

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Тема: ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ АНСАМБЛЕВОГО НАВЧАННЯ ТА СТВОРЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Мета: використовуючи спеціалізовані бібліотеки та мову програмування Python дослідити методи ансамблів у машинному навчанні та створити рекомендаційні системи.

Репозиторій: <https://github.com/VladimirKravchuk/basicAI/laba4>

Завдання №1: Створення класифікаторів на основі випадкових та гранично випадкових лісів.

```
import argparse

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.metrics import classification_report
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier, ExtraTreesClassifier
from sklearn.metrics import classification_report

from utilities import visualize_classifier

# Argument parser
def build_arg_parser():
    parser = argparse.ArgumentParser(description='Classify data using Ensemble Learning techniques')
    parser.add_argument('--classifier-type', dest='classifier_type',
                        required=True, choices=['rf', 'erf'],
                        help="Type of classifier to use; can be either 'rf' or 'erf'")
    return parser

if __name__ == '__main__':
    # Parse the input arguments
    args = build_arg_parser().parse_args()
    classifier_type = args.classifier_type
```

					ДУ «Житомирська політехніка».23.121.17.000 – Лр4			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кравчук В.О.			Звіт з лабораторної роботи		Лім.	Арк.
Перевір.		Голенко М.Ю.						1
Керівник								12
Н. контр.							ФІКТ Гр. ІПЗ-20-1[2]	
Зав. каф.								

```

# Load input data
input_file = 'data_random_forests.txt'
data = np.loadtxt(input_file, delimiter=',')
X, y = data[:, :-1], data[:, -1]
# Separate input data into three classes based on labels
class_0 = np.array(X[y == 0])
class_1 = np.array(X[y == 1])
class_2 = np.array(X[y == 2])

# Visualize input data
plt.figure()
plt.scatter(class_0[:, 0], class_0[:, 1], s=75, facecolors='white',
            edgecolors='black', linewidth=1, marker='s')
plt.scatter(class_1[:, 0], class_1[:, 1], s=75, facecolors='white',
            edgecolors='black', linewidth=1, marker='o')
plt.scatter(class_2[:, 0], class_2[:, 1], s=75, facecolors='white',
            edgecolors='black', linewidth=1, marker='^')
plt.title('Input data')

# Split data into training and testing datasets
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(
    X, y, test_size=0.25, random_state=5)

# Ensemble Learning classifier
params = {'n_estimators': 100, 'max_depth': 4, 'random_state': 0}
if classifier_type == 'rf':
    classifier = RandomForestClassifier(**params)
else:
    classifier = ExtraTreesClassifier(**params)

classifier.fit(X_train, y_train)
visualize_classifier(classifier, X_train, y_train, 'Training dataset')

y_test_pred = classifier.predict(X_test)
visualize_classifier(classifier, X_test, y_test, 'Test dataset')

# Evaluate classifier performance
class_names = ['Class-0', 'Class-1', 'Class-2']
print("\n" + "#" * 40)
print("\nClassifier performance on training dataset\n")
print(classification_report(y_train, classifier.predict(X_train), target_names=class_names))
print("#" * 40 + "\n")

print("#" * 40)
print("\nClassifier performance on test dataset\n")
print(classification_report(y_test, y_test_pred, target_names=class_names))
print("#" * 40 + "\n")
# Compute confidence
test_datapoints = np.array([[5, 5], [3, 6], [6, 4], [7, 2], [4, 4], [5, 2]])

print("\nConfidence measure:")
for datapoint in test_datapoints:
    probabilities = classifier.predict_proba([datapoint])[0]
    predicted_class = 'Class-' + str(np.argmax(probabilities))
    print('\nDatapoint:', datapoint)
    print('Predicted class:', predicted_class)

# Visualize the datapoints
visualize_classifier(classifier, test_datapoints, [0] * len(test_datapoints),
'Test datapoints')

plt.show()

```

		Кравчук В.О.			ДУ «Житомирська політехніка».23.121.17.000 – Лр4	Арк.
		Голенко М.Ю.				2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

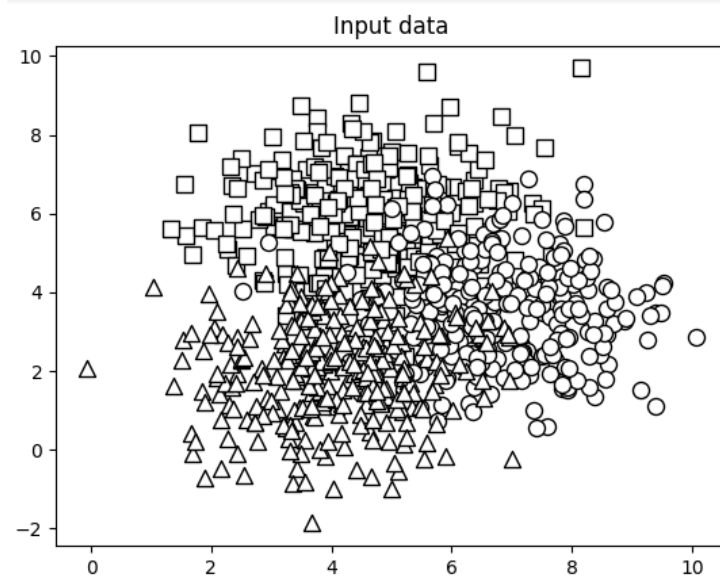


Рис. 1. Результат виконання програми

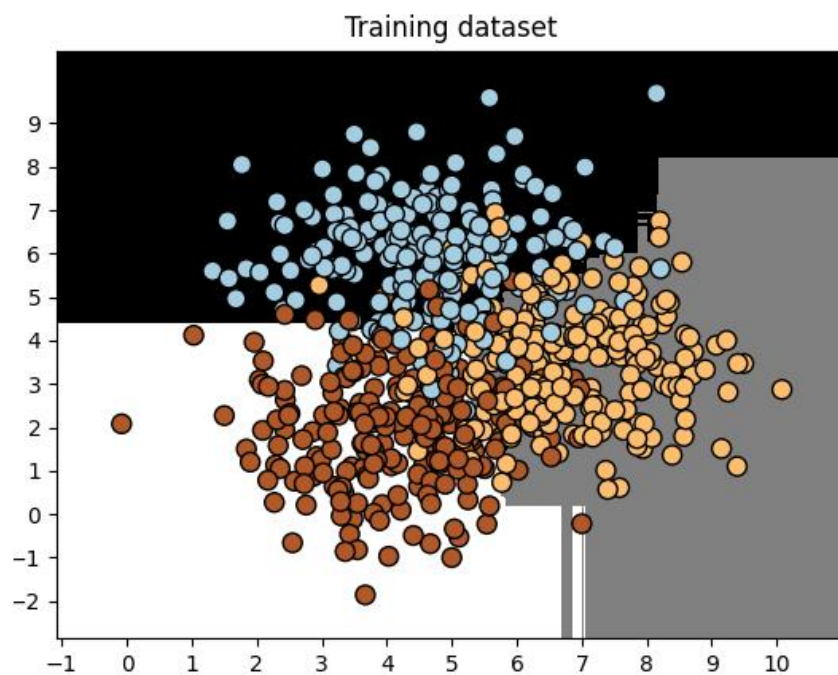


Рис. 2. Результат виконання програми

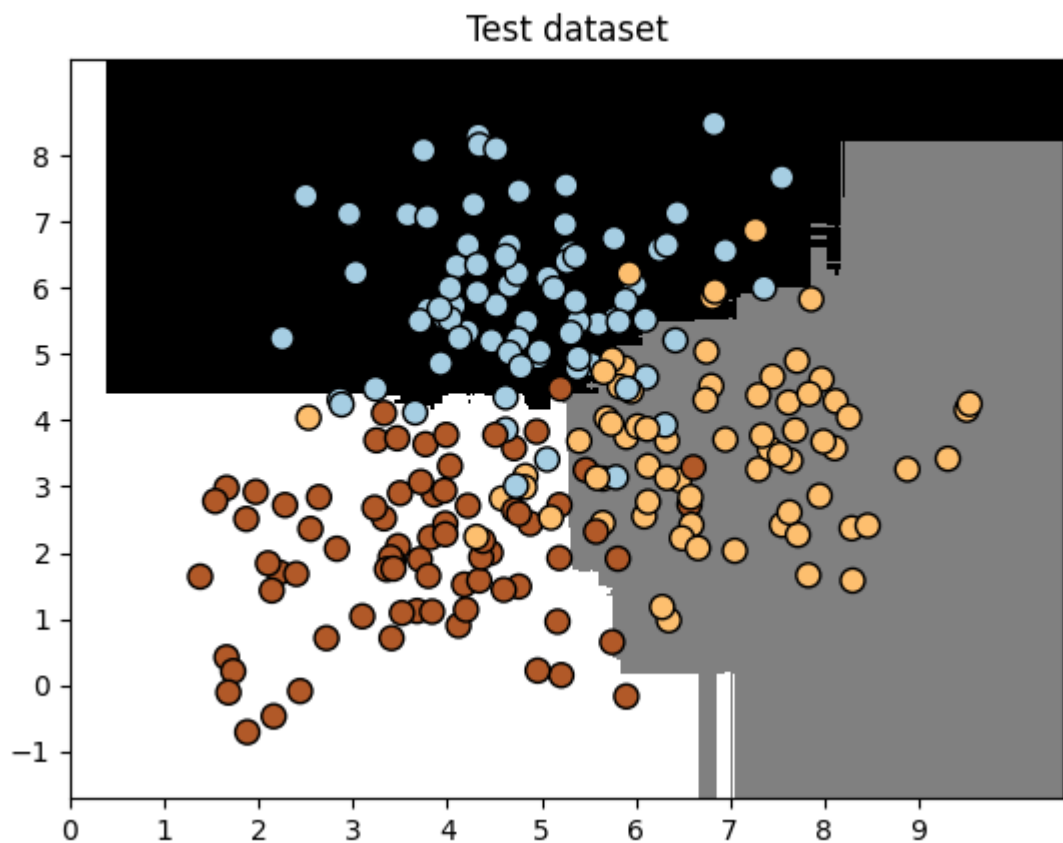


Рис. 3. Результат виконання програми

Class-0	0.92	0.85	0.88	79
Class-1	0.86	0.84	0.85	70
Class-2	0.84	0.92	0.88	76
accuracy			0.87	225
macro avg	0.87	0.87	0.87	225
weighted avg	0.87	0.87	0.87	225
#####				

