

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет комп'ютерних наук, фізики та математики**

**Кафедра комп'ютерних наук та програмної інженерії**

**Використання AI в геоінформаційних системах.**

**Кваліфікаційна робота (проект)**

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Виконав: здобувач 4 курсу 12-441 групи

Спеціальність: 121 Інженерія програмного  
забезпечення

Професійна програма: Інженерія програмного  
забезпечення

Грабовський Богдан Антонович

Керівник: к. пед. н., доцент Вінник Максим  
Олександрович

Рецензент: Круглик В.С. доктор педагогічних  
наук, професор кафедри інформатики та  
кібернетики Мелітопольського державного  
університету

## Зміст

### Вступ

### **РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ РОБІТ В СФЕРІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ШІ...4**

1.1 Геоінформаційні системи: Визначення та Застосування.....4

1.2 Методи збору даних для Геоінформаційних систем.....5

1.3 Використання Штучного Інтелекту в Геоінформаційних Системах (ГІС).....6

1.4 Використання дронів в Геоінформаційних Системах.....7

### **РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЗБОРУ ПРОСТОРОВИХ ДАНИХ.....8**

2.1 Рішення проблем за допомогою дронів.....8

2.2 Рішення задачі за знайденим алгоритмом.....9

**Висновок.....17**

**Список літератури.....18**

## Вступ

У сучасному світі надзвичайно важливим є використання передових технологій для збору та аналізу геопросторових даних. Геоінформаційні системи (ГІС) стали необхідним інструментом для вирішення низки завдань у різних сферах, починаючи від геологічного дослідження та архітектурного проектування і закінчуючи навігацією та екологічним моніторингом.

Ще однією перспективною технологією, яка значно розширює можливості збору геопросторової інформації, є використання штучного інтелекту (АІ). Інтеграція АІ в геоінформаційні системи дозволяє автоматизувати та поліпшити процеси обробки та аналізу великих обсягів даних.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка алгоритму збору просторових даних, що базується на обробці відеоматеріалів, отриманих з використанням дронів.

Для досягнення цієї мети будуть вирішені такі завдання:

- Проаналізувати сучасний стан використання АІ в геоінформаційних системах та методів збору просторових даних.
- Розробити програмний комплекс для збору та обробки відеоданих з дрону використовуючи алгоритми машинного навчання.

Актуальність теми. У сучасному світі зростає потреба у точних та надійних просторових даних для рішення різних завдань у галузі географії, геології, архітектури, сільського господарства та інших галузях. Використання дронів як засобу для збору відеоданих набуває все більшої популярності завдяки високій роздільній здатності їхніх камер та можливості працювати в важкодоступних місцях. Інтеграція штучного інтелекту в геоінформаційні системи може значно поліпшити ефективність аналізу та обробки отриманих даних.

Об'єктом дослідження є система збору та аналізу просторових даних з використанням геоінформаційних технологій та штучного інтелекту.

Предметом дослідження є проектування та розробка програмного забезпечення для обробки відеоданих, отриманих з дронів, з метою збору просторових даних.

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ РОБІТ В СФЕРІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ШІ

### 1.1 Геоінформаційні системи: Визначення та Застосування

Геоінформаційні системи (ГІС) представляють собою комплексне поєднання технологій, програмного забезпечення та методологій для збору, аналізу, інтерпретації та візуалізації географічної інформації. Це включає в себе дані про розташування об'єктів на землі, їх властивості та взаємодії.[1]

ГІС складається з таких частин:

Геопросторові дані включають в себе інформацію про географічні об'єкти, такі як дороги, річки, міста, рельєф, кордони країн тощо. Ці дані можуть бути представлені у різних форматах, таких як векторні (точки, лінії, полігони) чи растрові (пікселі на карті).[2]

ГІС використовують спеціальне програмне забезпечення для обробки та аналізу геопросторових даних. Деякі з найпопулярніших ГІС включають ArcGIS, QGIS, GRASS GIS та інші.[3][4]

Також ГІС дозволяють виконувати аналіз просторових взаємодій та моделювання різних сценаріїв. Це може включати в себе розрахунки відстаней, зони впливу, розподіл ресурсів, прогноз погоди тощо.[2]

Однією з ключових можливостей ГІС яка дозволяє глибше розуміти зібрану та оброблену інформацію є візуалізація геопросторових даних. Це також допомагає аналізувати географічну інформацію.

