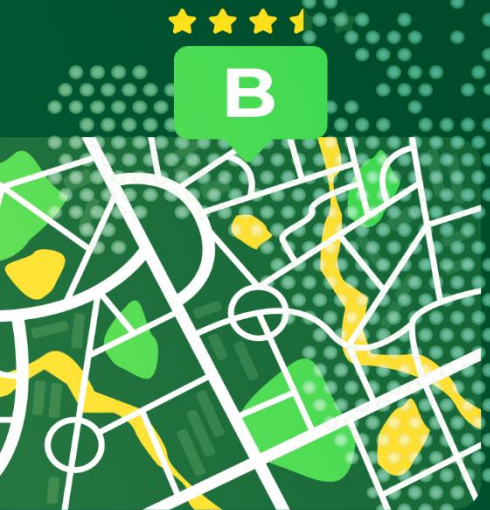


Марія Талах  
Павчук Сергій  
Івашко Віктор

# ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ

ЧАСТИНА 2



ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ



КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА

М.В. Талах, С.Ю. Павчук,  
В.В.Івашко

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ  
ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ  
ЧАСТИНА 2

Навчальний посібник

*Технограф*

2023

УДК 004.04:911.3  
Т-16

*Рекомендовано до друку вченою радою навчально-наукового  
інституту фізико-технічних та комп'ютерних наук  
Чернівецького національного університету імені Юрія  
Федьковича  
(протокол №11 від 30 грудня 2022 р.)*

**Рецензент:**

**Литвин В.В.**, д.т.н., проф. зав. кафедри інформаційних систем і мереж національного університету Львівська політехніка

**Талах М.В., С.Ю. Павчук, В.В.Івашко**

**Т-16** Інтелектуальні геоінформаційні системи. Частина 2 /  
М.В. Талах, С.Ю. Павчук, В.В.Івашко – Чернівці:  
Технодрук, 2023. – 312.

Навчальний посібник призначений для студентів, що навчаються за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки», освітньо-професійна програма «Інтелектуальний аналіз даних в комп'ютерних інформаційних системах» за першим (бакалаврським) освітнім рівнем та всіх бажаючих. У посібнику викладено важливі теми з геоінформатики та геопросторового аналізу. Книга містить важливих тем з геоінформатики та геопросторового аналізу, таких як картографічна алгебра та класифікація, аналіз геопросторових даних, візуалізація геопросторових даних, створення веб-додатку за допомогою GeoDjango, обробка великих зображень у ГІС та паралельна обробка даних у ГІС.

**УДК 004.04:911.3**

©Чернів. нац. ун-т, 2023  
©ПВКФ «Технодрук», 2023  
©Талах М.В., 2023

<b><u>ВСТУП</u></b>	<b>7</b>
<b><u>РОЗДІЛ 1. КАРТОГРАФІЧНА АЛГЕБРА ТА КЛАСИФІКАЦІЯ</u></b>	<b>9</b>
1.1. Вступ до NumPy	9
1.2. КАРТОГРАФІЧНА АЛГЕБРА	14
1.2.1. Локальні аналізи	16
1.2.2. Фокальний аналіз	21
1.2.3. Зональний аналіз	36
1.2.4. Глобальний аналіз	42
1.3. Повторна вибірка даних	49
1.4. КАРТОГРАФІЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ	60
1.4.1. Неконтрольована класифікація	61
1.4.2. Контрольована класифікація	63
1.4.3. Оцінки точності	69
<b><u>РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ БІБЛІОТЕКИ PYSAL ТА СТЕКУ PYTHON</u></b>	<b>72</b>
2.1. РОБОТА З ШЕЙП-ФАЙЛАМИ	73
2.2. РОБОТА З ТАБЛИЦЯМИ ДАНИХ	75
2.3. ВИКОРИСТАННЯ PANDAS З PYSAL	78
2.4. ІНШІ ТИПИ ПРОСТОРОВИХ ЗАПИТІВ	83
2.5. ПЕРЕМІЩЕННЯ В І З ФРЕЙМВОРКУ ДАНИХ	87
2.6. ГЕОВІЗУАЛІЗАЦІЯ	88
2.6.1. Модуль PYSAL Viz	89
2.6.1.1. КОМПОНЕНТ НИЖЧОГО РІВНЯ	90
2.6.1.2. КОМПОНЕНТ СЕРЕДНЬОГО РІВНЯ	91
2.6.1.3. КОМПОНЕНТ ВИЩОГО РІВНЯ	93
2.6.1.4. КЛАСИФІКАТОРИ КАРТ PYSAL	94
2.6.2. GEOPANDAS	95
2.6.3. FOLIUM	98
2.6.3.1. КАРТОГРАФУВАННЯ	99
2.6.3.2. КОЛІРНІ СХЕМИ	100
2.6.4. CARTOPY	101
2.6.5. ВОКЕН	106
2.7. ПРОСТОРОВІ ВАГИ В PYSAL. ТИПИ WAГ	108
2.7.1. СУМІЖНІСТЬ	109