Рис. 4. Результат виконання програми

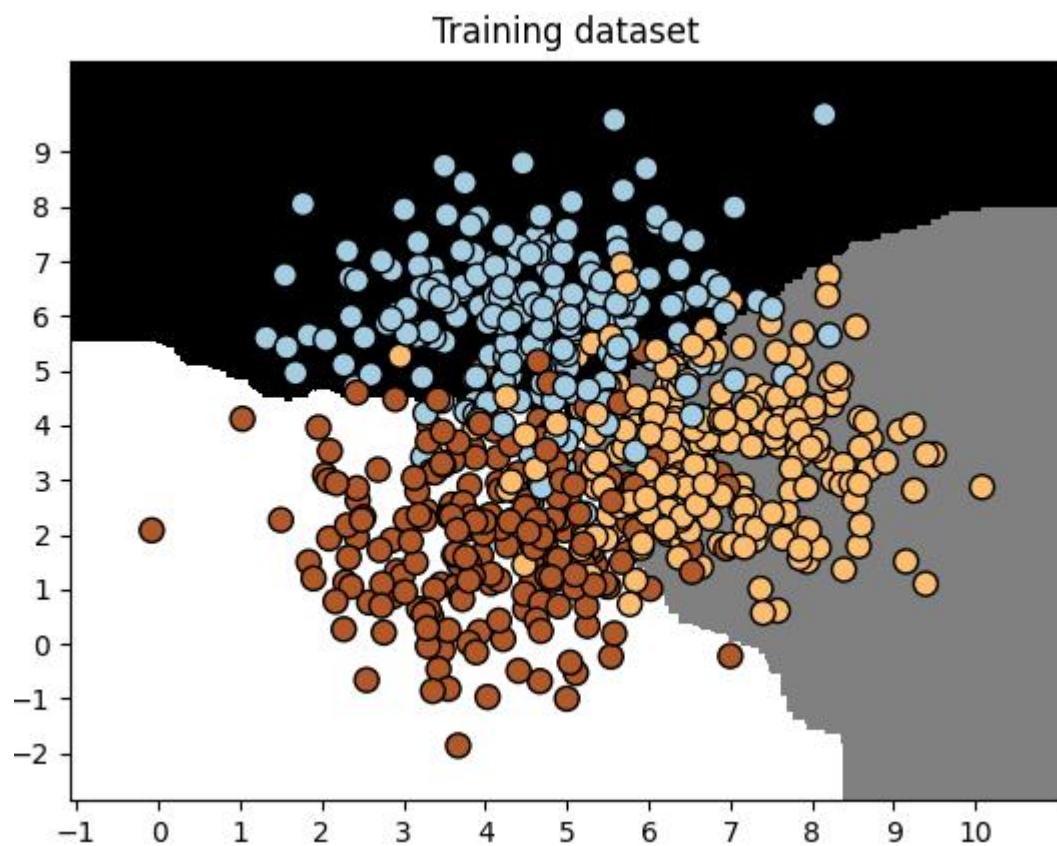


Рис. 5. Результат виконання програми

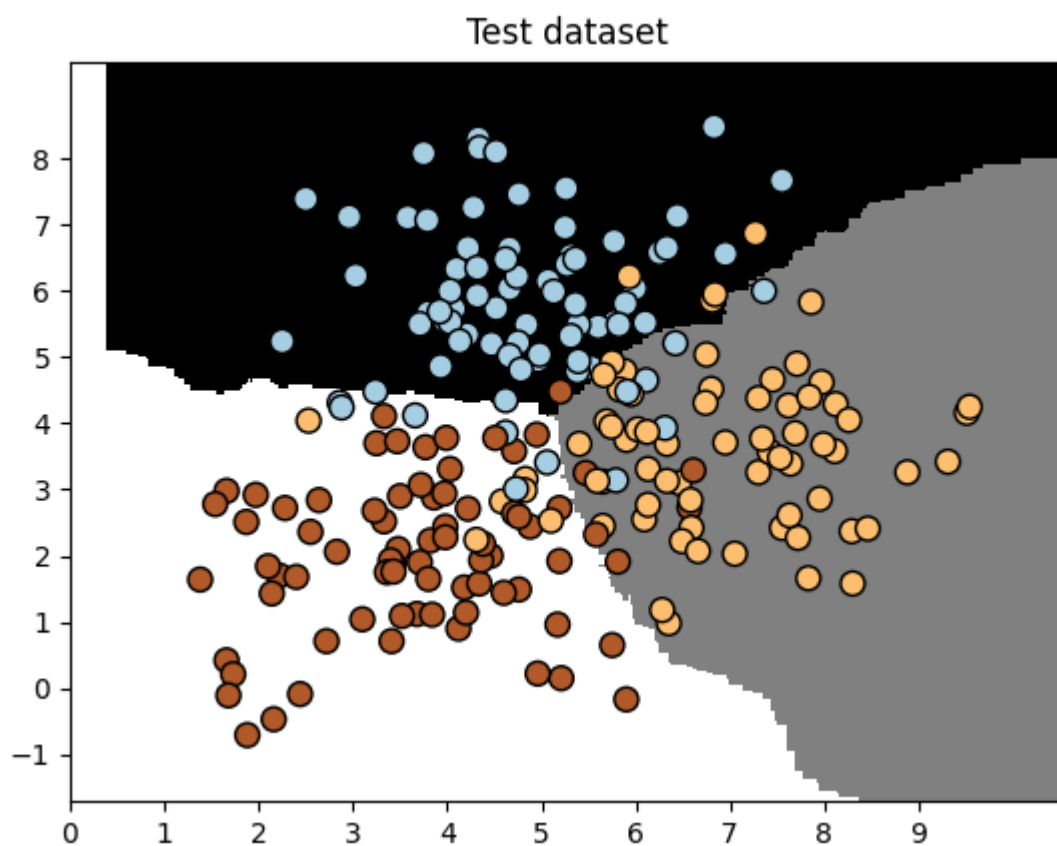


Рис. 6. Результат виконання програми

		Кравчук В.О.			ДУ «Житомирська політехніка».23.121.17.000 – Лр4	Арк.
		Голенко М.Ю.				5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Classifier performance on test dataset				
	precision	recall	f1-score	support
Class-0	0.92	0.85	0.88	79
Class-1	0.84	0.84	0.84	70
Class-2	0.85	0.92	0.89	76
accuracy			0.87	225
macro avg	0.87	0.87	0.87	225
weighted avg	0.87	0.87	0.87	225

Рис. 7. Результат виконання програми

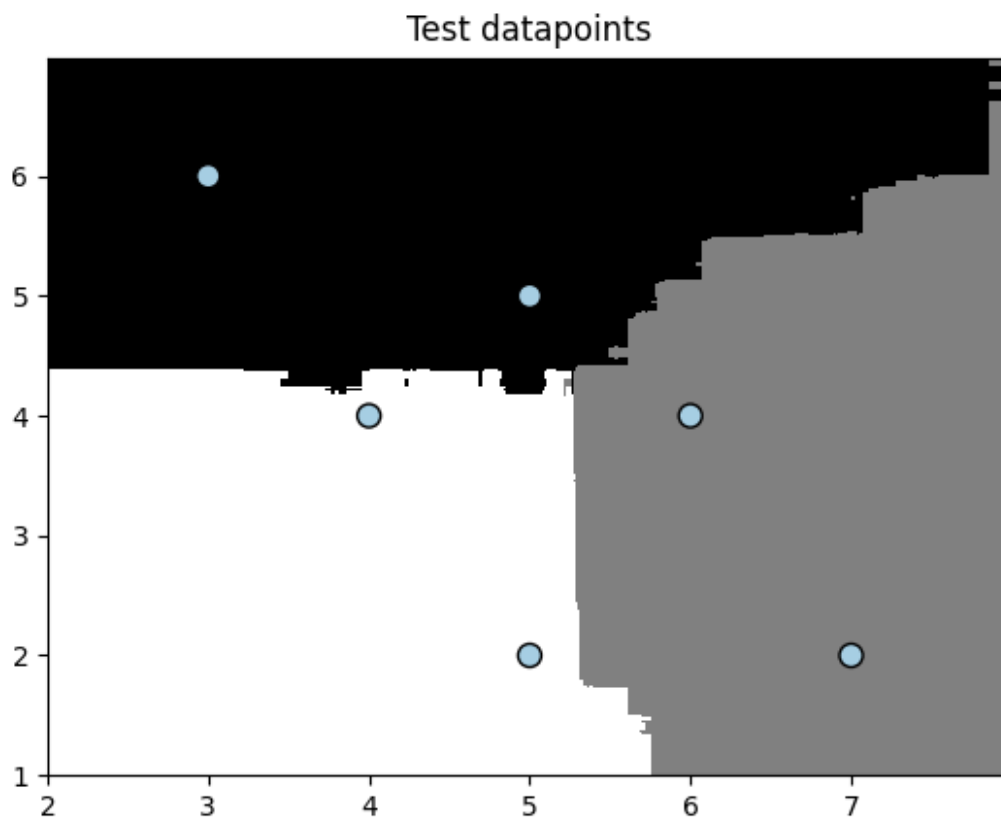


Рис. 8. Результат виконання програми

```

Confidence measure:

Datapoint: [5 5]
Predicted class: Class-0

Datapoint: [3 6]
Predicted class: Class-0

Datapoint: [6 4]
Predicted class: Class-1

Datapoint: [7 2]
Predicted class: Class-1

Datapoint: [4 4]
Predicted class: Class-2

Datapoint: [5 2]
Predicted class: Class-2

