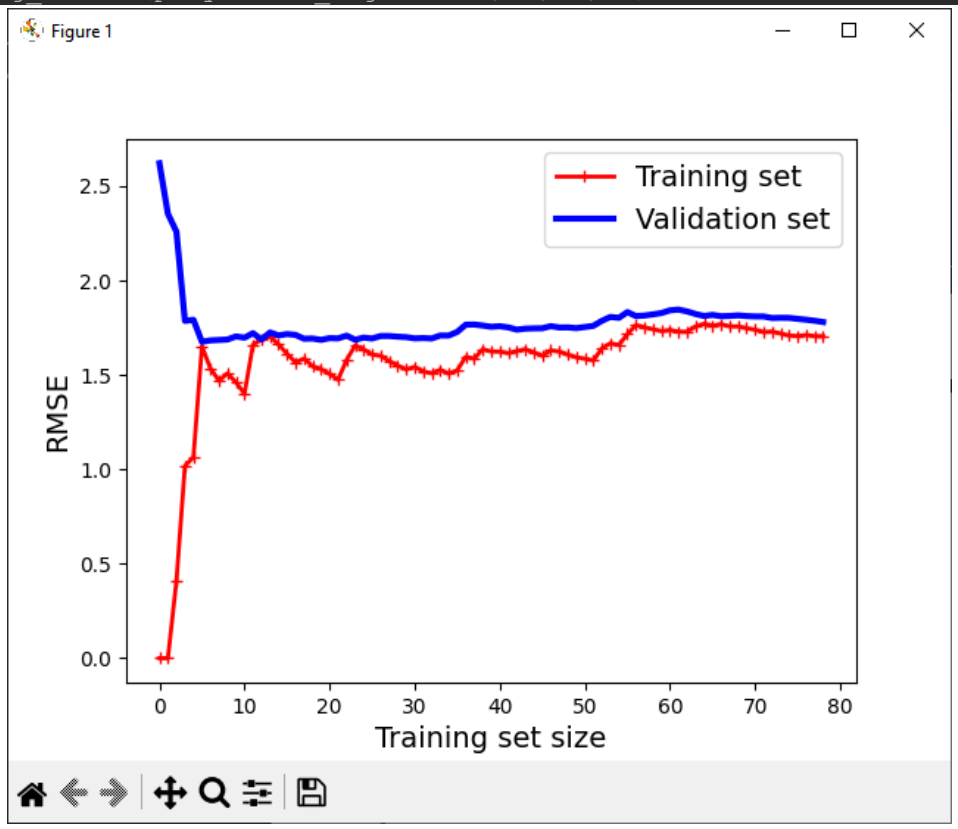

Рис.3.11 – Криві навчання для лінійної моделі

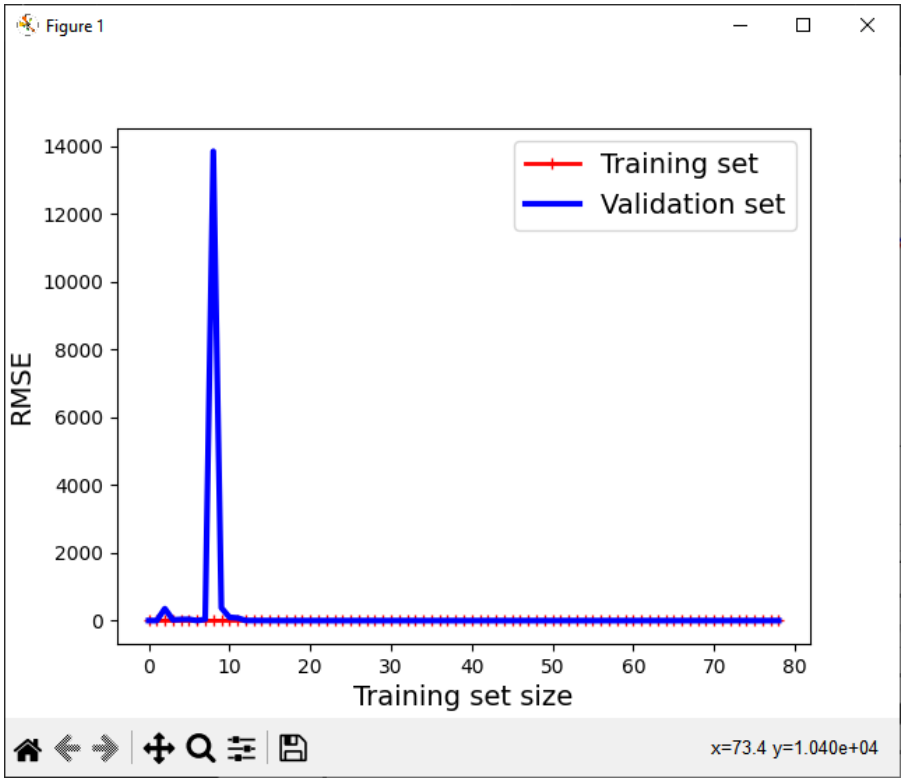

Рис.3.12 – Криві навчання для поліноміальної моделі 10го ступеня

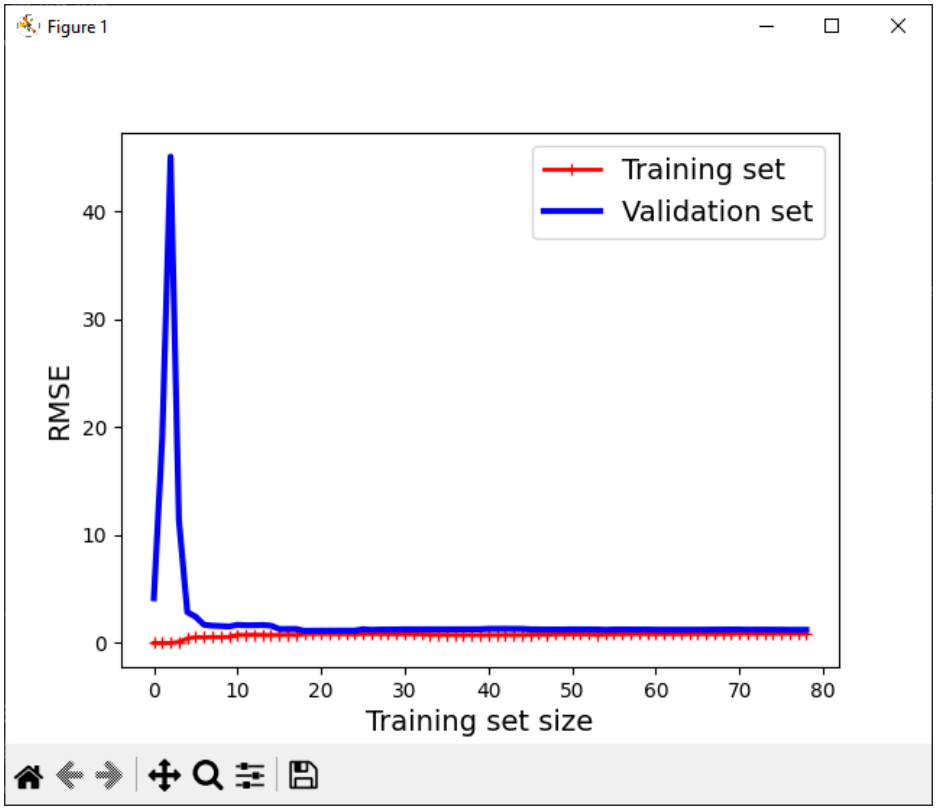

Рис.3.13 – Криві навчання для поліноміальної моделі 2го ступеня

Завдання 7. Кластеризація даних за допомогою методу k-середніх

Лістинг коду файлу Task_7.py:

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.cluster import KMeans
from sklearn import metrics

