

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

### ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ АНСАМБЛЕВОГО НАВЧАННЯ ТА СТВОРЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМ

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

**Завдання 2.1. 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.ensemble import RandomForestClassifier, ExtraTreesClassifier
from utilities import visualize_classifier
from sklearn.model_selection import cross_val_score, train_test_split

# Парсер аргументів
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__':
    args = build_arg_parser().parse_args()
    classifier_type = args.classifier_type
    # Завантаження вхідних даних
    input_file = 'data_random_forests.txt'
    data = np.loadtxt(input_file, delimiter=',')
    X, Y = data[:, :-1], data[:, -1]
    print(X)
    # Розбиття вхідних даних на три класи
    class_0 = np.array(X[Y == 0])
    class_1 = np.array(X[Y == 1])
    class_2 = np.array(X[Y == 2])
```

					ДУ «Житомирська політехніка».22.121.04.000 - Лр4			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Звіт з  лабораторної роботи	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Демченко Я. Д.					1	22
Перевір.		Філіпов В. О.				ФІКТ Гр. ІПЗ-19-2		
Керівник								
Н. контр.								
Зав. каф.								

```

# Візуалізація вхідних даних
plt.figure()
plt.scatter(class_0[:, 0], class_0[:, 1], s=75, facecolors='red',
edgecolors='black', linewidth=1, marker='s')
plt.scatter(class_1[:, 0], class_1[:, 1], s=75, facecolors='green',
edgecolors='black', linewidth=1, marker='o')
plt.scatter(class_2[:, 0], class_2[:, 1], s=75, facecolors='blue',
edgecolors='black', linewidth=1, marker='^')

plt.title('Input data')
plt.show()
# Розбивка 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 ансамблевого навчання
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')

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

print("#" * 40)
print("\nClassifier performance on test dataset\n")
Y_test_pred = classifier.predict(X_test)
print(classification_report(Y_test, Y_test_pred, target_names=class_names))
print("#" * 40 + "\n")

```

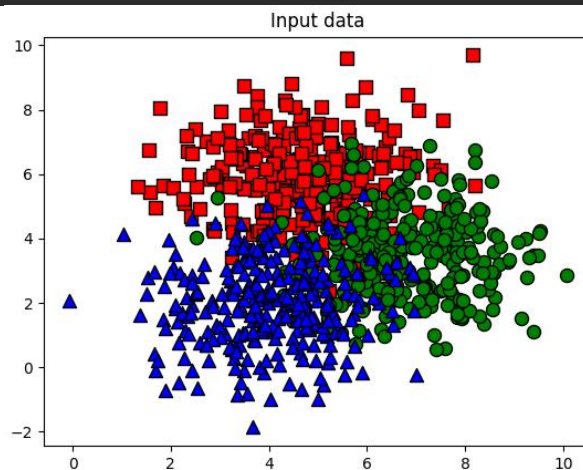


Рис. 1. Зображення розподілення даних

		Демченко Я. Д.			ДЧ «Житомирська політехніка».22.121.04.000 – Лр4	Арк.
		Філіпов В. О.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

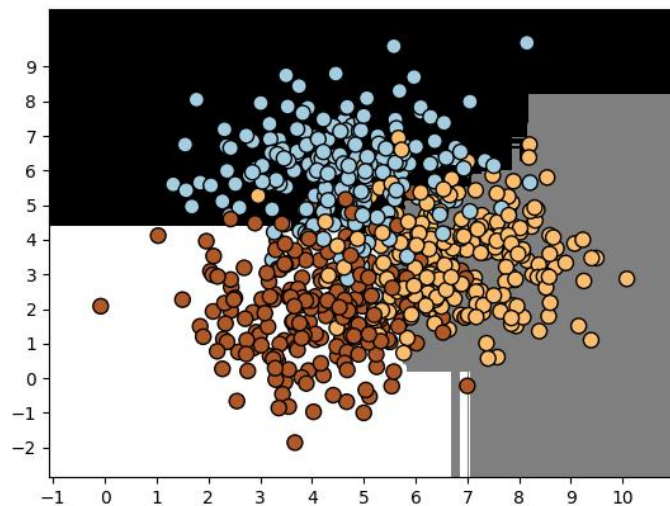


Рис. 2. Класифікація методом випадкових дерев

Classifier performance on test dataset				
	precision	recall	f1-score	support
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. 3. Характеристики роботи методу випадкових дерев

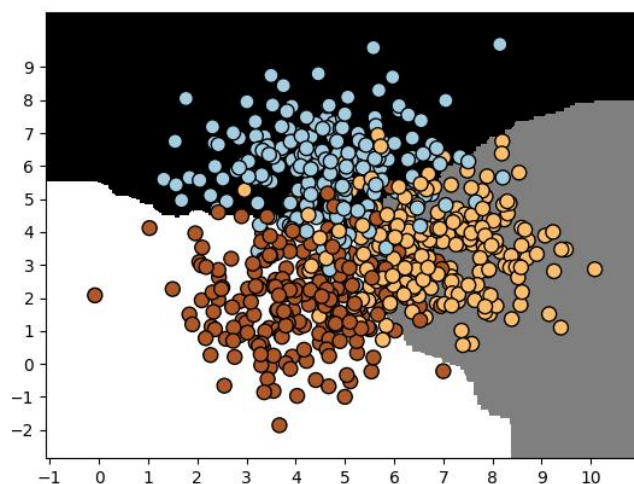


Рис. 4. Класифікація методом гранично випадкових дерев