```

Рис. 9. Результат виконання програми

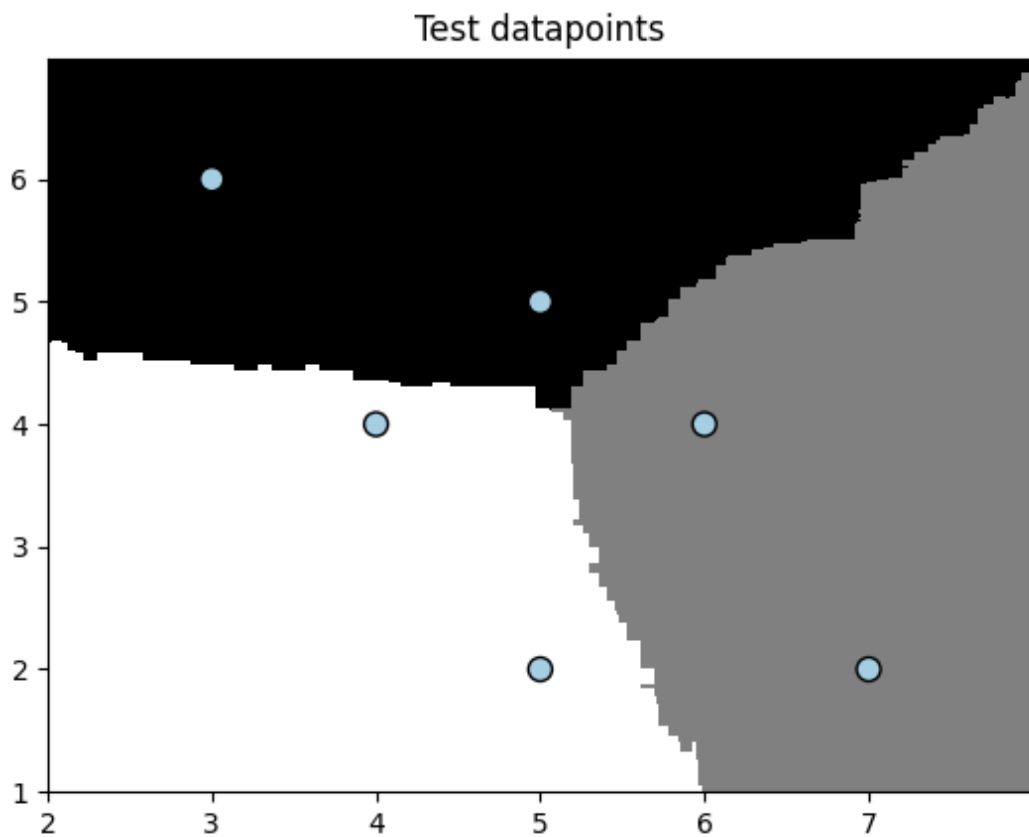


Рис. 10. Результат виконання програми

		Кравчук В.О.			ДУ «Житомирська політехніка».23.121.17.000 – Лр4	Арк.
		Голенко М.Ю.				7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

Confidence measure:

Datapoint: [5 5]
Predicted class: Class-0

Datapoint: [3 6]
Predicted class: Class-0

Datapoint: [6 4]
Predicted class: Class-1

Datapoint: [7 2]
Predicted class: Class-1

Datapoint: [4 4]
Predicted class: Class-2

Datapoint: [5 2]
Predicted class: Class-2

```

Рис. 11. Результат виконання програми

При юзс **-erf** отримав більш валідні піки. Це обумовлено тим, що в процесі навчання гранично випадкові ліси мають більше можливостей для вибору оптимальних дерев рішень, тому, як правило, вони забезпечують отримання кращих границь. Але кінцеві результати виявилися майже однаковими при використанні обох прапорців.

Завдання №2: Обробка дисбалансу класів.

```

import sys

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.ensemble import ExtraTreesClassifier
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.metrics import classification_report

from utilities import visualize_classifier

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

# Поділ вхідних даних на два класи на підставі міток
class_0 = np.array(X[y == 0])

```

		Кравчук В.О.			ДУ «Житомирська політехніка».23.121.17.000 – Пр4	Арк.
		Голенко М.Ю.				8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		


```

class_1 = np.array(X[y == 1])

# Візуалізація вхідних даних
plt.figure()
plt.scatter(class_0[:, 0], class_0[:, 1], s=75, facecolors='black',
            edgecolors='black', linewidth=1, marker='x')
plt.scatter(class_1[:, 0], class_1[:, 1], s=75, facecolors='white',
            edgecolors='black', linewidth=1, marker='o')
plt.title('Input data')

# Розбиття даних на навчальний та тестовий набори
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(
    X, y, test_size=0.25, random_state=5)

# Класифікатор на основі гранично випадкових лісів
params = {'n_estimators': 100, 'max_depth': 4, 'random_state': 0}
if len(sys.argv) > 1:
    if sys.argv[1] == 'balance':
        params = {'n_estimators': 100, 'max_depth': 4, 'random_state': 0,
            'class_weight': 'balanced'}
    else:
        raise TypeError("Invalid input argument; should be 'balance'")

classifier = ExtraTreesClassifier(**params)
classifier.fit(X_train, y_train)
visualize_classifier(classifier, X_train, y_train, 'Training dataset')

y_test_pred = classifier.predict(X_test)
visualize_classifier(classifier, X_test, y_test, 'Test dataset')

# Обчислення показників ефективності класифікатора
class_names = ['Class-0', 'Class-1']
print("\n" + "#" * 40)
print("\nClassifier performance on training dataset\n")
print(classification_report(y_train, classifier.predict(X_train),
    target_names=class_names))
print("#" * 40 + "\n")

print("#" * 40)
print("\nClassifier performance on test dataset\n")
print(classification_report(y_test, y_test_pred, target_names=class_names))
print("#" * 40 + "\n")