ГІС використовується для урбаністичного планування для аналізу розташування будівель, доріг, парків та інфраструктури в містах. ГІС дозволяють відстежувати зміни в природних середовищах, визначати зони екологічного ризику та вивчати вплив людської діяльності на навколишнє середовище. Використання ГІС у геології дозволяє вивчати структуру земної кори, виявляти

рудні родовища та проводити геологічні дослідження. ГІС використовуються для оптимізації розташування полів, розподілу ресурсів та прогнозування врожаю.

## 1.2 Методи збору даних для Геоінформаційних систем

Збір геопросторових даних є ключовим етапом в роботі з (ГІС). Різноманітні методи використовуються для збору інформації про географічні об'єкти, яка потім використовується для створення та аналізу карт та просторових моделей. Нижче подано деякі основні методи збору геоданих:

1. GPS (Глобальна система позиціонування) використовує супутники для визначення точної географічної позиції об'єктів на землі.
2. Знімки, отримані з літаків або супутників, використовуються для отримання зображень з великою просторовою роздільною здатністю.
3. Терестріальна фотограмметрія це фотографії, зняті на рівні землі, обробляються для отримання просторової інформації.
4. Терестріальний лазерний сканінг це лазерні відстані вимірюються великою кількістю точок для створення точного 3D-моделі.
5. Застосовуються методи вимірювань, які використовують геодезичні інструменти для визначення точних географічних координат.

Ці методи забезпечують різноманітні шляхи збору геопросторових даних, і їх комбінація може використовуватися для отримання комплексної та точної інформації для різних геоінформаційних завдань.

## 1.3 Використання Штучного Інтелекту в Геоінформаційних Системах (ГІС)

Штучний інтелект в останні роки виявляється все більш важливим компонентом розвитку Геоінформаційних Систем (ГІС), надаючи можливості для автоматизації аналізу геопросторових даних та покращення прийняття рішень.

1. ШІ може використовуватися для автоматичного визначення об'єктів на знімках, класифікації земель, виявлення змін у географічних об'єктах тощо.[5]
2. ШІ може використовуватися для розробки прогностичних моделей, які прогнозують різноманітні явища, такі як зміни клімату, витрати енергії, розподіл природних ресурсів тощо.[6]
3. ШІ може допомагати вирішувати завдання просторового планування, оптимізуючі розташування об'єктів, розподіл ресурсів та прогнозування впливу різних розробок.[7]
4. ШІ може ефективно обробляти та аналізувати великі обсяги геоданих, виявляти закономірності та визначати тренди.[8]
5. ШІ може бути використаний для автоматичної геореференції та аналізу зображень та відеоматеріалів з дронів.[9]
6. ШІ дозволяє створювати інтерактивні геопросторові системи з функціоналом, що адаптується до потреб користувача.[10]

Використання ШІ в ГІС відкриває нові можливості для аналізу та використання геопросторової інформації, роблячи ГІС більш потужним та ефективним інструментом для рішення складних завдань у сфері географії та природних наук.

#### 1.4 Використання дронів в Геоінформаційних Системах

Дрони, або безпілотні літальні апарати, стали важливим інструментом в області геоінформаційних систем, надаючи нові можливості для збору, аналізу та використання геопросторової інформації. Використання дронів в ГІС включає в себе наступні аспекти:

1. Дрони використовуються для отримання знімків високої роздільної здатності для створення детальних карт та моделей рельєфу.[11]

2. Дрони дозволяють виявляти та аналізувати зміни в ландшафті, використовуючи серії аерознімків для моніторингу дефорестації, ерозії ґрунтів, зміни водних ресурсів тощо.[12]
3. Дрони можуть використовуватися для збору геодезичних даних та створення точних карт територій, включаючи висоти, координати точок, об'ємність об'єктів тощо.[13]
4. Дрони використовуються для швидкого збору інформації та оцінки руйнувань у випадку природних катастроф, таких як повені, землетруси, лісові пожежі тощо.[14]
5. Дрони використовуються для моніторингу стану сільськогосподарських культур, оцінки росту рослин, виявлення шкідників та хвороб.[15]

Використання дронів в ГІС дозволяє отримати точну, швидку та доступну геопросторову інформацію, яка може бути використана для вирішення різноманітних завдань у сферах географії, екології, сільського господарства та інших галузях.



## РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЗБОРУ ПРОСТОРОВИХ ДАНИХ

### 2.1 Рішення проблем за допомогою дронів

Як було згадано в попередній секції дрони використовуються для вирішення великого різноманіття практичних задач. Ці задачі виглядають схожими але на практиці відмінності є значними. Через це неможливо зробити одну систему для рішення всіх задач.

Для розуміння відмінностей треба знайти подібності. Всі ці задачі використовують безпілотний літальний апарат з камерою великої роздільної здатності та системою позиціонування. Програмне забезпечення обробляє відео матеріал, отримуючи необхідну інформацію, за допомогою методів комп'ютерного зору. Після чого зберігає отримані дані в якийсь базі даних. В окремих задачах є необхідність обробляти інформацію з бази даних через деякий час щоб отримати якийсь результат, зазвичай це пошук змін в оглядаємій області.

З основних відмінностей можна виділити що різні задачі вимагають різну реалізацію комп'ютерного зору та по різному обробляти отриману інформацію. Також є питання де обробляти відео інформацію на обладнанні дрона чи за допомогою великих розрахункових потужностей на землі після повернення безпілотного літального апарата, чи передавати відео інформацію під час польоту на наземні розрахункові потужності. Кожен з варіантів має свої гарні сторони як і недоліки. Також кожна задача може мати свої особливі вимоги.

З цією інформацією ми можемо розробити базовий алгоритм для вирішення подібних проблем. В загальному вигляді це послідовність операцій над відео даними:

1. Отримання результатів відео зйомки.
2. Отримані, з дрона, відео дані обробляються за допомогою методів комп'ютерного зору.

3. Результати обробки відео зберігаються з прив'язкою до географічних координат.
4. Програма обробляє отримані дані та приймає рішення в залежності від поставленої задачі.

## 2.2 Рішення задачі за знайденим алгоритмом

Розглянемо проблему швидкого попередження про пожежу в плавнях в Херсонській області. За алгоритмом по перше нам треба отримати дані відео зйомки.

Як згадувалось вище відеш дані можна обробляти на потужностях дрона або передавати на сервер для отримання доступу для більших розрахункових потужностей. Розглянемо переваги та недоліки цих способів:

Оброблення даних на потужностях дрона:

Переваги:

- Обробка даних відбувається в реальному часі.

Недоліки:

- Обмеження потужностей що додає жорсткі вимоги до швидко дії програмного забезпечення.

Оброблення даних на потужностях серверів, передача даних з дрона за допомогою бездротових мереж:

Переваги:

- Обробка даних відбувається в реальному часі.
- Програмне забезпечення може бути більш розрахунково важким для отримання більш точних результатів ніж у випадку з розрахунками на потужностях дрону.

Недоліки:

- Така система може працювати тільки в середовищі з гарним зв'язком між дроном і розрахунковими потужностями.

Оброблення даних на потужностях серверів, передача даних з дрона після його приземлення:

Переваги:

- Програмне забезпечення може бути більш розрахунково важким для отримання більш точних результатів ніж у випадку з розрахунками на потужностях дрону.

Недоліки:

- Обробка даних відбувається з затримкою що є критичним для деяких задач.

Для поточної задачі затримка в обробці даних є неприпустимою що викреслює останній варіант. Також через велику площу неможливо бути впевненим в якості зв'язку тому ліпшим варіантом для цієї задачі є обробляти відео інформацію на розрахункових потужностях дрона.

Наступним етапом є обробка відео за допомогою методів комп'ютерного зору. Існують багато методів комп'ютерного зору, які широко використовуються для обробки зображень та відео. Ось декілька з методів що підходять для рішення поточної задачі:

1. Faster R-CNN (Region-based Convolutional Neural Networks): - цей метод використовується для виявлення об'єктів на зображеннях. Він використовує два окремі шари мережі: Region Proposal Network (RPN), який пропонує області, де можуть бути об'єкти, та Region-based Convolutional Neural Network (R-CNN), який класифікує ці пропозиції та визначає їхні межі.