X = np.loadtxt('data_clustering.txt', delimiter=',')
num_clusters = 5

plt.figure()
plt.scatter(X[:, 0], X[:, 1], marker='o', facecolors='none', edgecolors='k', s=30)
x_min, x_max = X[:, 0].min() - 1, X[:, 0].max() + 1
y_min, y_max = X[:, 1].min() - 1, X[:, 1].max() + 1
plt.title('Input data')
plt.xlim(x_min, x_max)
plt.ylim(y_min, y_max)
plt.xticks(())
plt.yticks(())
plt.show()

kmeans = KMeans(init='k-means++', n_clusters=num_clusters, n_init=10)
kmeans.fit(X)

step_size = 0.01
x_values, y_values = np.meshgrid(np.arange(x_min, x_max, step_size),
np.arange(y_min, y_max, step_size))
output = kmeans.predict(np.c_[x_values.ravel(), y_values.ravel()])

output = output.reshape(x_values.shape)
plt.figure()
plt.clf()
plt.imshow(output, interpolation='nearest',
           extent=(x_values.min(), x_values.max(), y_values.min(),
y_values.max()),
           cmap=plt.cm.Paired, aspect='auto', origin='lower')
plt.scatter(X[:, 0], X[:, 1], marker='o', facecolors='none', edgecolors='k', s=30)
plt.title('Centroids and boundaries obtained using KMeans')
plt.xlim(x_min, x_max)
plt.ylim(y_min, y_max)
plt.xticks(())
plt.yticks(())
plt.show()
```

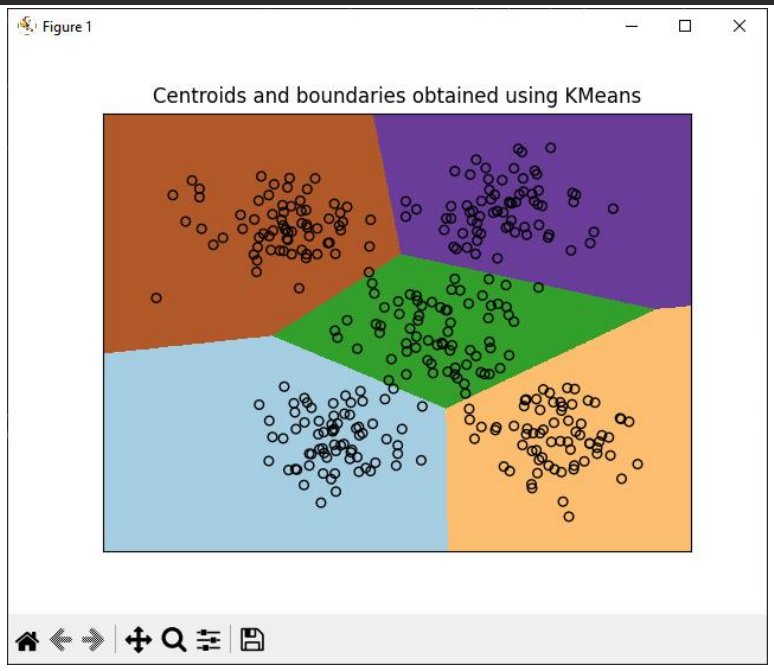

Рис.3.14 – Відображення кластеризованих даних методом К-середніх

Використання методу К-середніх дозволяє ефективно класифікувати дані без допомоги вчителя, а за використання К-середніх++ знаходження центрів залишається за алгоритмом.

Завдання 8. Кластеризація К-середніх для набору даних Iris

Лістинг коду файлу Task_8.py:

```
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn import datasets
from sklearn.cluster import KMeans
from sklearn.metrics import pairwise_distances_argmin
import numpy as np

iris = datasets.load_iris()
X = iris.data[:, :2]
Y = iris.target

kmeans = KMeans(n_clusters=Y.max() + 1, init='k-means++', n_init=10, max_iter=300,
                tol=0.0001, verbose=0, random_state=None, copy_x=True)
kmeans.fit(X)
y_pred = kmeans.predict(X)

print("n_clusters: 3, n_init: 10, max_iter: 300, tol: 0.0001, verbose: 0,
random_state: None, copy_x: True")
print(y_pred)
plt.figure()
plt.scatter(X[:, 0], X[:, 1], c=y_pred, s=50, cmap='viridis')
centers = kmeans.cluster_centers_
plt.scatter(centers[:, 0], centers[:, 1], c='black', s=200, alpha=0.5)
plt.show()


def find_clusters(X, n_clusters, rseed=2):
    rng = np.random.RandomState(rseed)
    i = rng.permutation(X.shape[0])[:n_clusters]
    centers = X[i]