plt.show()

```

		Кравчук В.О.			ДУ «Житомирська політехніка».23.121.17.000 – Лр4	Арк.
		Голенко М.Ю.				9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

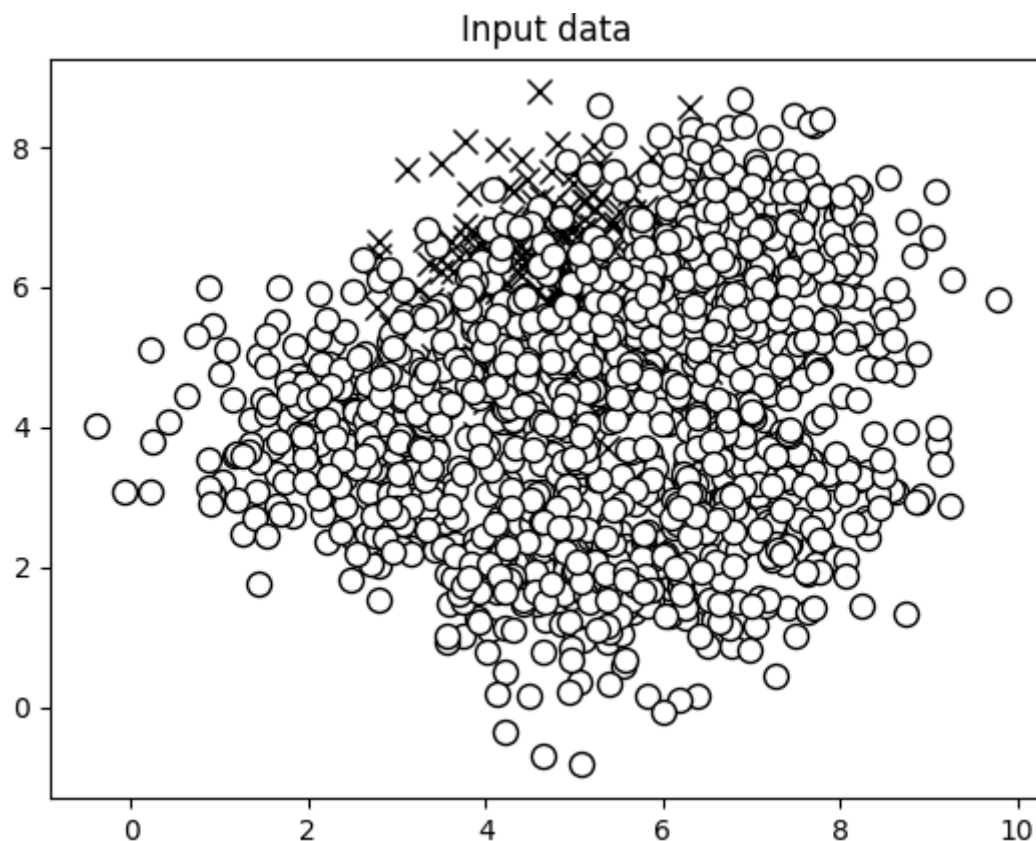


Рис. 12. Результат виконання програми

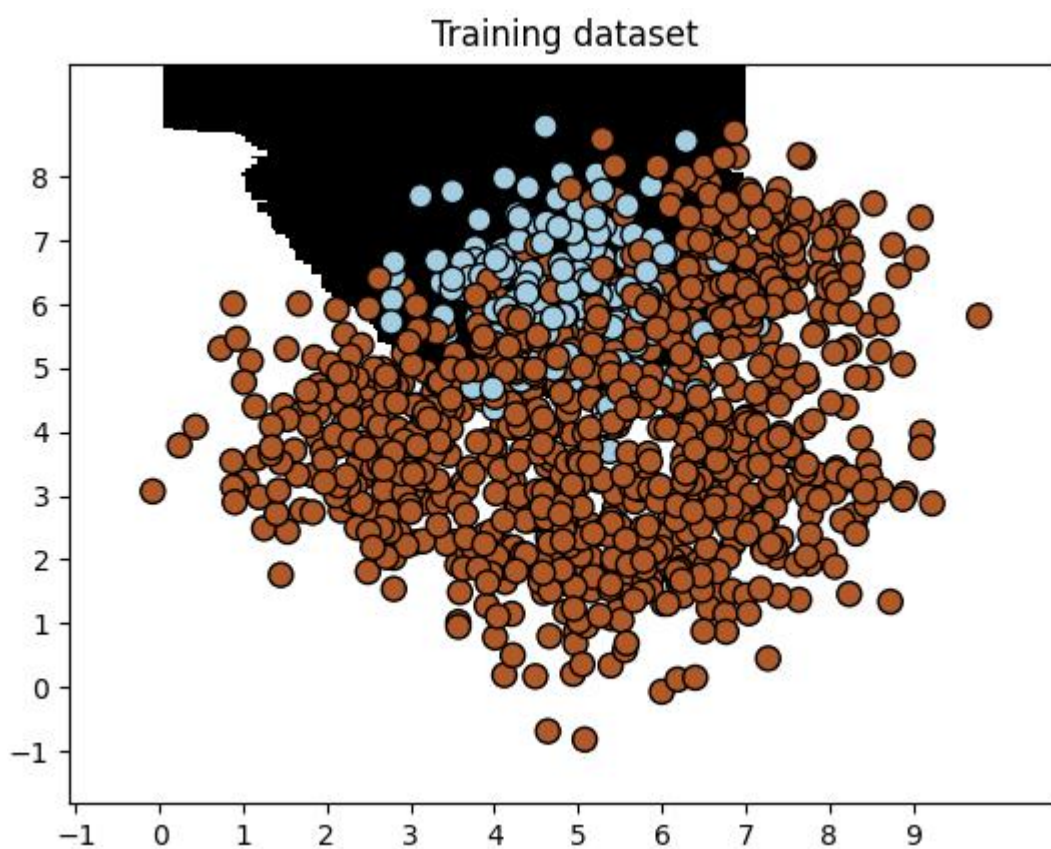


Рис. 13. Результат виконання програми

		Кравчук В.О.			ДУ «Житомирська політехніка».23.121.17.000 – Лр4	Арк.
		Голенко М.Ю.				10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

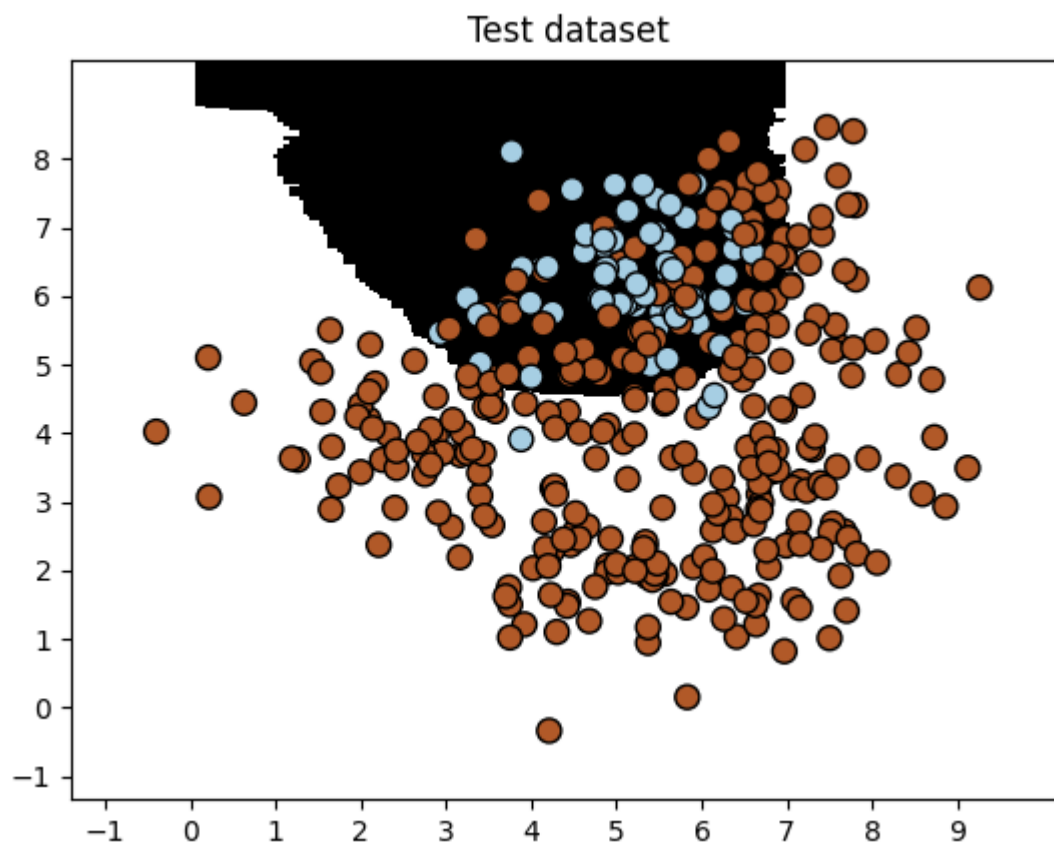


Рис. 14. Результат виконання програми

Classifier performance on training dataset				
	precision	recall	f1-score	support
Class-0	0.44	0.93	0.60	181
Class-1	0.98	0.77	0.86	944
accuracy			0.78	375
macro avg	0.72	0.84	0.73	375
weighted avg	0.88	0.78	0.80	375

Рис. 15. Результат виконання програми

Завдання №3: Знаходження оптимальних навчальних параметрів за допомогою сіткового пошуку.

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.metrics import classification_report
from sklearn.model_selection import GridSearchCV
from sklearn.ensemble import ExtraTreesClassifier
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.metrics import classification_report
import pandas as pd

from utilities import visualize_classifier

input_file = 'data_random_forests.txt'
data = np.loadtxt(input_file, delimiter=',')
X, y = data[:, :-1], data[:, -1]

# Розбиття даних на три класи на підставі міток
class_0 = np.array(X[y == 0])
class_1 = np.array(X[y == 1])
class_2 = np.array(X[y == 2])

# Розбиття даних на навчальний та тестовий набори
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(
    X, y, test_size=0.25, random_state=5)

# Визначення сітки значень параметрів
parameter_grid = [{'n_estimators': [100], 'max_depth': [2, 4, 7, 12, 16]},
                  {'max_depth': [4], 'n_estimators': [25, 50, 100, 250]}
                  ]

metrics = ['precision_weighted', 'recall_weighted']

for metric in metrics:
    print("\n##### Searching optimal parameters for", metric)

    classifier = GridSearchCV(
        ExtraTreesClassifier(random_state=0),
        parameter_grid, cv=5, scoring=metric)
    classifier.fit(X_train, y_train)

    df = pd.DataFrame(classifier.cv_results_)
    df_columns_to_print = [column for column in df.columns if 'param' in column or
                           'score' in column]
    print(df[df_columns_to_print])

    print("\nBest parameters:", classifier.best_params_)

    y_pred = classifier.predict(X_test)
    print("\nPerformance report:\n")
    print(classification_report(y_test, y_pred))
```

		Кравчук В.О.			ДУ «Житомирська політехніка».23.121.17.000 – Лр4	Арк.
		Голенко М.Ю.				12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```
C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4\venv\Scripts\python.exe C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4\LR_4_task_3.py

#### Searching optimal parameters for precision_weighted
mean_score_time std_score_time ... std_test_score rank_test_score
0 0.005605 4.902907e-04 ... 0.025132 1
1 0.006005 1.784161e-07 ... 0.023032 5
2 0.006005 1.168008e-07 ... 0.026560 4
3 0.006205 4.002810e-04 ... 0.028334 8
4 0.006205 4.004243e-04 ... 0.033429 9
5 0.001601 4.903297e-04 ... 0.029698 2
6 0.003003 2.336015e-07 ... 0.020401 7
7 0.005605 4.903102e-04 ... 0.023032 5
8 0.013212 4.003763e-04 ... 0.026867 3

[9 rows x 13 columns]

Best parameters: {'max_depth': 2, 'n_estimators': 100}

Performance report:

precision recall f1-score support

0.0 0.94 0.81 0.87 79
1.0 0.81 0.86 0.83 70
2.0 0.83 0.91 0.87 76

accuracy 0.86 225
macro avg 0.86 0.86 0.86 225
weighted avg 0.86 0.86 0.86 225
```

Рис. 16. Результат виконання програми

```
#### Searching optimal parameters for recall_weighted
mean_score_time std_score_time ... std_test_score rank_test_score
0 0.005405 4.902519e-04 ... 0.027075 1
1 0.005675 4.208587e-04 ... 0.022468 5
2 0.006004 2.324306e-06 ... 0.026749 3
3 0.006265 3.885269e-04 ... 0.028497 8
4 0.006406 4.911089e-04 ... 0.034744 9
5 0.002002 1.907349e-07 ... 0.029407 1
6 0.003203 4.005671e-04 ... 0.020096 7
7 0.005605 4.901350e-04 ... 0.022468 5
8 0.013415 4.886889e-04 ... 0.026749 3

[9 rows x 13 columns]

Best parameters: {'max_depth': 2, 'n_estimators': 100}

Performance report:

precision recall f1-score support

0.0 0.94 0.81 0.87 79
1.0 0.81 0.86 0.83 70
2.0 0.83 0.91 0.87 76

accuracy 0.86 225
macro avg 0.86 0.86 0.86 225
weighted avg 0.86 0.86 0.86 225

Process finished with exit code 0
```

Рис. 17. Результат виконання програми

		Кравчук В.О.			ДУ «Житомирська політехніка».23.121.17.000 – Лр4	Арк.
		Голенко М.Ю.				13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завдання №4: Обчислення відносної важливості ознак.

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.tree import DecisionTreeRegressor
from sklearn.ensemble import AdaBoostRegressor
from sklearn import datasets
from sklearn.metrics import mean_squared_error, explained_variance_score
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.utils import shuffle

# Завантаження даних із цінами на нерухомість
housing_data = datasets.load_boston()

# Перемішування даних
X, y = shuffle(housing_data.data, housing_data.target, random_state=7)
# Розбиття даних на навчальний та тестовий набори
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(
    X, y, test_size=0.2, random_state=7)

# Модель на основі регресора AdaBoost
regressor = AdaBoostRegressor(DecisionTreeRegressor(max_depth=4),
                               n_estimators=400, random_state=7)
regressor.fit(X_train, y_train)

# Обчислення показників ефективності регресора AdaBoost
y_pred = regressor.predict(X_test)
mse = mean_squared_error(y_test, y_pred)
evs = explained_variance_score(y_test, y_pred)
print("\nADABOOST REGRESSOR")
print("Mean squared error =", round(mse, 2))
print("Explained variance score =", round(evs, 2))

# Вилучення важливості ознак
feature_importances = regressor.feature_importances_
feature_names = housing_data.feature_names

# Нормалізація значень важливості ознак
feature_importances = 100.0 * (feature_importances / max(feature_importances))

# Сортуювання та перестановка значень
index_sorted = np.flipud(np.argsort(feature_importances))

# Розміщення міток уздовж осі X
pos = np.arange(index_sorted.shape[0]) + 0.5

# Побудова стовпчастої діаграми
plt.figure()
plt.bar(pos, feature_importances[index_sorted], align='center')
plt.xticks(pos, feature_names[index_sorted])
plt.ylabel('Relative Importance')
plt.title('Feature importance using AdaBoost regressor')
plt.show()
```