```

#####
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         225
 weighted avg           0.87         225

#####

```

Рис. 5. Характеристики роботи методу гранично випадкових дерев

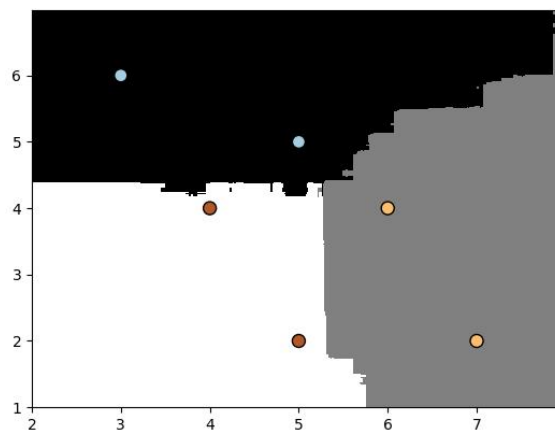


Рис. 6. Візуалізація можливих класів точок (rf)

```

Confidence measure:
Datapoint: [5 5]
Predicted class: Class-0
Probabilities: [0.81427532 0.08639273 0.09933195]
Datapoint: [3 6]
Predicted class: Class-0
Probabilities: [0.93574458 0.02465345 0.03960197]
Datapoint: [6 4]
Predicted class: Class-1
Probabilities: [0.12232404 0.7451078 0.13256816]
Datapoint: [7 2]
Predicted class: Class-1
Probabilities: [0.05415465 0.70660226 0.23924309]
Datapoint: [4 4]
Predicted class: Class-2
Probabilities: [0.20594744 0.15523491 0.63881765]
Datapoint: [5 2]
Predicted class: Class-2
Probabilities: [0.05403583 0.0931115 0.85285267]

```

Рис. 7. Дані про можливі класи (rf)

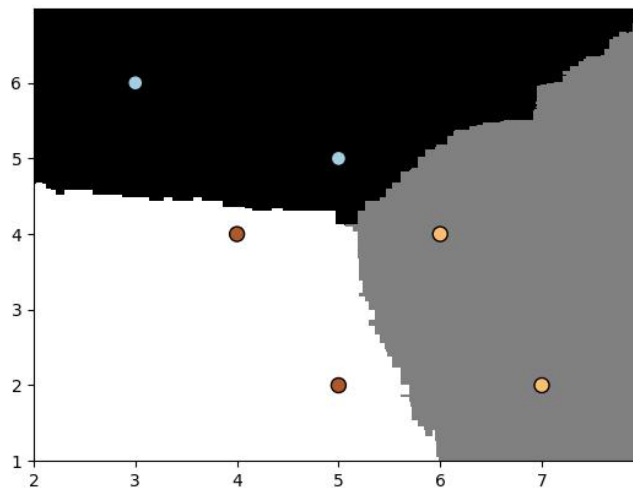


Рис. 8. Візуалізація можливих класів точок (erf)

```
Confidence measure:
Datapoint: [5 5]
Predicted class: Class-0
Probabilities: [0.48904419 0.28020114 0.23075467]
Datapoint: [3 6]
Predicted class: Class-0
Probabilities: [0.66707383 0.12424406 0.20868211]
Datapoint: [6 4]
Predicted class: Class-1
Probabilities: [0.25788769 0.49535144 0.24676087]
Datapoint: [7 2]
Predicted class: Class-1
Probabilities: [0.10794013 0.6246677 0.26739217]
Datapoint: [4 4]
Predicted class: Class-2
Probabilities: [0.33383778 0.21495182 0.45121039]
Datapoint: [5 2]
Predicted class: Class-2
Probabilities: [0.18671115 0.28760896 0.52567989]
```

Рис. 9. Дані про можливі класи (erf)

Використовуючи випадкові дерева та граничні випадкові дерева можна ефективно класифікувати дані, з цих двох методів останній є більш ефективним.

## Завдання 2.2. Обробка дисбалансу класів

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

if __name__ == '__main__':
    # Завантаження вхідних даних
```

		Демченко Я. Д.			ДЧ «Житомирська політехніка».22.121.04.000 - Лр4	Арк.
		Філіпов В. О.				5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

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])
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['class_weight'] = 'balanced'
    else:
        raise TypeError("Invalid input argument; should be 'balance' or
nothing")

classifier = ExtraTreesClassifier(**params)
classifier.fit(X_train, Y_train)
visualize_classifier(classifier, X_train, Y_train)