    while True:
        labels = pairwise_distances_argmin(X, centers)
        new_centers = np.array([X[labels == i].mean(0) for i in
range(n_clusters)])
        if np.all(centers == new_centers):
            break
        centers = new_centers
    return centers, labels


print("using find_clusters():")
centers, labels = find_clusters(X, 3)
print("n_clusters: 3, rseed: 2")
print(labels)
plt.scatter(X[:, 0], X[:, 1], c=labels, s=50, cmap='viridis')
plt.show()

centers, labels = find_clusters(X, 3, rseed=0)
print("n_clusters: 3, rseed: 0")
print(labels)
```

```
plt.scatter(X[:, 0], X[:, 1], c=labels, s=50, cmap='viridis')
plt.show()

labels = KMeans(3, random_state=0).fit_predict(X)
print("n_clusters: 3, rseed: 0")
print(labels)
plt.scatter(X[:, 0], X[:, 1], c=labels, s=50, cmap='viridis')
plt.show()
```

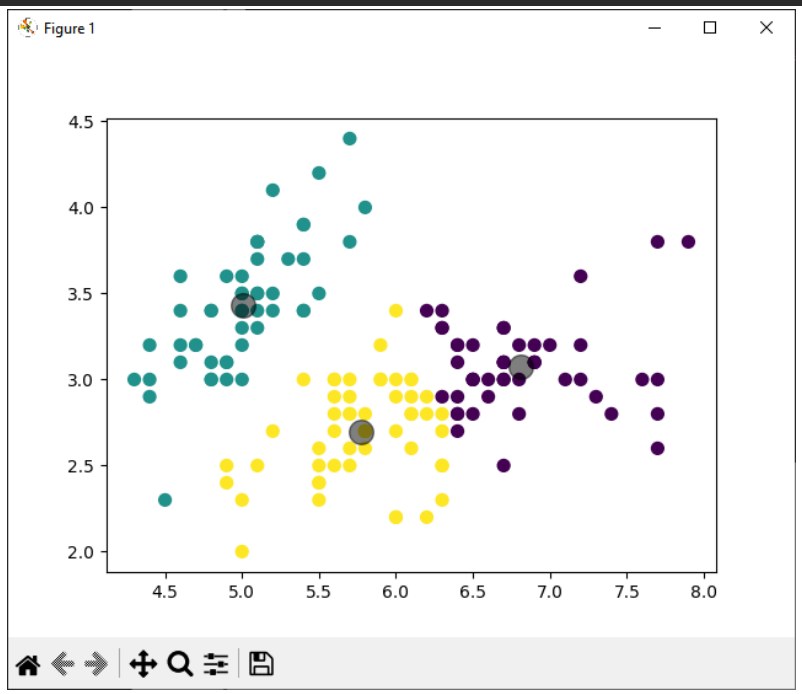

Рис.3.15 – Ручна кластеризація даних по ірисам

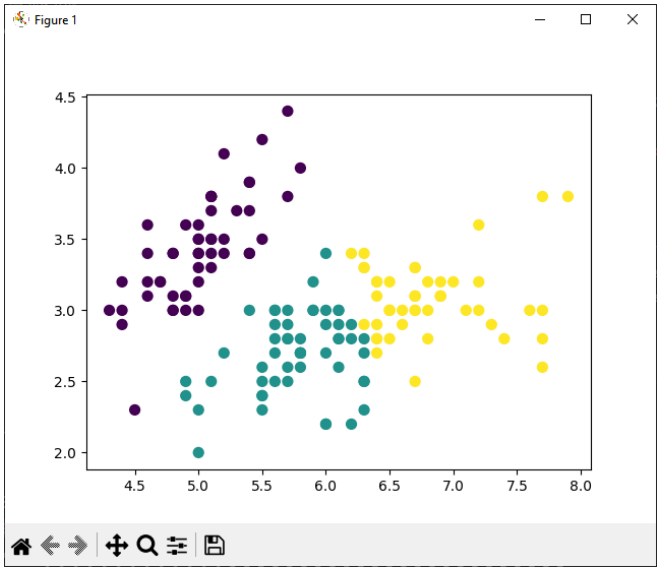

Рис.3.16 – Кластеризація з використанням створеної функції, випадкове зерно – 2

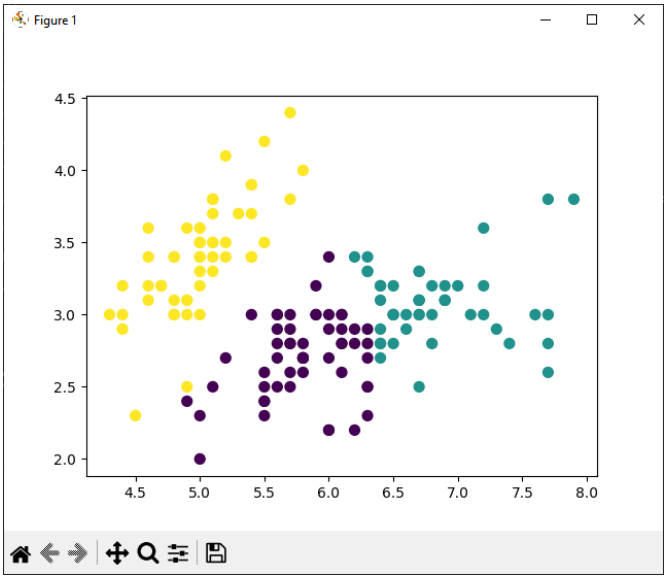

Рис.3.17 – Кластеризація з використанням створеної функції, випадкове зерно – 0

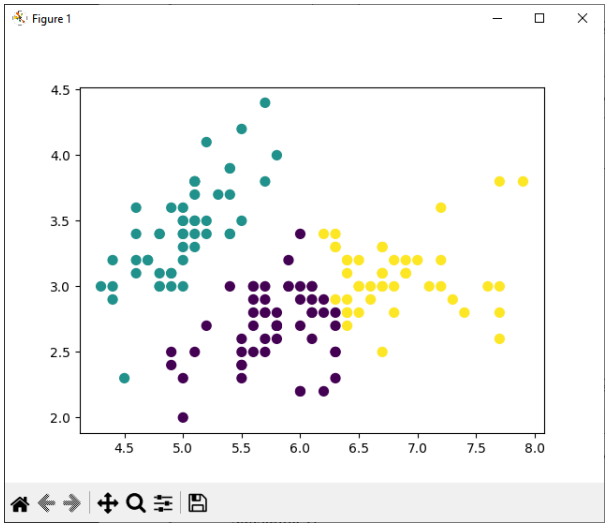