		Кравчук В.О.			ДУ «Житомирська політехніка».23.121.17.000 – Пр4	Арк.
		Голенко М.Ю.				14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

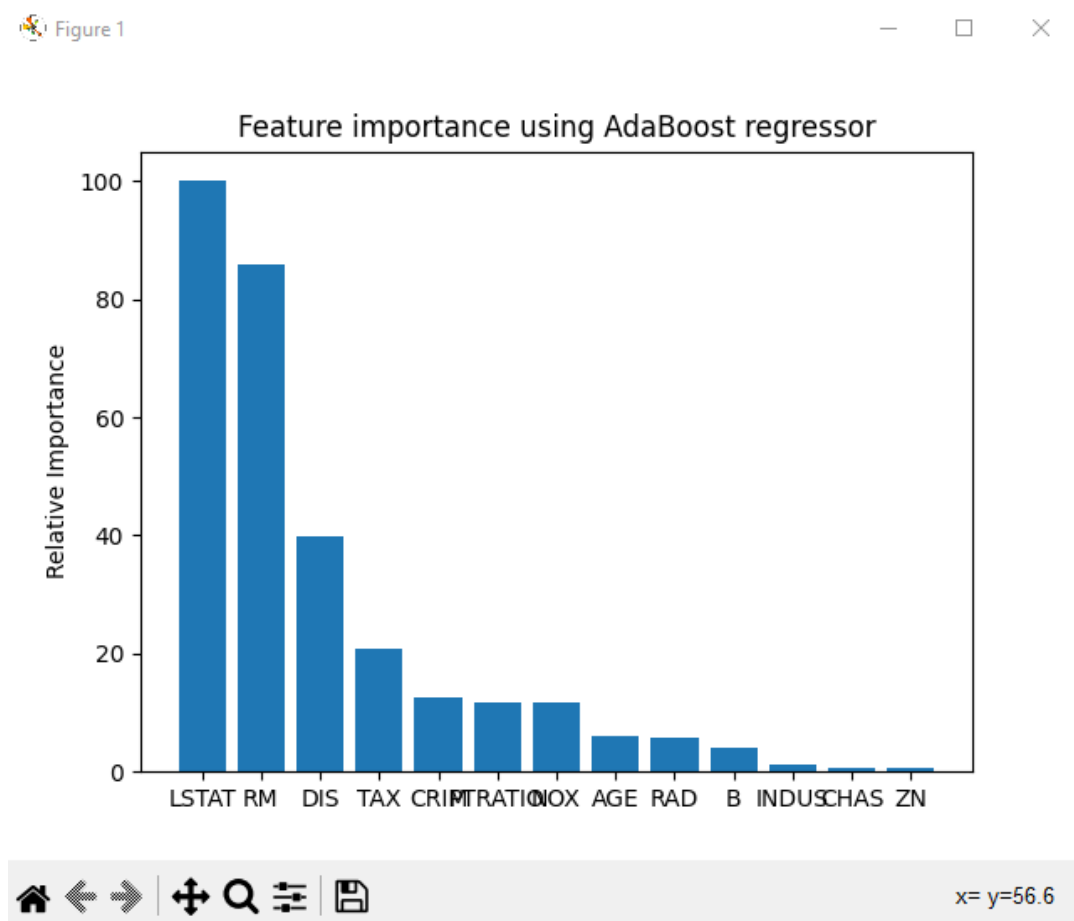


Рис. 18. Результат виконання програми

```
ADABOOST REGRESSOR
Mean squared error = 22.7
Explained variance score = 0.79
```

Рис. 19. Результат виконання програми

		Кравчук В.О.			ДУ «Житомирська політехніка».23.121.17.000 – Пр4	Арк.
		Голенко М.Ю.				15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завдання №5: Прогнозування інтенсивності дорожнього руху за допомогою класифікатора на основі гранично випадкових лісів.

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.metrics import classification_report, mean_absolute_error
from sklearn import preprocessing
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.ensemble import ExtraTreesRegressor
from sklearn.metrics import classification_report

# Завантаження вхідних даних
input_file = 'traffic_data.txt'
data = []
with open(input_file, 'r') as f:
    for line in f.readlines():
        items = line[:-1].split(',')
        data.append(items)

data = np.array(data)

# Перетворення рядкових даних на числові
label_encoder = []
X_encoded = np.empty(data.shape)
for i, item in enumerate(data[0]):
    if item.isdigit():
        X_encoded[:, i] = data[:, i]
    else:
        label_encoder.append(preprocessing.LabelEncoder())
        X_encoded[:, i] = label_encoder[-1].fit_transform(data[:, i])

X = X_encoded[:, :-1].astype(int)
y = X_encoded[:, -1].astype(int)

# Розбиття даних на навчальний та тестовий набори
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(
    X, y, test_size=0.25, random_state=5)

# Регресор на основі гранично випадкових лісів
params = {'n_estimators': 100, 'max_depth': 4, 'random_state': 0}
regressor = ExtraTreesRegressor(**params)
regressor.fit(X_train, y_train)

# Обчислення характеристик ефективності регресора на тестових даних
y_pred = regressor.predict(X_test)
print("Mean absolute error:", round(mean_absolute_error(y_test, y_pred), 2))

# Тестування кодування на одиночному прикладі
test_datapoint = ['Saturday', '10:20', 'Atlanta', 'no']
test_datapoint_encoded = [-1] * len(test_datapoint)
count = 0
for i, item in enumerate(test_datapoint):
    if item.isdigit():
        test_datapoint_encoded[i] = int(test_datapoint[i])
    else:
        test_datapoint_encoded[i] =
int(label_encoder[count].transform([test_datapoint[i]]))
        count = count + 1
test_datapoint_encoded = np.array(test_datapoint_encoded)

# Прогнозування результату для тестової точки даних
print("Predicted traffic:", int(regressor.predict([test_datapoint_encoded])[0]))
```

		Кравчук В.О.			ДУ «Житомирська політехніка».23.121.17.000 – Пр4	Арк.
		Голенко М.Ю.				16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		


```
C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4\venv\Scripts\python.exe C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4\LR_4_task_5.py
Mean absolute error: 7.42
Predicted traffic: 26

Process finished with exit code 0
```

Рис. 20. Результат виконання програми

Завдання №6: Створення навчального конвеєра (конвеєра машинного навчання).

```
from sklearn.datasets import _samples_generator
from sklearn.feature_selection import SelectKBest, f_regression
from sklearn.pipeline import Pipeline
from sklearn.ensemble import ExtraTreesClassifier

# Генерація даних
X, y = _samples_generator.make_classification(n_samples=150,
                                             n_features=25, n_classes=3,
                                             n_informative=6,
                                             n_redundant=0, random_state=7)

# Вибір k найважливіших ознак
k_best_selector = SelectKBest(f_regression, k=9)

# Ініціалізація класифікатора на основі гранично випадкового лісу
classifier = ExtraTreesClassifier(n_estimators=60, max_depth=4)

# Створення конвеєра
processor_pipeline = Pipeline([('selector', k_best_selector), ('erf',
                                                                classifier)])

# Встановлення параметрів
processor_pipeline.set_params(selector__k=7, erf__n_estimators=30)

# Навчання конвеєра
processor_pipeline.fit(X, y)

# Прогнозування результатів для вхідних даних
output = processor_pipeline.predict(X)
print("\nPredicted output:\n", output)

# Виведення оцінки
print("\nScore:", processor_pipeline.score(X, y))

# Виведення ознак, відібраних селектором конвеєра
status = processor_pipeline.named_steps['selector'].get_support()

# Вилучення та виведення індексів обраних ознак
selected = [i for i, x in enumerate(status) if x]
print("\nIndices of selected features:", ', '.join([str(x) for x in selected]))
```

		Кравчук В.О.			ДУ «Житомирська політехніка».23.121.17.000 – Пр4	Арк.
		Голенко М.Ю.				17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```
C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4\venv\Scripts\python.exe C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4\LR_4_task_6.py

Predicted output:
[0 2 2 0 2 0 2 1 0 1 1 2 2 0 2 2 1 0 0 0 0 2 1 1 2 2 0 0 1 2 1 2 1 0 2 2 1
 1 2 2 2 0 1 2 2 1 1 2 1 0 1 2 2 2 2 0 2 2 0 2 2 0 2 0 1 1 2 1 1 0 2
 0 0 1 2 2 0 0 1 2 2 2 0 0 0 2 2 2 1 2 0 2 0 2 2 0 0 1 1 1 1 2 2 2 0 1 1
 0 2 1 1 0 1 1 1 1 0 0 0 1 2 0 0 0 2 1 2 0 0 1 0 1 1 0 1 1 1 1 2 0 0 1 2 0
 2 2]

Score: 0.8933333333333333

Indices of selected features: 4, 7, 8, 12, 14, 17, 22

Process finished with exit code 0
```

Рис. 21. Результат виконання програми

Перший абзац містить прогнозовані вихідні мітки за допомогою конвеєра. Значення Score відображає ефективність конвеєра.

Останній абзац містить індекси вибраних ознак.