Y_test_pred = classifier.predict(X_test)
# Обчислення показників ефективності класифікатора
class_names = ['Class-0', 'Class-1']
print("\n" + "#" * 40)
print("Classifier performance on training dataset")
print(classification_report(Y_test, Y_test_pred, target_names=class_names))
print("#" * 40)
print("Classifier performance on test dataset")
print(classification_report(Y_test, Y_test_pred, target_names=class_names))
print("#" * 40 + "\n")
plt.show()

```

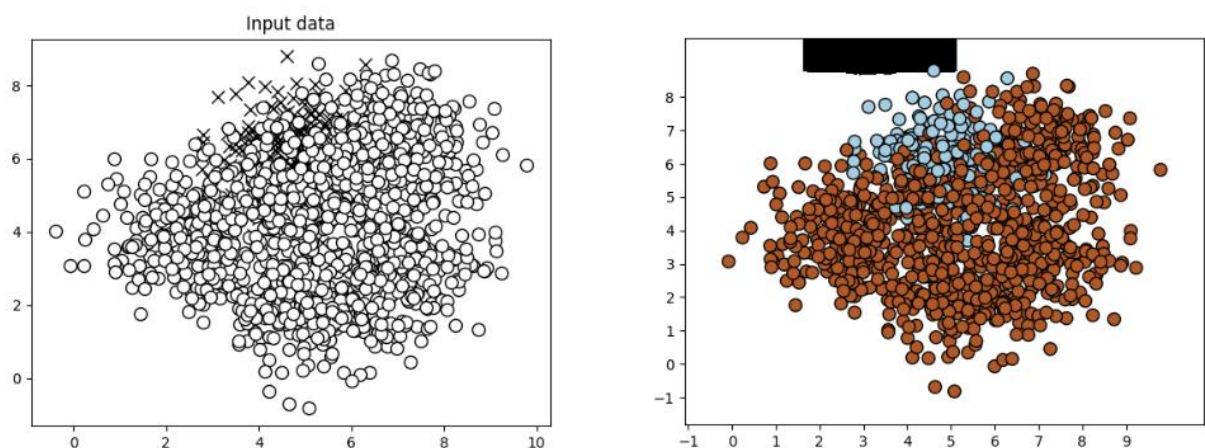


Рис. 10. Розподілення незбалансованих даних

		Демченко Я. Д.			ДЧ «Житомирська політехніка».22.121.04.000 - Лр4	Арк.
		Філіпов В. О.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6



Classifier performance on training dataset				
	precision	recall	f1-score	support
Class-0	0.00	0.00	0.00	69
Class-1	0.82	1.00	0.90	306
accuracy			0.82	375
macro avg	0.41	0.50	0.45	375
weighted avg	0.67	0.82	0.73	375
Classifier performance on test dataset				
	precision	recall	f1-score	support
Class-0	0.00	0.00	0.00	69
Class-1	0.82	1.00	0.90	306
accuracy			0.82	375
macro avg	0.41	0.50	0.45	375
weighted avg	0.67	0.82	0.73	375

Рис. 13. Характеристики збалансованої класифікації

Оскільки має місце балансування даних, то отримано коректно та ефективно класифіковано дані.

### Завдання 2.3. Знаходження оптимальних навчальних параметрів за допомогою сіткового пошуку

```
import numpy as np
from sklearn.model_selection import train_test_split, GridSearchCV
from sklearn.ensemble import ExtraTreesClassifier
from sklearn.metrics import classification_report
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]}]
```

		Демченко Я. Д.			ДЧ «Житомирська політехніка».22.121.04.000 - Лр4	Арк.
		Філіпов В. О.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

```

metrics = ['precision_weighted', 'recall_weighted']

for metric in metrics:
    print("#### Searching optimal parameters for", metric)
    classifier = GridSearchCV(ExtraTreesClassifier(random_state=0), parameter_grid,
cv=5, scoring=metric)
    classifier.fit(X_train, Y_train)
    print("\nScores across the parameter grid:")

    for params, avg_score in classifier.cv_results_.items():
        print(params, '-->', avg_score)
    print("\nHighest scoring parameter set:", classifier.best_params_)

Y_test_pred = classifier.predict(X_test)
class_names = ['Class-0', 'Class-1', 'Class-2']
print("#"*40)
print("Classifier performance on training dataset")
print(classification_report(Y_test, Y_test_pred, target_names=class_names))
print("#"*40 + "\n")

visualize_classifier(classifier, X_test, Y_test)

```

```

#### Searching optimal parameters for precision_weighted

Scores across the parameter grid:
mean_fit_time --> [0.0655946 0.07588906 0.07120733 0.08309946 0.0862381 0.01656351
0.03230786 0.06385622 0.17892175]
std_fit_time --> [0.00216983 0.00913052 0.00247142 0.00325221 0.00138164 0.0003854
0.00115116 0.0003813 0.01658099]
mean_score_time --> [0.00946174 0.00989828 0.00920424 0.01001873 0.00900707 0.00259523
0.00485959 0.00777817 0.0211112 ]
std_score_time --> [0.00275828 0.00265906 0.00131263 0.0022257 0.00053439 0.00047642
0.00053677 0.00027041 0.00333471]
param_max_depth --> [2 4 7 12 16 4 4 4]
param_n_estimators --> [100 100 100 100 100 25 50 100 250]
params --> [{ 'max_depth': 2, 'n_estimators': 100}, { 'max_depth': 4, 'n_estimators': 100}, { 'max_depth': 7, 'n_estimators': 100}, { 'max_depth': 12, 'n_estimators': 100}, { 'max_depth': 16, 'n_estimators': 100}, { 'max_depth': 4,
split0_test_score --> [0.87460317 0.85323424 0.85381333 0.81554507 0.80037449 0.87558579
0.84512618 0.85323424 0.86067019]
split1_test_score --> [0.87694315 0.86737731 0.87662655 0.87651671 0.85190389 0.85594956
0.85035187 0.86737731 0.87887866]
split2_test_score --> [0.81956872 0.82834119 0.82611079 0.81030267 0.77569734 0.834651
0.83784535 0.82834119 0.82834119]
split3_test_score --> [0.82078374 0.80260075 0.80192593 0.80351421 0.7942149 0.7931046
0.80260075 0.80260075 0.80192593]
split4_test_score --> [0.8568842 0.85412387 0.86062409 0.85389639 0.86023157 0.86857693
0.86352922 0.85412387 0.85412387]
mean_test_score --> [0.8497566 0.84113547 0.84382014 0.83195501 0.81648444 0.84557357
0.83985067 0.84113547 0.84478797]
std_test_score --> [0.02513165 0.02303185 0.02656029 0.02833428 0.03342873 0.02969796
0.02040662 0.02303185 0.0268672 ]
rank_test_score --> [1 5 4 8 9 2 7 5 3]