2.7.1.1. «ВАГИ КОРОЛЕВИ»	109
2.7.1.2. «ВАГИ ТУРИ»	115
2.7.1.3. «ВАГИ СЛОНА»	116
2.7.2. ВІДСТАНЬ	117
2.7.1. ВАГИ НА ОСНОВІ KNN	117
2.7.2. «ВАГИ ЯДРА» (KERNEL WEIGHTS)	118
2.7.3. ПОРОГОВІ ЗНАЧЕННЯ ВІДСТАНИ	119
2.7.4 ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ВАГ	120
2.8. ПОПЕРЕДНІЙ АНАЛІЗ ДАНИХ З PYSAL	121
2.8.1. ПРОСТОРОВА АВТОКОРЕЛЯЦІЯ	123
2.8.1.1. ПРОСТОРОВА ПОДІБНІСТЬ	124
2.8.1.2. ПОДІБНІСТЬ АТРИБУТИВ	124
2.8.2. ГЛОБАЛЬНА ПРОСТОРОВА АВТОКОРЕЛЯЦІЯ	126
2.8.3. ЛОКАЛЬНА АВТОКОРЕЛЯЦІЙНА СТАТИСТИКА	128
2.8.4. ОЦІНКА ЩІЛЬНОСТІ ЯДРА, ЯК ПІДХІД ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ПРОСТОРОВИХ КОРЕЛЯЦІЙ	140
2.9. ПРОСТОРОВА КЛАСТЕРІЗАЦІЯ	142
2.9.1. ГЕОДЕМОГРАФІЧНИЙ АНАЛІЗ	147
2.9.2. АНАЛІЗ РЕГІОНАЛІЗАЦІЇ	150
2.10. ПРОСТОРОВА РЕГРЕСІЯ	155
2.10.1. БАЗОВА (НЕПРОСТОРОВА) РЕГРЕСІЯ	158
2.10.2. ЕКЗОГЕННІ РЕГРЕСОРИ З ПРОСТОРОВИМ ВІДСТАВАННЯМ ВІДСТАЮЧІ ЕКЗОГЕННІ РЕГРЕСОРИ ( WX)	161
2.10.3. ЕНДОГЕННІ РЕГРЕСОРИ З ПРОСТОРОВИХ ВІДСТАВАННЯМ ( WY)	163
2.10.4. ПРОГНОЗНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРОСТОРОВИХ МОДЕЛЕЙ	165
<b>2.11. Завдання для самостійної роботи</b>	<b>165</b>
<b><u>РОЗДІЛ 3. РОЗШИРЕНЕ ГЕОПРОСТОРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ У PYTHON</u></b>	<b>166</b>
3.1. Створення NDVI	166
3.1.1. Налаштування ФРЕЙМВОРКУ	168
3.1.2. Завантаження даних	169
3.1.3. РАСТЕРІЗАЦІЯ ШЕЙП-ФАЙЛУ	170
3.1.4. ОБРІЗКА СМУГ	172
3.1.5. Використання формули NDVI	172
3.1.6. Класифікація NDVI	173
3.1.6.1. ДОДАТКОВІ ФУНКЦІЇ	174
3.1.6.2. ЗАВАНТАЖЕННЯ NDVI	174