Завдання №7: Пошук найближчих сусідів.

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.neighbors import NearestNeighbors

# Вхідні дані
X = np.array([[2.1, 1.3], [1.3, 3.2], [2.9, 2.5], [2.7, 5.4], [3.8, 0.9],
              [7.3, 2.1], [4.2, 6.5], [3.8, 3.7], [2.5, 4.1], [3.4, 1.9],
              [5.7, 3.5], [6.1, 4.3], [5.1, 2.2], [6.2, 1.1]])

# Кількість найближчих сусідів
k = 5
# Тестова точка даних
test_datapoint = [4.3, 2.7]

# Відображення вхідних даних на графіку
plt.figure()
plt.title('Input data')
plt.scatter(X[:, 0], X[:, 1], marker='o', s=75, color='black')

# Побудова моделі на основі методу k найближчих сусідів
knn_model = NearestNeighbors(n_neighbors=k, algorithm='ball_tree').fit(X)
distances, indices = knn_model.kneighbors([test_datapoint])
# Виведемо 'k' найближчих сусідів
print("\nK Nearest Neighbors:")
for rank, index in enumerate(indices[0][:k], start=1):
    print(str(rank) + " ==>", X[index])

# Візуалізація найближчих сусідів разом із тестовою точкою даних
plt.figure()
plt.title('Nearest neighbors')
plt.scatter(X[:, 0], X[:, 1], marker='o', s=75, color='k')
plt.scatter(X[indices[0][0][:k][:, 0], X[indices[0][0][:k][:, 1]],
            marker='o', s=250, color='k', facecolors='none')
plt.scatter(test_datapoint[0], test_datapoint[1],
            marker='x', s=75, color='k')

plt.show()
```

		Кравчук В.О.			ДУ «Житомирська політехніка».23.121.17.000 – Лр4	Арк.
		Голенко М.Ю.				18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

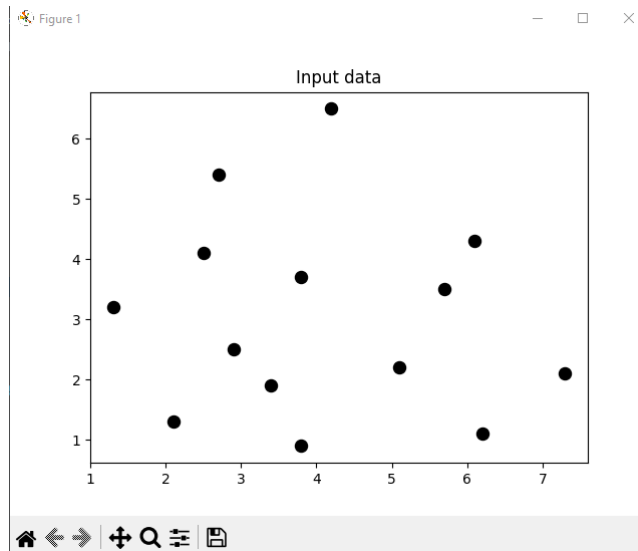


Рис. 22. Результат виконання програми

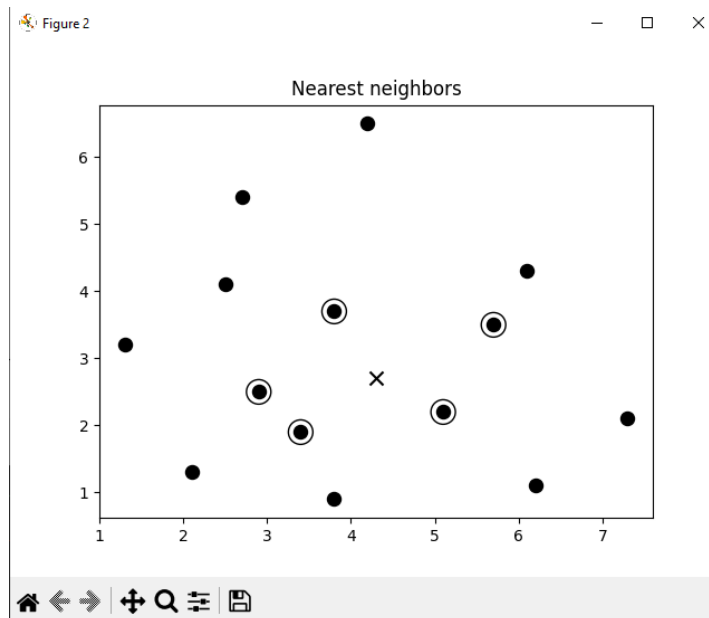


Рис. 23. Результат виконання програми

```
C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4\venv\Scripts\python.exe C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4\LR_4_task_7.py

K Nearest Neighbors:
1 ==> [5.1 2.2]
2 ==> [3.8 3.7]
3 ==> [3.4 1.9]
4 ==> [2.9 2.5]
5 ==> [5.7 3.5]
```

Рис. 24. Результат виконання програми

Перший скрін = вхідні дані.

Другий скрін = вхідні дані, тестову точку і її 5 найближчих сусідів. Вони обведені.

Третій скрін = 5 найближчих сусідів.

		Кравчук В.О.			ДУ «Житомирська політехніка».23.121.17.000 – Лр4	Арк.
		Голенко М.Ю.				19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завдання №8: Створити класифікатор методом k найближчих сусідів.

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib.cm as cm
from sklearn import neighbors, datasets

# Завантаження вхідних даних
input_file = 'data.txt'
data = np.loadtxt(input_file, delimiter=',')
X, y = data[:, :-1], data[:, -1].astype(np.int)

# Відображення вхідних даних на графіку
plt.figure()
plt.title('Input data')
marker_shapes = 'v^os'
mapper = [marker_shapes[i] for i in y]
for i in range(X.shape[0]):
    plt.scatter(X[i, 0], X[i, 1], marker=mapper[i],
                s=75, edgecolors='black', facecolors='none')

# Кількість найближчих сусідів
num_neighbors = 12

# Розмір кроку сітки візуалізації
step_size = 0.01

# Створення класифікатора на основі методу k найближчих сусідів
classifier = neighbors.KNeighborsClassifier(num_neighbors, weights='distance')

# Навчання моделі на основі методу k найближчих сусідів
classifier.fit(X, y)

# Створення сітки для відображення меж на графіку
x_min, x_max = X[:, 0].min() - 1, X[:, 0].max() + 1
y_min, y_max = X[:, 1].min() - 1, X[:, 1].max() + 1
x_values, y_values = np.meshgrid(np.arange(x_min, x_max, step_size),
                                  np.arange(y_min, y_max, step_size))

# Виконання класифікатора на всіх точках сітки
output = classifier.predict(np.c_[x_values.ravel(), y_values.ravel()])

# Візуалізація передбачуваного результату
output = output.reshape(x_values.shape)
plt.figure()
plt.pcolormesh(x_values, y_values, output, cmap=cm.Paired)

# Накладання навчальних точок на карту
for i in range(X.shape[0]):
    plt.scatter(X[i, 0], X[i, 1], marker=mapper[i],
                s=50, edgecolors='black', facecolors='none')

plt.xlim(x_values.min(), x_values.max())
plt.ylim(y_values.min(), y_values.max())
plt.title('K Nearest Neighbors classifier model boundaries')

# Тестування вхідної точки даних
test_datapoint = [5.1, 3.6]
plt.figure()
plt.title('Test datapoint')
for i in range(X.shape[0]):
    plt.scatter(X[i, 0], X[i, 1], marker=mapper[i],
                s=75, edgecolors='black', facecolors='none')
```

		Кравчук В.О.			ДУ «Житомирська політехніка».23.121.17.000 – Пр4	Арк.
		Голенко М.Ю.				20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```
plt.scatter(test_datapoint[0], test_datapoint[1], marker='x',
            linewidth=6, s=200, facecolors='black')

# Вилучення K найближчих сусідів
_, indices = classifier.kneighbors([test_datapoint])
indices = indices.astype(np.int)[0]

# Відображення K найближчих сусідів на графіку
plt.figure()
plt.title('K Nearest Neighbors')

for i in indices:
    plt.scatter(X[i, 0], X[i, 1], marker=mapper[y[i]],
                linewidth=3, s=100, facecolors='black')

plt.scatter(test_datapoint[0], test_datapoint[1], marker='x',
            linewidth=6, s=200, facecolors='black')

for i in range(X.shape[0]):
    plt.scatter(X[i, 0], X[i, 1], marker=mapper[i],
                s=75, edgecolors='black', facecolors='none')

print("Predicted output:", classifier.predict([test_datapoint])[0])