Highest scoring parameter set: { 'max_depth': 2, 'n_estimators': 100}

```

Рис. 14. Отримання даних процесу класифікації

```

#####
Classifier performance on training dataset

```

	precision	recall	f1-score	support
Class-0	0.94	0.81	0.87	79
Class-1	0.81	0.86	0.83	70
Class-2	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. 15. Характеристика класифікації зі сітковим пошуком

		Демченко Я. Д.			ДЧ «Житомирська політехніка».22.121.04.000 - Лр4	Арк.
		Філіпов В. О.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8



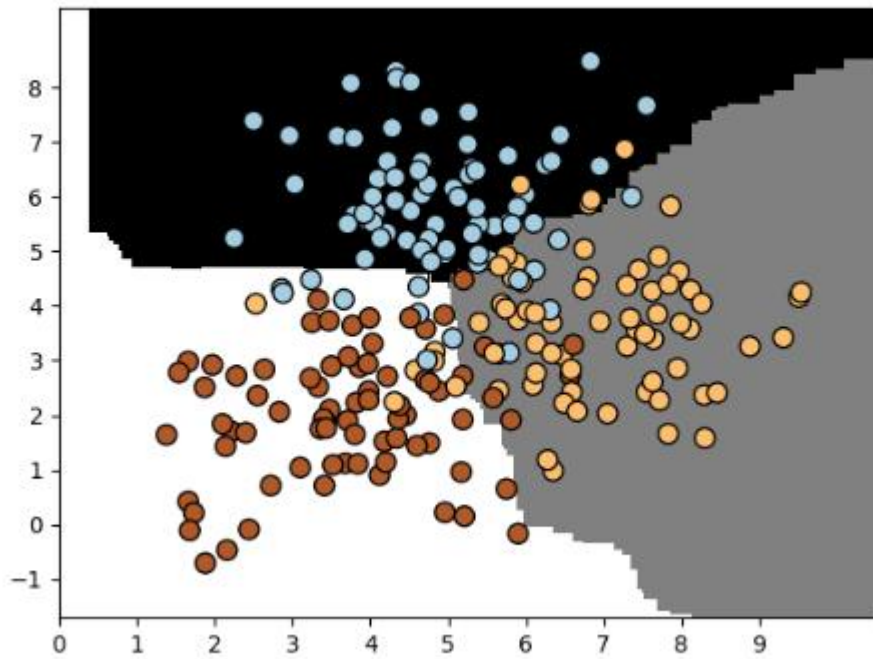


Рис. 16. Візуалізація класифікації даних зі сітковим пошуком

#### Завдання 4. Обчислення відносної важливості ознак

Завдання неможливо виконати, оскільки відсутні дані.

#### Завдання 5. Прогнозування інтенсивності дорожнього руху за допомогою класифікатора на основі гранично випадкових лісів

```
import numpy as np
from sklearn.metrics import mean_absolute_error
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.ensemble import ExtraTreesRegressor
from sklearn import preprocessing

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)

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)
```

		Демченко Я. Д.			ДЧ «Житомирська політехніка».22.121.04.000 - Лр4	Арк.
		Філіпов В. О.				9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

X_train, X_test, Y_train, Y_test = train_test_split(X, Y, test_size=0.25,
random_state=5)
params = {'n_estimators': 100, 'max_depth': 4, 'random_state': 0}
regressor = ExtraTreesRegressor(**params)
regressor.fit(X_train, Y_train)

Y_pred = regressor.predict(X_test)
print("Mean absolute error =", round(mean_absolute_error(Y_test, Y_pred), 2))

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)

print("Predicted traffic:", int(regressor.predict([test_datapoint_encoded])[0]))

```

```

Mean absolute error = 7.42
Predicted traffic: 26

```

Рис. 17. Результат регресії на основі гранично випадкових лісів

Отримано число 26, воно є дуже близьким до фактичного значення.