3.1.6.3. СТВОРЕННЯ КЛАСІВ	175
3.2. СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ ПАВОДКОВОГО ЗАТОПЛЕННЯ	177
3.2.1. ФУНКЦІЯ ЗАЛИВКИ	180
3.2.2. СТВОРЕННЯ КАРТИ ЗАТОПЛЕННЯ	181
3.3. АНАЛІЗ ШЛЯХУ НАЙМЕНШИХ ВИТРАТ	184
3.3.1. НАЛАШТУВАННЯ ТЕСТОВОЇ СІТКИ	186
3.3.2. ПРОСТИЙ АЛГОРИТМ A*	186
3.3.3. СТВОРЕННЯ ТЕСТОВОГО ШЛЯХУ	187
3.3.4. ПЕРЕГЛЯД РЕЗУЛЬТАТУ ТЕСТУ	188
3.3.5. ПРИКЛАД ІЗ РЕАЛЬНОГО СВІТУ	188
3.3.5.1. ЗАВАНТАЖЕННЯ СІТКИ	190
3.3.5.2. ВИЗНАЧЕННЯ ДОПОМІЖНИХ ФУНКЦІЙ	191
3.3.5.3. РЕАЛЬНИЙ АЛГОРИТМ A*	192
3.3.5.4. СТВОРЕННЯ РЕАЛЬНОГО ШЛЯХУ	194
<b>РОЗДІЛ 4. ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ</b>	<b>197</b>
4.1 MATPLOTLIB	199
4.1.1 ПОБУДОВА ВЕКТОРНИХ ДАНИХ	200
4.1.2 ПОБУДОВА РАСТРОВИХ ДАНИХ	219
4.1.3 ПОБУДОВА 3D-ДАНИХ	225
4.2 MAPNIK	228
4.2.1 ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ВЕКТОРНИХ ДАНИХ	229
4.2.2 ЗБЕРІГАННЯ ІНФОРМАЦІЇ У ФОРМАТІ XML	236
4.2.3 ВІЗУАЛІЗАЦІЯ РАСТРОВИХ ДАНИХ	239
<b>РОЗДІЛ 5. СТВОРЕННЯ ВЕБ-ДОДАТКУ ЗА ДОПОМОГОЮ GEODJANGO</b>	<b>243</b>
5.1. ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ GEODJANGO	245
5.2. НАЛАШТУВАННЯ ПРОСТОРОВОЇ БАЗИ ДАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ POSTGRESQL І POSTGIS	245
5.3. НАЛАШТУВАННЯ ВАШОГО ПРОЕКТУ	246
5.3.1. СТВОРЕННЯ ВІРТУАЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА	246
5.3.2. ВСТАНОВЛЕННЯ DJANGO	247
5.3.3. СТВОРЕННЯ ПРОЕКТУ DJANGO	247
5.3.4. НАЛАШТУВАННЯ БАЗИ ДАНИХ POSTGRESQL	248
5.3.5. ДОДАВАННЯ GEODJANGO	248
5.4. СТВОРЕННЯ ПРОГРАМИ DJANGO	249
5.4.1. СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ DJANGO	250

5.4.2. Створення таблиць бази даних	250
5.4.3. Додавання суперкористувача	251
5.4.4. Реєстрація моделі в інтерфейсі адміністратора	251
5.4.5. Додавання вихідних даних	253
5.4.6. Відображення об'єктів поблизу заданої точки	258
<b>РОЗДІЛ 6. ОБРОБКА ВЕЛИКИХ ЗОБРАЖЕНЬ У ГІС</b>	<b>262</b>
6.1. РОБОТА З СУПУТНИКОВИМИ ЗНІМКАМИ	262
6.1.1. ОТРИМАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ LANDSAT 8	264
6.1.2. ПАМ'ЯТЬ І ЗОБРАЖЕННЯ	268
6.2. ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ ФРАГМЕНТАМИ	271
6.2.1. Використання GDAL для відкриття зображень	271
6.2.2. Ітерація по всьому зображенню	274
6.3. Створення образних композицій	278
6.3.1. Справжні кольорові композиції	278
6.3.2. Обробка окремих регіонів	282
6.3.3. Несправжні кольорові композиції	284
<b>РОЗДІЛ 7. ПАРАЛЕЛЬНА ОБРОБКА ДАНИХ У ГІС</b>	<b>286</b>
7.1. ОСНОВИ БАГАТОПРОЦЕСОРНОСТІ	286
7.2. ІТЕРАЦІЯ БЛОКУ ДАНИХ	289
7.3. ПОКРАЩЕННЯ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ЗОБРАЖЕННЯ	295
7.3.1. ПЕРЕДИСКРЕТИЗАЦІЯ ЗОБРАЖЕННЯ	295
7.3.2. ПАНОРАМУВАННЯ	305
<b>ВИСНОВОК</b>	<b>309</b>
<b>ЛІТЕРАТУРА</b>	<b>310</b>

**Навчальне видання**

**Талах Марія Віталіївна  
Павчук Сергій Юрійович  
Івашко Віктор Вікторович**

**Інтелектуальні геоінформаційні  
системи  
Частина 2**

**Навчально-методичний посібник**

Літературний редактор: О. В. Лупул

Папір офсетний. Формат 60x84/16.  
Умов. друк. арк.. 18,14. Обл.- вид. арк. 19,5. Тираж – 50.

Видавець та виготівник: ПВКФ «Технодрук»  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №1841 від 10.06.2004 р.  
58000, м. Чернівці, вул. І. Франка, 20, оф.18, тел. (0372) 55-05-85