plt.show()
```

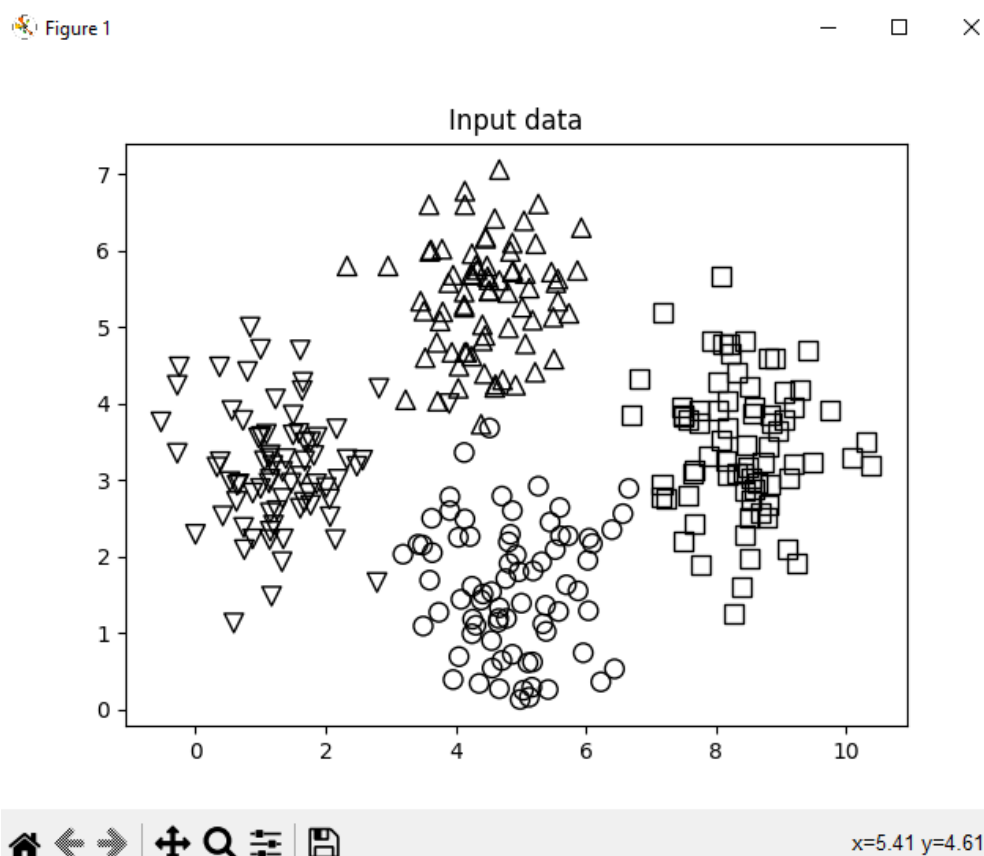


Рис. 25. Результат виконання програми

		Кравчук В.О.			ДУ «Житомирська політехніка».23.121.17.000 – Лр4	Арк.
		Голенко М.Ю.				21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Figure 2

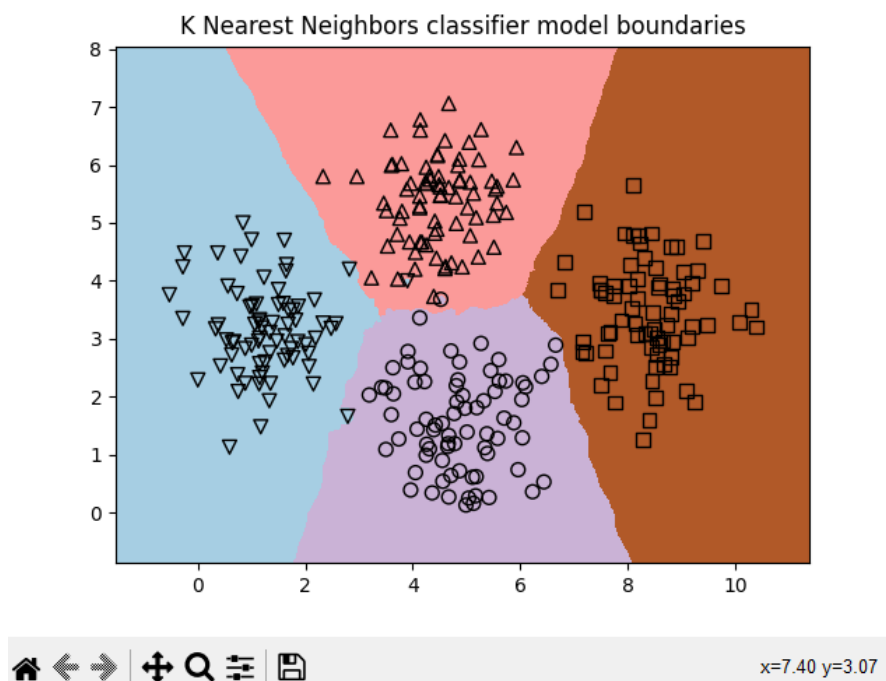


Рис. 26. Результат виконання програми

Figure 3

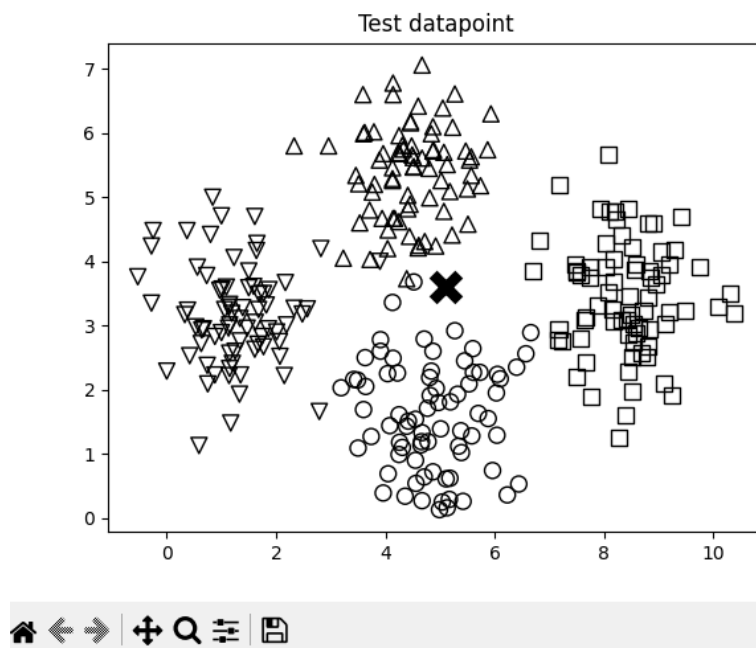


Рис. 27. Результат виконання програми

		Кравчук В.О.			ДУ «Житомирська політехніка».23.121.17.000 – Лр4	Арк.
		Голенко М.Ю.				22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

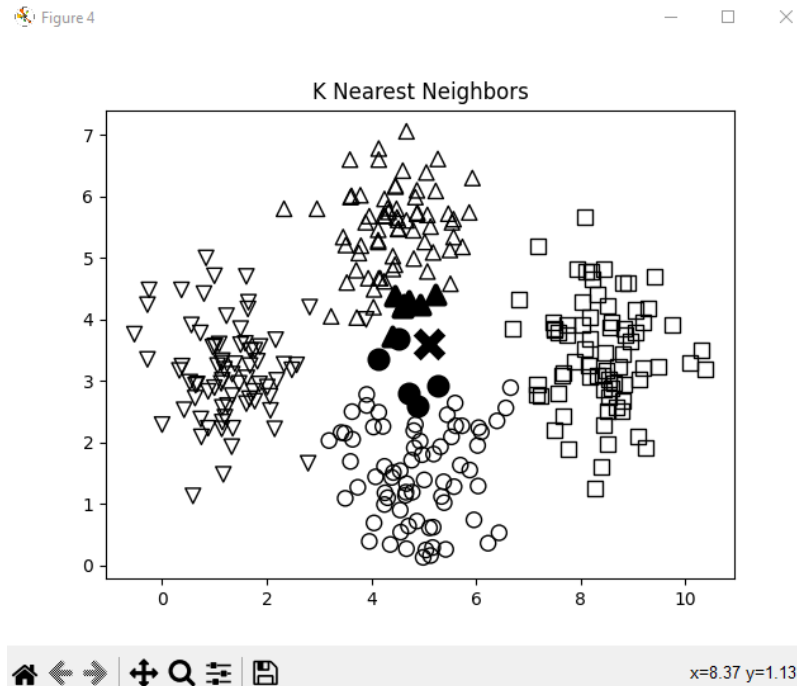


Рис. 28. Результат виконання програми

Predicted output: 1

Рис. 29. Результат виконання програми

Перший скрін = вхідні дані.
 Другий = межі класифікатора.
 Третій = тестова точка до вхідного набору даних.
 Четвертий = 12 найближчих сусідів.
 Тестова точка = 1 клас.

Завдання №9: Обчислення оцінок подібності.

```
import argparse
import json
import numpy as np

def build_arg_parser():
    parser = argparse.ArgumentParser(description='Compute similarity score')
    parser.add_argument('--user1', dest='user1', required=True, help='First user')
    parser.add_argument('--user2', dest='user2', required=True,
                        help='Second user')
    parser.add_argument("--score-type", dest="score_type", required=True,
                        choices=['Euclidean', 'Pearson'], help='Similarity metric to be used')
    return parser

# Обчислення оцінки евклідова відстані між користувачами user1 та user2
def euclidean_score(dataset, user1, user2):
    if user1 not in dataset:
        raise TypeError('Cannot find ' + user1 + ' in the dataset')
```

		Кравчук В.О.			ДУ «Житомирська політехніка».23.121.17.000 – Пр4	Арк.
		Голенко М.Ю.				23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

if user2 not in dataset:
    raise TypeError('Cannot find ' + user2 + ' in the dataset')

# Фільми, оцінені обома користувачами, user1 та user2
common_movies = {}

for item in dataset[user1]:
    if item in dataset[user2]:
        common_movies[item] = 1

# За відсутності фільмів, оцінених обома користувачами, оцінка приймається
рівною 0
if len(common_movies) == 0:
    return 0

squared_diff = []

for item in dataset[user1]:
    if item in dataset[user2]:
        squared_diff.append(np.square(dataset[user1][item] -
dataset[user2][item]))

return 1 / (1 + np.sqrt(np.sum(squared_diff)))

# Обчислення кореляційної оцінки Пірсона між користувачем1 і користувачем2
def pearson_score(dataset, user1, user2):
    if user1 not in dataset:
        raise TypeError('Cannot find ' + user1 + ' in the dataset')

    if user2 not in dataset:
        raise TypeError('Cannot find ' + user2 + ' in the dataset')

    # Фільми, оцінені обома користувачами, user1 та user2
    common_movies = {}

    for item in dataset[user1]:
        if item in dataset[user2]:
            common_movies[item] = 1

    num_ratings = len(common_movies)

    # За відсутності фільмів, оцінених обома користувачами, оцінка приймається
    рівною 0
    if num_ratings == 0:
        return 0

    # Обчислення суми рейтингових оцінок усіх фільмів, оцінених обома
    користувачами
    user1_sum = np.sum([dataset[user1][item] for item in common_movies])
    user2_sum = np.sum([dataset[user2][item] for item in common_movies])

    # Обчислення Суми квадратів рейтингових оцінок всіх фільмів, оцінених обома
    кори-стувачами
    user1_squared_sum = np.sum([np.square(dataset[user1][item]) for item in
common_movies])
    user2_squared_sum = np.sum([np.square(dataset[user2][item]) for item in
common_movies])

    # Обчислення суми творів рейтингових оцінок всіх фільмів, оцінених обома
    користува-чами
    sum_of_products = np.sum([dataset[user1][item] * dataset[user2][item] for item
in common_movies])