### 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

# Генерування 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=10)
# 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
print("Predicted output:", processor_pipeline.predict(X))
# Виведення оцінки

```

		Демченко Я. Д.			ДЧ «Житомирська політехніка».22.121.04.000 - Лр4	Арк.
		Філіпов В. О.				10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```
print("Score:", 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("Selected features:", selected)
```

```
"F:\for ZSTU\AI\Lab4\venv\Scripts\python.exe" "F:/for ZSTU/AI/Lab4/LR_4_task_6.py"
Predicted output: [1 2 2 0 2 0 2 1 0 1 1 2 1 0 2 2 1 0 0 1 0 2 1 0 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 1 0 2 2 1 1 1 2 0 1 0 2
 0 0 1 2 2 0 0 1 2 2 2 0 0 0 2 2 2 1 2 0 2 1 2 2 1 0 1 1 1 1 2 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 1 1 1 0 1 1 1 2 2 0 0 1 2 0
 2 2]
Score: 0.8866666666666667
Selected features: [4, 7, 8, 12, 14, 17, 22]

Process finished with exit code 0
```

Рис. 18. Отримані результати навчального конвеєра

Були обрані найбільш важливі ознаки з вхідних даних.

### Завдання 7. Пошук найближчих сусідів

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

# Input data
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]])

# Number of nearest neighbors
k = 5

# Test datapoint
test_datapoint = [4.3, 2.7]

# Plot input data
plt.figure()
plt.title('Input data')
plt.scatter(X[:,0], X[:,1], marker='o', s=75, color='black')

# Build K Nearest Neighbors model
knn_model = NearestNeighbors(n_neighbors=k, algorithm='ball_tree').fit(X)
distances, indices = knn_model.kneighbors([test_datapoint])

# Print the 'k' nearest neighbors
print("\nK Nearest Neighbors:")
for rank, index in enumerate(indices[0][:k], start=1):
    print(str(rank) + " ==>", X[index])

# Visualize the nearest neighbors along with the test datapoint
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],
```

		Демченко Я. Д.			ДЧ «Житомирська політехніка».22.121.04.000 - Лр4	Арк.
		Філіпов В. О.				11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```
marker='x', s=75, color='k')
plt.show()
```

На графіку 1 – вхідні дані.

Найближчі сусіди зображені на графіку 2

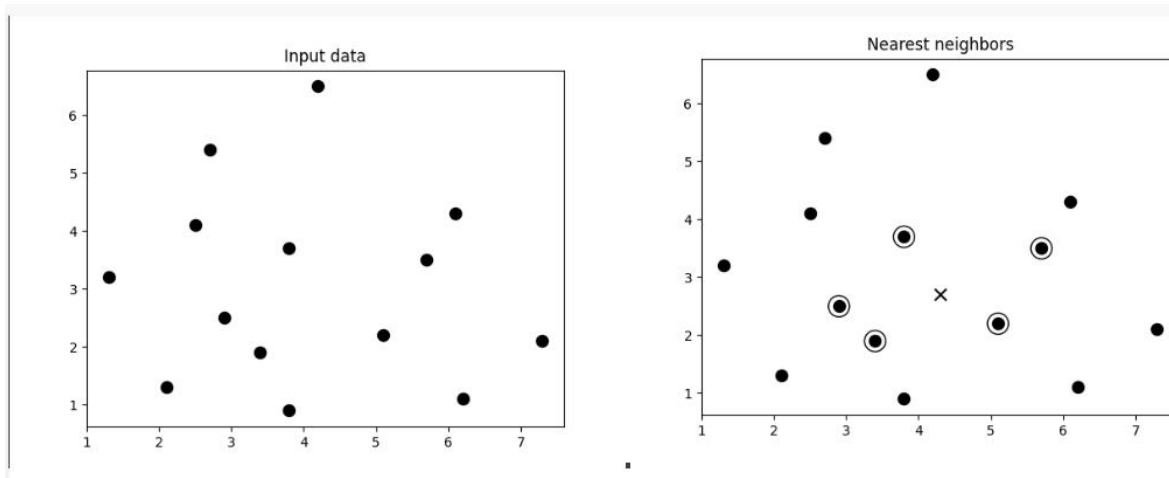


Рис. 19. Пошук найближчих сусідів

Координати було виведено в термінал

```
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. 20. Дані про найближчих сусідів

### 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

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

# Plot input data
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')

# Number of nearest neighbors
```

		Демченко Я. Д.			ДЧ «Житомирська політехніка».22.121.04.000 – Лр4	Арк.
		Філіпов В. О.				12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

num_neighbors = 12

# Step size of the visualization grid
step_size = 0.01

# Create a K Nearest Neighbours classifier model
classifier = neighbors.KNeighborsClassifier(num_neighbors, weights='distance')

# Train the K Nearest Neighbours model
classifier.fit(X, y)

# Create the mesh to plot the boundaries
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))

# Evaluate the classifier on all the points on the grid
output = classifier.predict(np.c_[x_values.ravel(), y_values.ravel()])

# Visualize the predicted output
output = output.reshape(x_values.shape)
plt.figure()
plt.pcolormesh(x_values, y_values, output, cmap=cm.Paired)

# Overlay the training points on the map
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')

# Test input datapoint
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')

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

# Extract the K nearest neighbors
_, indices = classifier.kneighbors([test_datapoint])
indices = indices.astype(np.int)[0]