2. SSD (Single Shot MultiBox Detector): - цей метод також використовується для виявлення об'єктів на зображеннях, проте він пропонує більш ефективний та швидкий підхід порівняно з R-CNN. SSD пропонує кілька розмірів та аспектичних співвідношень рамок пропозицій, щоб виявити об'єкти різних розмірів.
3. Mask R-CNN: - цей метод розвинутий варіант Faster R-CNN, який додає здатність розпізнавання маски об'єктів, а не лише їхніх меж. Це дозволяє не лише виявляти об'єкти на зображеннях, але й визначати пікселі, які належать кожному об'єкту.
4. RetinaNet - цей метод також призначений для виявлення об'єктів на зображеннях. Він використовує новий підхід до виправлення нерівності в даних для покращення точності виявлення слабких об'єктів.
5. YOLO (You Only Look Once) - це швидкий та ефективний алгоритм виявлення об'єктів на зображеннях та відео. Основна ідея полягає в тому, щоб розділити зображення на сітку та виконати виявлення об'єктів на цій сітці. Високий рівень точності досягається за рахунок використання глибоких нейронних мереж, зокрема, мережі YOLO, яка одночасно визначає клас об'єкта та його межі.

Для рішення поточної задачі було прийнято рішення використовувати YOLO. Деякі ключові особливості YOLO що впливали на вибір:

- Швидкість: - одним з основних переваг YOLO є його висока швидкість. Алгоритм працює в режимі реального часу на відео та може обробляти кадри з великою швидкістю без значних затримок.
- Точність: - незважаючи на високу швидкість роботи, YOLO забезпечує високу точність виявлення об'єктів, що робить його ефективним для використання в різних застосуваннях, включаючи розпізнавання облич, виявлення транспортних засобів, відстеження об'єктів тощо.
- Одноразове виявлення: - основна відмінність YOLO від інших методів полягає в тому, що він виконує виявлення об'єктів усього зображення

одним разом. Це дозволяє отримувати результат швидко та ефективно, без необхідності повторної обробки зображення.

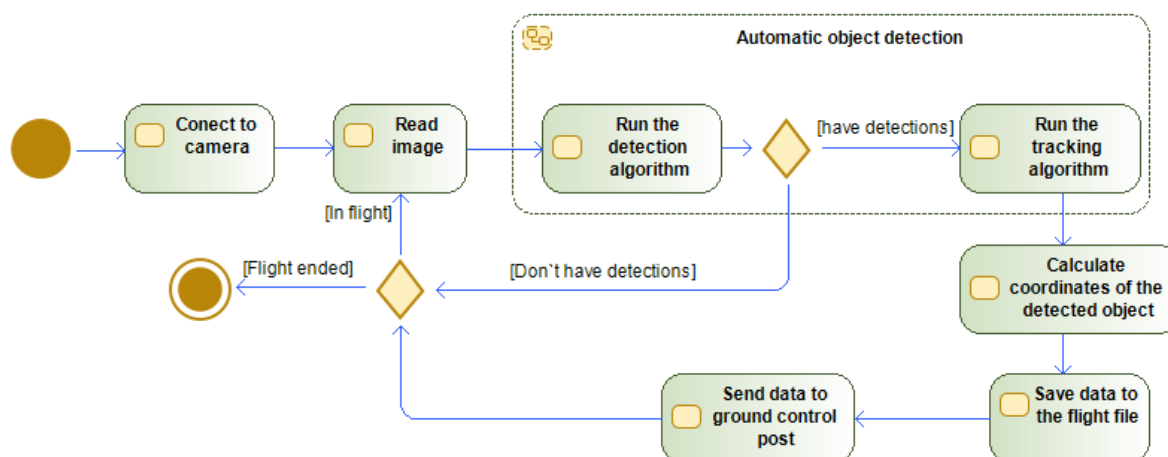
- Здатність до виявлення багатьох об'єктів: - YOLO може виявляти багато об'єктів на одному зображенні або відео, що робить його відмінним варіантом для завдань, де необхідно виявити та класифікувати кілька об'єктів одночасно.

Узагальнюючи, YOLO є потужним та ефективним методом виявлення об'єктів на зображеннях та відео, який забезпечує швидкість, точність та простоту використання, що робить його відмінним вибором для рішення поставленої задачі.

Після виявлення місця загоряння необхідно визначити координати цілі та передати цю інформацію до пожежників. Для розрахунку координат нам треба отримати дві точки з яких видно об'єкт, щоб розрахувати вектори до об'єкту і знайти точку перетину прямих, створених на основі векторів до об'єкту.