```

		Кравчук В.О.			ДУ «Житомирська політехніка».23.121.17.000 – Лр4	Арк.
		Голенко М.Ю.				24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		


```

# Обчислення коефіцієнта кореляції Пірсона
Sxy = sum_of_products - (user1_sum * user2_sum / num_ratings)
Sxx = user1_squared_sum - np.square(user1_sum) / num_ratings
Syy = user2_squared_sum - np.square(user2_sum) / num_ratings

if Sxx * Syy == 0:
    return 0

return Sxy / np.sqrt(Sxx * Syy)

if __name__ == '__main__':
    args = build_arg_parser().parse_args()
    user1 = args.user1
    user2 = args.user2
    score_type = args.score_type

    ratings_file = 'ratings.json'

    with open(ratings_file, 'r') as f:
        data = json.loads(f.read())

    if score_type == 'Euclidean':
        print("\nEuclidean score:")
        print(euclidean_score(data, user1, user2))
    else:
        print("\nPearson score:")
        print(pearson_score(data, user1, user2))

```

```

Pearson score:
.9909924304103233
S C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4> python LR_4_task_9.py --user1 "David Smith" --user2 "Bill Duffy" --score-type Euclidean

Euclidean score:
.585786437626905
S C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4> python LR_4_task_9.py --user1 "David Smith" --user2 "Bill Duffy" --score-type Pearson

Pearson score:
.9909924304103233
S C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4> 

```

Рис. 30. Результат виконання програми

		Кравчук В.О.			ДУ «Житомирська політехніка».23.121.17.000 – Пр4	Арк.
		Голенко М.Ю.				25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

Pearson score:
-0.7236759610155113
PS C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4> python LR_4_task_9.py --user1 "David Smith" --user2 "Samuel Miller" --score-type Euclidean

Euclidean score:
0.30383243470068705
PS C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4> python LR_4_task_9.py --user1 "David Smith" --user2 "Samuel Miller" --score-type Pearson

Pearson score:
0.7587869106393281
PS C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4> python LR_4_task_9.py --user1 "David Smith" --user2 "Julie Hammel" --score-type Euclidean

Euclidean score:
0.2857142857142857
PS C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4> python LR_4_task_9.py --user1 "David Smith" --user2 "Julie Hammel" --score-type Pearson

Pearson score:
0
PS C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4> python LR_4_task_9.py --user1 "David Smith" --user2 "Clarissa Jackson" --score-type Euclidean

Euclidean score:
Traceback (most recent call last):
  File "C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4\LR_4_task_9.py", line 100, in <module>
    print(euclidean_score(data, user1, user2))
  File "C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4\LR_4_task_9.py", line 22, in euclidean_score
    raise TypeError('Cannot find ' + user2 + ' in the dataset')
TypeError: Cannot find Clarissa Jackson in the dataset
PS C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4> python LR_4_task_9.py --user1 "David Smith" --user2 "Clarissa Jackson" --score-type Euclidean

Euclidean score:
0.28989794855663564
PS C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4> python LR_4_task_9.py --user1 "David Smith" --user2 "Clarissa Jackson" --score-type Pearsonn
usage: LR_4_task_9.py [-h] --user1 USER1 --user2 USER2 --score-type {Euclidean,Pearson}
LR_4_task_9.py: error: argument --score-type: invalid choice: 'Pearsonn' (choose from 'Euclidean', 'Pearson')
PS C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4> python LR_4_task_9.py --user1 "David Smith" --user2 "Clarissa Jackson" --score-type Pearson

Pearson score:
0.6944217062199275
PS C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4> python LR_4_task_9.py --user1 "David Smith" --user2 "Adam Cohen" --score-type Euclidean

Euclidean score:
0.38742588672279304
PS C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4> python LR_4_task_9.py --user1 "David Smith" --user2 "Adam Cohen" --score-type Pearson

Pearson score:
0.9081082718950217
PS C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4> python LR_4_task_9.py --user1 "David Smith" --user2 "Chris Duncan" --score-type Euclidean

Euclidean score:
0.38742588672279304
PS C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4> python LR_4_task_9.py --user1 "David Smith" --user2 "Chris Duncan" --score-type Pearson

Pearson score:
1.0
PS C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4> 

```

Рис. 31. Результат виконання програми
Оцінка подібності за Пірсоном демонструє кращі результати в порівнянні з евклідовою оцінкою подібності.

		Кравчук В.О.			ДУ «Житомирська політехніка».23.121.17.000 – Лр4	Арк.
		Голенко М.Ю.				26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завдання №10: Пошук користувачів зі схожими уподобаннями методом колаборативної фільтрації.

```
import argparse
import json
import numpy as np

from LR_4_task_9 import pearson_score

def build_arg_parser():
    parser = argparse.ArgumentParser(description='Find users who are similar to the in-put user')
    parser.add_argument('--user', dest='user', required=True, help='Input user')
    return parser

# Знаходження користувачів у наборі даних, схожих на введеного користувача
def find_similar_users(dataset, user, num_users):
    if user not in dataset:
        raise TypeError('Cannot find ' + user + ' in the dataset')

    # Обчислення оцінки подібності за Пірсоном між
    # вказаним користувачем та всіма іншими
    # користувачами в наборі даних
    scores = np.array([[x, pearson_score(dataset, user,
                                         x)] for x in dataset if x != user])

    # Сортування оцінок за спаданням
    scores_sorted = np.argsort(scores[:, 1])[::-1]

    # Вилучення оцінок перших 'num_users' користувачів
    top_users = scores_sorted[:num_users]

    return scores[top_users]

if __name__ == '__main__':
    args = build_arg_parser().parse_args()
    user = args.user

    ratings_file = 'ratings.json'

    with open(ratings_file, 'r') as f:
        data = json.loads(f.read())

    print('\nUsers similar to ' + user + ':\n')
    similar_users = find_similar_users(data, user, 3)
    print('User\t\t\t\tSimilarity score')
    print('-' * 41)
    for item in similar_users:
        print(item[0], '\t\t\t', round(float(item[1]), 2))
```

		Кравчук В.О.			ДУ «Житомирська політехніка».23.121.17.000 – Лр4	Арк.
		Голенко М.Ю.				27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

LR_4_task_10.py: error: the following arguments are required: --user
PS C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4> python LR_4_task_10.py --user "Clarissa Jackson"

Users similar to Clarissa Jackson:

User                      Similarity score
-----
Chris Duncan              1.0
Bill Duffy                0.83
Samuel Miller             0.73
PS C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4> python LR_4_task_10.py --user "Bill Duffy"

Users similar to Bill Duffy:

User                      Similarity score
-----
David Smith               0.99
Samuel Miller             0.88
Adam Cohen                0.86
PS C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4>

```

Рис. 32. Результат виконання програми

Юзер “Clarissa Jackson” має однакові вподобання з користувачем “Chris Duncan”, а користувач “Bill Duffy” – майже однакові з “David Smith”.

Завдання №11: Створення рекомендаційної системи фільмів.

```

import argparse
import json
import numpy as np

from LR_4_task_9 import pearson_score
from LR_4_task_10 import find_similar_users

def build_arg_parser():
    parser = argparse.ArgumentParser(description='Find the movie recommendations for the given user')
    parser.add_argument('--user', dest='user', required=True, help='Input user')
    return parser

# Отримання рекомендації щодо фільмів для вказаного користувача
def get_recommendations(dataset, input_user):
    if input_user not in dataset:
        raise TypeError('Cannot find ' + input_user + ' in the dataset')

    overall_scores = {}
    similarity_scores = {}

    for user in [x for x in dataset if x != input_user]:
        similarity_score = pearson_score(dataset, input_user, user)

```

		Кравчук В.О.			ДУ «Житомирська політехніка».23.121.17.000 – Лр4	Арк.
		Голенко М.Ю.				28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

if similarity_score <= 0:
    continue

filtered_list = [x for x in dataset[user] if x not in \
                  dataset[input_user] or dataset[input_user][x] == 0]

for item in filtered_list:
    overall_scores.update({item: dataset[user][item] * similarity_score})
    similarity_scores.update({item: similarity_score})

if len(overall_scores) == 0:
    return ['No recommendations possible']

# Генерація рейтингів фільмів за допомогою їх нормалізації
movie_scores = np.array([[score / similarity_scores[item], item]
                          for item, score in overall_scores.items()])

# Сортування за спаданням
movie_scores = movie_scores[np.argsort(movie_scores[:, 0])[::-1]]

# Вилучення рекомендацій фільмів
movie_recommendations = [movie for _, movie in movie_scores]

return movie_recommendations

if __name__ == '__main__':
    args = build_arg_parser().parse_args()
    user = args.user

    ratings_file = 'ratings.json'

    with open(ratings_file, 'r') as f:
        data = json.loads(f.read())

    print("\nMovie recommendations for " + user + ":")
    movies = get_recommendations(data, user)
    for i, movie in enumerate(movies):
        print(str(i + 1) + '. ' + movie)

```

```

PS C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4> python LR_4_task_11.py --user "Julie Hammel"

Movie recommendations for Julie Hammel:
1. The Apartment
2. Vertigo
3. Raging Bull
PS C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4> python LR_4_task_11.py --user "Clarissa Jackson"

Movie recommendations for Clarissa Jackson:
1. No recommendations possible
PS C:\Users\Admin\PycharmProjects\labka4>

```

Рис. 33. Результат виконання програми

Для юзера Julie Hammel = 3 реки

Для Кларіси = 0

Висновок: Після виконання лабораторної роботи навчився використовувати спеціалізовані бібліотеки та мову програмування Python дослідив методи ансамблів у машинному навчанні та створити рекомендаційні системи.

		Кравчук В.О.			ДУ «Житомирська політехніка».23.121.17.000 – Лр4	Арк.
		Голенко М.Ю.				29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		