# Plot k nearest neighbors
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')

```

		Демченко Я. Д.			ДЧ «Житомирська політехніка».22.121.04.000 - Лр4	Арк.
		Філіпов В. О.				13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

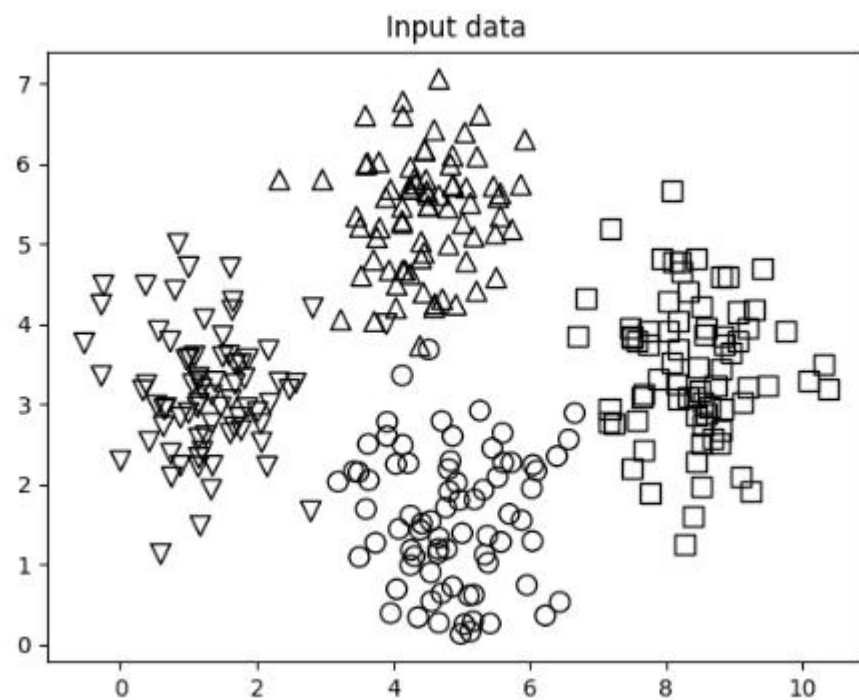


Рис. 21. Вхідні дані

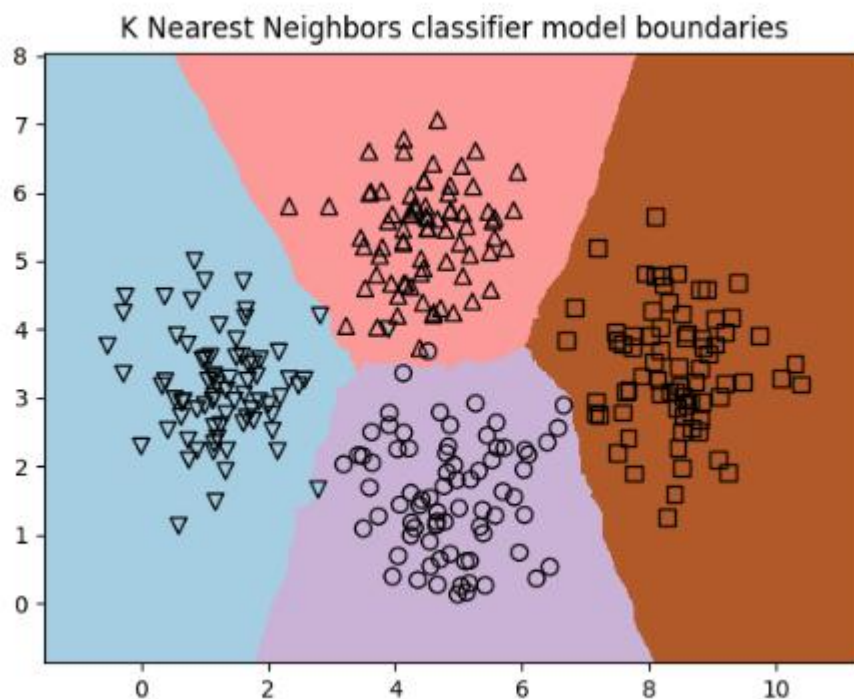


Рис. 22. Межі класів



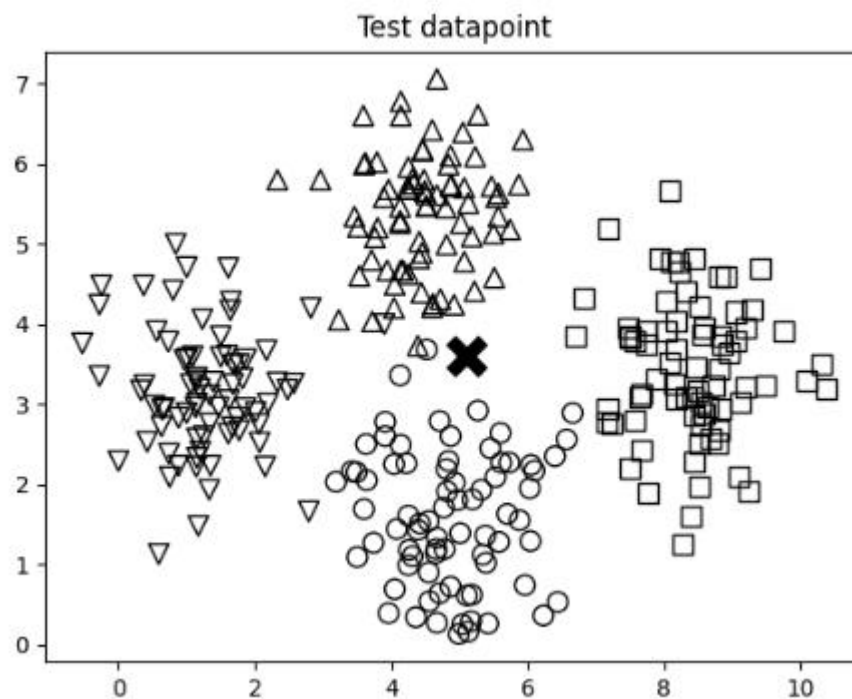


Рис. 23. Тестова точка даних

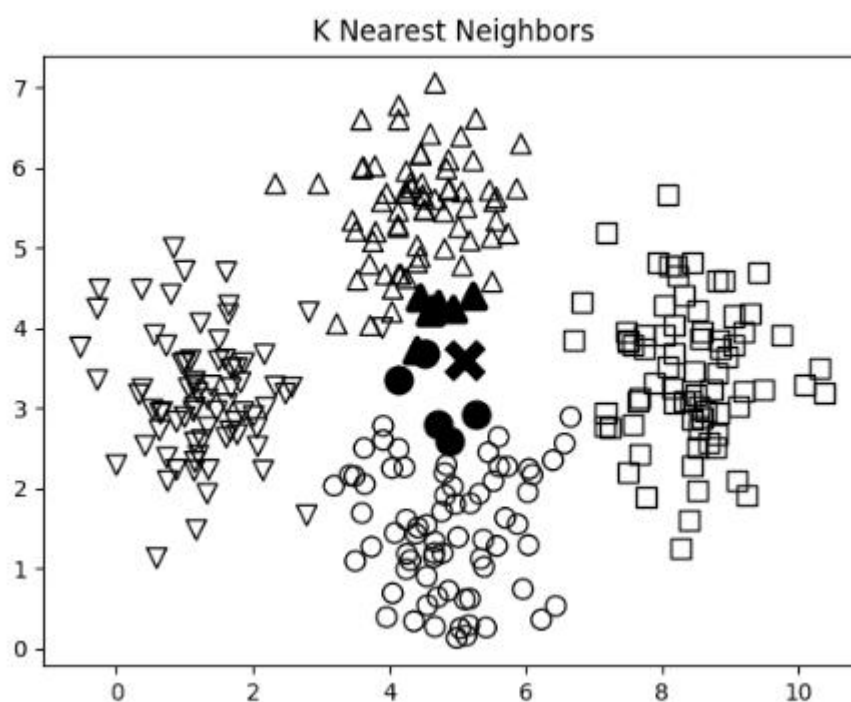


Рис. 24. Найближчі сусіди введеної точки

Predicted output: 1

Рис. 25. Обрахований клас точки

## 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

# Compute the Euclidean distance score between user1 and user2
def euclidean_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')

    # Movies rated by both user1 and user2
    common_movies = {}

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

    # If there are no common movies between the users,
    # then the score is 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)))

# Compute the Pearson correlation score between user1 and user2
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')

    # Movies rated by both user1 and user2
    common_movies = {}

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

		Демченко Я. Д.			ДЧ «Житомирська політехніка».22.121.04.000 - Лр4	Арк.
		Філіпов В. О.				16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

num_ratings = len(common_movies)

# If there are no common movies between user1 and user2, then the score is 0
if num_ratings == 0:
    return 0

# Calculate the sum of ratings of all the common movies
user1_sum = np.sum([dataset[user1][item] for item in common_movies])
user2_sum = np.sum([dataset[user2][item] for item in common_movies])

# Calculate the sum of squares of ratings of all the common movies
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])

# Calculate the sum of products of the ratings of the common movies
sum_of_products = np.sum([dataset[user1][item] * dataset[user2][item] for item
in common_movies])

# Calculate the Pearson correlation score
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))