Рис.3.17 – Кластеризація швидким викликом кластеризатора

Точність кластеризації з використанням метода K-середніх є досить точною та наочною при виведенні на графіку.

Завдання 9. Оцінка кількості кластерів з використанням методу зсуву середнього

Лістинг коду файлу Task_9.py:

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.cluster import MeanShift, estimate_bandwidth
from itertools import cycle

X = np.loadtxt('data_clustering.txt', delimiter=',')
bandwidth = estimate_bandwidth(X, quantile=0.2, n_samples=500)
ms = MeanShift(bandwidth=bandwidth, bin_seeding=True)
ms.fit(X)
```

```
cluster_centers = ms.cluster_centers_
labels = ms.labels_

print("cluster_centers:\n", cluster_centers)
print("labels:\n", labels)

plt.figure()
markers = cycle('o*sv')
colors = cycle('bgrcmyk')
for i, marker in zip(range(len(cluster_centers)), markers):
    plt.scatter(X[labels == i, 0], X[labels == i, 1], marker=marker,
color=next(colors), s=50, label='cluster ' + str(i))
    cluster_center = cluster_centers[i]
    plt.plot(cluster_center[0], cluster_center[1], marker='o',
markerfacecolor='k', markeredgecolor='k', markersize=15)
plt.title(f'Estimated number of clusters: {len(cluster_centers)}')
plt.show()
```