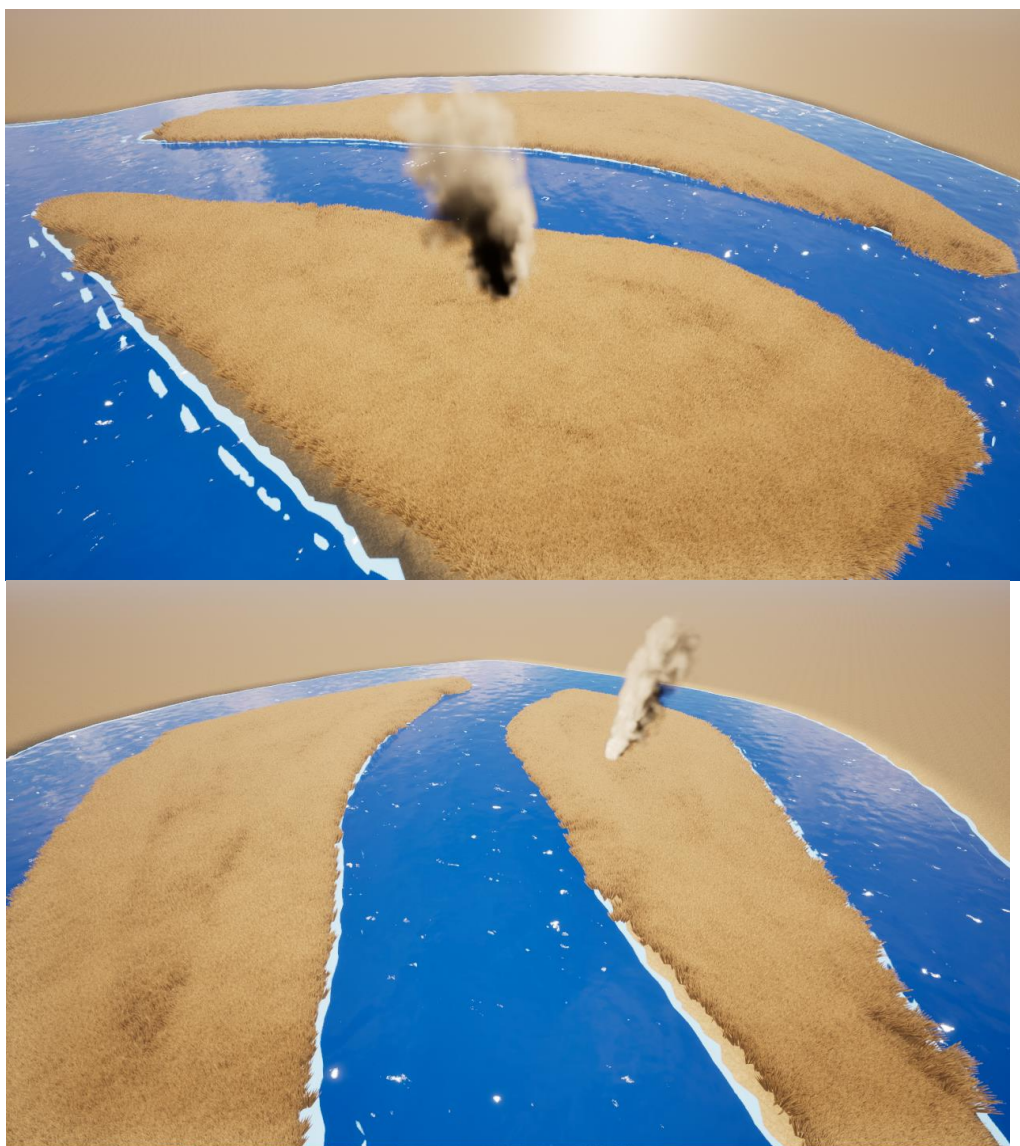
Отримані дані зберігаються разом з відео записом для подальшого дослідження на більших потужностях, з ціллю покращення алгоритмів виявлення об'єктів та розрахунку їх координат.

Перейдемо до розробки програмного рішення. Першим етапом є проектування програми.



З малюнку вище основними частинами програми є алгоритм виявлення, алгоритм відстежування та розрахунок координат. Для алгоритму виявлення було обрано модель YOLO що спрощує роботу. З пакетом YOLO ми отримали базову нейро мережу яку треба навчити виявляти об'єкти для нашої задачі, для цього необхідно створити базу фотографій об'єктів що нас цікавлять.