```

```

PS F:\for ZSTU\AI\Lab4> py -W ignore .\LR_4_task_9.py --user1 "David Smith" --user2 "Bill Duffy" --score-type Euclidean

Euclidean score:
0.585786437626905
PS F:\for ZSTU\AI\Lab4> py -W ignore .\LR_4_task_9.py --user1 "David Smith" --user2 "Bill Duffy" --score-type Pearson

Pearson score:
0.9909924304103233

```

Рис. 26. Обрахунок оцінок для David Smith та Bill Duffy

		Демченко Я. Д.			ДУ «Житомирська політехніка».22.121.04.000 - Лр4	Арк.
		Філіпов В. О.				17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```
PS F:\for ZSTU\AI\Lab4> py -W ignore .\LR_4_task_9.py --user1 "David Smith" --user2 "Brenda Peterson" --score-type Euclidean

Euclidean score:
0.142433965666283
PS F:\for ZSTU\AI\Lab4> py -W ignore .\LR_4_task_9.py --user1 "David Smith" --user2 "Brenda Peterson" --score-type Pearson

Pearson score:
-0.7236759610155113
```

Рис. 27. Обрахунок оцінок для David Smith та Brenda Peterson

```
PS F:\for ZSTU\AI\Lab4> py -W ignore .\LR_4_task_9.py --user1 "David Smith" --user2 "Samuel Miller" --score-type Euclidean

Euclidean score:
0.30383243470068705
PS F:\for ZSTU\AI\Lab4> py -W ignore .\LR_4_task_9.py --user1 "David Smith" --user2 "Samuel Miller" --score-type Pearson