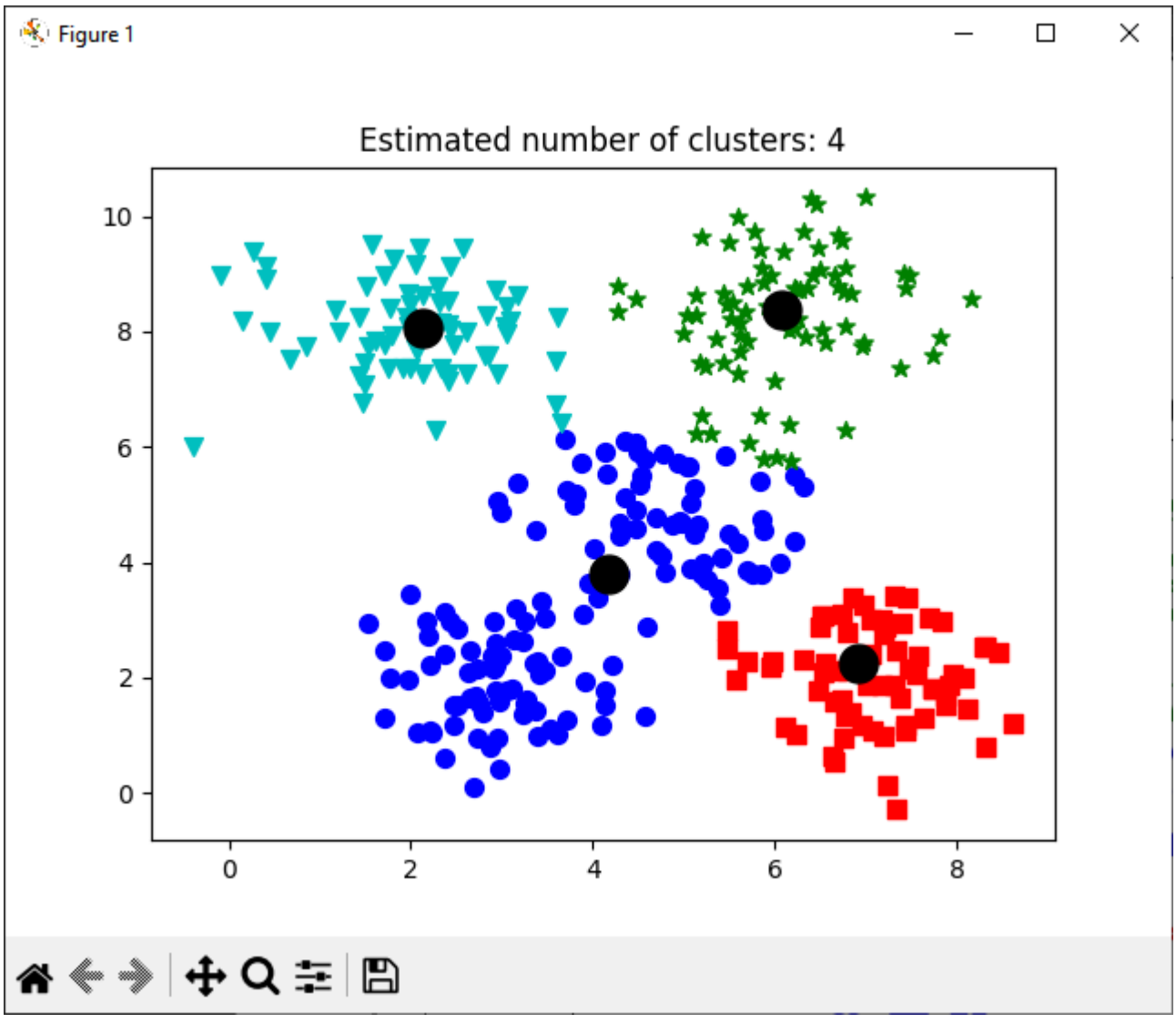

Рис.3.18 – Відображення кластеризованих даних методом зсуву середнього

Використання методу зсуву середнього також є ефективним способом кластеризації даних.

Висновок: під час виконання завдань лабораторної роботи було досліджено методи регресії та неконтрольованої класифікації даних у машинному навчанні використовуючи спеціалізовані бібліотеки і мову програмування Python.

Github: https://github.com/mikrorobot/Python_AI