Через неможливість використання дрона для збору реальних фотографій створимо віртуальне середовище для тестування задачі. Віртуальне середовище розроблене за допомогою ігрового рушія Unreal Engine що дозволяє отримати високий рівень ріалістичності картинки.



Зробивши базу фотографій для тренування алгоритму виявлення, тренуємо нейро мережу та тестуємо її на фото що не брали участь в тренуванні.

Наступним важливим елементом програми є алгоритм відстежування який дозволить програмі визначати що виявлені об'єкти на на послідовному ряді фотографій є одним і тим самим об'єктом. цей алгоритм дасть можливість, в подальшому, розрахувати положення об'єкту. Алгоритм відстежування використовує інформацію від алгоритму виявлення про границі об'єкта на фото, знаходить наскільки ці границі перетинаються щоб визначити чи є це той самий об'єкт. Для тестування цього алгоритму використовуємо відео зроблене в віртуальному середовищі та розроблений вище алгоритм виявлення.



Наступним і останнім важливим елементом програми є розрахунок координат. Для розрахунку координат використовуємо інформацію про положення дрона та положення виявленого об'єкту на відео. Для отримання координат розраховуємо вектори до об'єкту що дасть можливість розрахувати координати як точку перетину прямих отриманими з векторів. для підвищення точності вибираємо вектори з найбільшою різницею в координатах. Для

тестування цього елемента програми запускаємо програму для обробки відео створеного в віртуальному середовищі і перевіряємо чи збігаються координати об'єктів на відео з їх координатами в середовищі.



## Висновок

У ході дослідження було встановлено, що штучний інтелект став важливою складовою геоінформаційних систем. Було визначено кілька типових напрямів використання штучного інтелекту в геоінформаційних системах, таких як системи збору геоданих та алгоритми прийняття рішень.

Також було розглянуто способи використання безпілотних апаратів для збору геоданих та для вирішення геоінформаційних задач.

У результаті дослідження було розроблено програмне рішення для розв'язку практичної задачі на основі алгоритму YOLO яке використовує безпілотний літальний апарат як джерело даних. Метод використаний при розробці цього рішення дозволяє швидко і точно виявляти заданий перелік об'єктів на відео та фото, що дозволяє автоматизувати велику кількість задач пов'язаних з збором геопросторових даних.

В цілому розвиток штучного інтелекту відкриває безліч можливостей для оптимізацій багатьох задач. Застосування методів штучного інтелекту дозволяє створювати автоматизовані та високо ефективні рішення для розв'язку прикладних задач в сфері геоінформатики. Очікується, що штучний інтелект буде продовжувати розвиватися, впровадження нових методів та технологій призведе до рішення багатьох важливих задач, що позитивно вплине на життя багатьох людей.

## Список літератури

1. Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic Information Science and Systems*.
2. Chang, K. (2010). *Introduction to Geographic Information Systems*.
3. ESRI (Environmental Systems Research Institute). *ArcGIS Software*.
4. QGIS. *Quantum GIS - Open Source Geospatial Foundation Project*.
5. J. A. Richards, P. Jia. *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction*.
6. P. Atkinson, K. B. Kupfer. *Remote Sensing of Ecology, Biodiversity, and Conservation: A Review from the Perspective of Remote Sensing Specialists*.
7. C. Pettit, M. Pettit, R. Klosterman. *The Making of Smart Cities*.
8. M. F. Goodchild, M. Yuan. *Introduction: Big Data in GIScience*.
9. A. G. Kirschenbaum. *Drones: Technology, Policies, and Guidelines*.
10. M. O. Altan, G. S. Murat. *GIS and Geocomputation for Water Resource Science and Engineering*.
11. Lam, N. S., & Quattrochi, D. A. (Eds.). (2017). *Remote Sensing and GIS for Natural Hazards Assessment and Disaster Risk Management*.
12. Yang, X., & Jiang, G. (Eds.). (2020). *Drone Monitoring of Urban Landscapes*.
13. Rieger, J. M. (2018). *Drone Mapping for Land Managers*.
14. Lowe, D. R., Bowden, J. D., & Anderson, E. K. (2021). *Exploring the Effectiveness of Drones in Disaster Management*.

15. Nansen, C., & Duso, C. (Eds.). (2017). *Insects and Insecticides: Modelling and Monitoring Insect Population Dynamics in a Changing World*.