Pearson score:
0.7587869106393281
PS F:\for ZSTU\AI\Lab4>
```

Рис. 28. Обрахунок оцінок для David Smith та Samuel Miller

```
PS F:\for ZSTU\AI\Lab4> py -W ignore .\LR_4_task_9.py --user1 "David Smith" --user2 "Julie Hammel" --score-type Euclidean

Euclidean score:
0.2857142857142857
PS F:\for ZSTU\AI\Lab4> py -W ignore .\LR_4_task_9.py --user1 "David Smith" --user2 "Julie Hammel" --score-type Pearson

Pearson score:
0
```

Рис. 29. Обрахунок оцінок для David Smith та Julie Hammel

```
PS F:\for ZSTU\AI\Lab4> py -W ignore .\LR_4_task_9.py --user1 "David Smith" --user2 "Clarissa Jackson" --score-type Euclidean

Euclidean score:
0.28989794855663564
PS F:\for ZSTU\AI\Lab4> py -W ignore .\LR_4_task_9.py --user1 "David Smith" --user2 "Clarissa Jackson" --score-type Pearson

Pearson score:
0.6944217062199275
```

Рис. 30. Обрахунок оцінок для David Smith та Clarissa Jackson

```
PS F:\for ZSTU\AI\Lab4> py -W ignore .\LR_4_task_9.py --user1 "David Smith" --user2 "Adam Cohen" --score-type Euclidean

Euclidean score:
0.38742588672279304
PS F:\for ZSTU\AI\Lab4> py -W ignore .\LR_4_task_9.py --user1 "David Smith" --user2 "Adam Cohen" --score-type Pearson

Pearson score:
0.9081082718950217
```

Рис. 31. Обрахунок оцінок для David Smith та Adam Cohen

```
PS F:\for ZSTU\AI\Lab4> py -W ignore .\LR_4_task_9.py --user1 "David Smith" --user2 "Chris Duncan" --score-type Euclidean

Euclidean score:
0.38742588672279304
PS F:\for ZSTU\AI\Lab4> py -W ignore .\LR_4_task_9.py --user1 "David Smith" --user2 "Chris Duncan" --score-type Pearson

Pearson score:
1.0
```

Рис. 32. Обрахунок оцінок для David Smith та Chris Duncan

		Демченко Я. Д.			ДЧ «Житомирська політехніка».22.121.04.000 – Лр4	Арк.
		Філіпов В. О.				18
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 input user')
    parser.add_argument('--user', dest='user', required=True, help='Input user')
    return parser

# Finds users in the dataset that are similar to the input user
def find_similar_users(dataset, user, num_users):
    if user not in dataset:
        raise TypeError('Cannot find ' + user + ' in the dataset')

    # Compute Pearson score between input user
    # and all the users in the dataset
    scores = np.array([[x, pearson_score(dataset, user, x)] for x in dataset if x != user])

    # Sort the scores in decreasing order
    scores_sorted = np.argsort(scores[:, 1])[::-1]

    # Extract the top 'num_users' scores
    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\tSimilarity score')
    print('-'*41)
    for item in similar_users:
        print(item[0], '\t\t\t', round(float(item[1]), 2))
```

		Демченко Я. Д.			ДЧ «Житомирська політехніка».22.121.04.000 - Лр4	Арк.
		Філіпов В. О.				19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```
PS F:\for ZSTU\AI\Lab4> py -W ignore .\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 F:\for ZSTU\AI\Lab4>
```

Рис. 33. Знаходження користувачів схожих на Bill Duffy

```
PS F:\for ZSTU\AI\Lab4> py -W ignore .\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 F:\for ZSTU\AI\Lab4>
```

Рис. 34. Знаходження користувачів схожих на Clarissa Jackson

## 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

# Get movie recommendations for the input user
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)

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']

# Generate movie ranks by normalization
movie_scores = np.array([[score / similarity_scores[item], item]
                          for item, score in overall_scores.items()])

# Sort in decreasing order
movie_scores = movie_scores[np.argsort(movie_scores[:, 0])[::-1]]

# Extract the movie recommendations
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 F:\for ZSTU\AI\Lab4> py -W ignore .\LR_4_task_11.py --user "Chris Duncan"

Movie recommendations for Chris Duncan:
1. Vertigo
2. Scarface
3. Goodfellas
4. Roman Holiday

```

Рис. 35. Рекомендації для Chris Duncan

		Демченко Я. Д.			ДУ «Житомирська політехніка». 22.121.04.000 - Лр4	Арк.
		Філіпов В. О.				21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

PS F:\for ZSTU\AI\Lab4> py -W ignore .\LR_4_task_11.py --user "Julie Hammel"

Movie recommendations for Julie Hammel:
1. The Apartment
2. Vertigo
3. Raging Bull
PS F:\for ZSTU\AI\Lab4>

```

Рис. 36. Рекомендації для Julie Hammel

**Репозиторій:** <https://github.com/ipz192dyad/Artificial-intelligence-systems>

**Висновок:** в ході виконання лабораторної роботи використовуючи спеціалізовані бібліотеки та мову програмування Python досліджено методи ансамблів у машинному навчанні та створено рекомендаційні системи.

		Демченко Я. Д.			ДЧ «Житомирська політехніка».22.121.04.000 – Лр4	Арк.
		Філіпов В. О.				22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		