

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ

Будівельний факультет

Кафедра вишукувань та проектування шляхів сполучення, геодезії та
землеустрою

**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТА ЛІСОВИХ ЗЕМЕЛЬ КИЇВСЬКОЇ
ОБЛАСТІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДАНИХ
ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ**

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи магістра

ВПГЗ. 312.193.2026.ПЗ.

Розробив: студент 6 курсу
групи 216-ГЗ-Д24
Олександр ТЮТЮННИК



Спеціальність: 193 Геодезія та землеустрій (роботу
виконано самостійно, відповідно до принципів
академічної доброчесності)

Керівник: к.т.н., доц. Олена УЖВІЄВА
Нормоконтроль: к.т.н., доц. Євген ОРЕЛ
Зав. кафедри: д.т.н., проф. Угненко Є.Б.



Рецензент: к.т.н., доц. Віталій ЛЮТИЙ

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Факультет будівельний

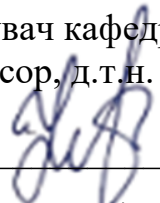
Кафедра вишукувань та проектування шляхів сполучення, геодезії та землеустрою

Освітній рівень: магістр

Спеціальність: 193 «Геодезія та землеустрій»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,
професор, д.т.н.

 Євгенія УГНЕНКО

«04» листопада 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

1 Тема: «Оцінка ефективності використання сільськогосподарських та лісових земель Київської області із застосуванням ГІС-технологій та даних дистанційного зондування»

керівник к.т.н., доцент Ужвієва Олена Миколаївна
затверджені розпорядженням по будівельному факультету
від «03» листопада 2025 року № 15

2 Строк подання студентом закінченої роботи 20 грудня 2025 року

3 Вихідні дані кваліфікаційної роботи:
отримані у період переддипломної практики

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

- Теоретичні основи оцінки використання земель
- Природно-географічна характеристика Київської області
- Практичний ГІС-аналіз
- Напрями підвищення ефективності використання земель
- Практична реалізація у середовищі QGIS

5. Перелік графічного матеріалу:

- Теоретичні основи оцінки використання земель
- Природно-географічна характеристика Київської області
- Практичний ГІС-аналіз
- Напрями підвищення ефективності використання земель
- Практична реалізація у середовищі QGIS

6 Консультанти окремих розділів

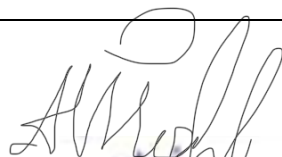
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7 Дата видачі завдання «20» жовтня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
Теоретичні основи оцінки використання земель Природно-географічна характеристика Київської області	1 листопада 2025 р.	
Практичний ГІС-аналіз	10 листопада 2025 р.	
Напрями підвищення ефективності використання земель	20 листопада 2025 р.	
Практична реалізація у середовищі QGIS	1 грудня 2025 р.	
Технічний контроль і приймання робіт. Висновки. Підготовка графічного матеріалу та оформлення згідно з вимогами до випускних кваліфікаційних робіт.	20 грудня 2025 р.	

Студент



Олександр ТЮТЮННИК

Керівник



Олена УЖВІЄВА

Анотація

Тема: Оцінка ефективності використання сільськогосподарських та лісових земель Київської області із застосуванням ГІС-технологій та даних дистанційного зондування.

Кваліфікаційна робота присвячена комплексній оцінці ефективності використання сільськогосподарських та лісових земель Київської області на основі сучасних геоінформаційних систем (ГІС) та даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Актуальність дослідження зумовлена значним антропогенним навантаженням на земельний фонд регіону, що вимагає впровадження високоточних та об'єктивних методів моніторингу для забезпечення сталого розвитку та екологічної безпеки.

Об'єкт дослідження – земельні ресурси Київської області.

Предмет дослідження – ефективність використання сільськогосподарських та лісових земель, оцінена за даними ГІС та ДЗЗ.

Мета роботи полягала у порівняльному аналізі ефективності використання сільськогосподарських та лісових земель Київської області для виявлення територій раціонального та нераціонального землекористування і формування рекомендацій щодо його оптимізації.

Методи дослідження: ГІС-аналіз, індексний аналіз (NDVI, NBR, NDWI), аналіз LULC-змін, класифікація супутникових знімків, просторове моделювання, порівняльний аналіз, картографування, статистичні методи. Методика реалізована у середовищі QGIS із застосуванням плагінів для моделювання змін землекористування (зокрема, MOLUSCE).

Основні результати:

1. Розроблено та застосовано комплексну методику, що поєднує кадастрові дані (ДЗК) та супутникові знімки (Landsat, Sentinel-2) для створення багатоварової ГІС-бази даних.

2. Виконано індексний аналіз для об'єктивної оцінки стану угідь: NDVI використано для моніторингу продуктивності сільськогосподарських земель, а NBR та NDWI — для виявлення деградації та водного стресу лісових масивів.

3. Проведено аналіз просторових змін землекористування (LULC), який дозволив виявити проблемні ділянки, схильні до деградації, нелегальних вирубок чи урбанізації.

4. Встановлено, що лісові землі та сільськогосподарські угіддя південних районів Київської області використовуються найбільш ефективно, тоді як північні райони потребують додаткових заходів управління через зниження продуктивності.

5. Сформовано науково обґрунтовані рекомендації щодо оптимізації землекористування та впровадження принципів сталого розвитку.

Наукова новизна та практичне значення: У роботі вперше для Київської області проведено комплексний ГІС-аналіз двох ключових категорій земель у єдиній системі показників, здійснено порівняння ефективності їх використання за просторовими індикаторами, визначено контрастні типи землекористування та окреслено проблемні зони. Розроблені рекомендації можуть бути використані в регіональному плануванні та моніторингу земельних ресурсів Київської області.

Ключові слова: ГІС-технології, дистанційне зондування Землі (ДЗЗ), NDVI, NBR, LULC-аналіз, Київська область, сільськогосподарські землі, лісові землі, ефективність землекористування

Topic: Assessment of the efficiency of agricultural and forest land use in the Kyiv region using GIS technologies and remote sensing data.

This thesis is devoted to a comprehensive assessment of the efficiency of agricultural and forest land use in the Kyiv region based on modern geographic information systems (GIS) and remote sensing data. The relevance of the study is due to the significant anthropogenic load on the region's land fund, which requires the introduction of highly accurate and objective monitoring methods to ensure sustainable development and environmental safety.

The object of the study is the land resources of the Kyiv region.

The subject of the study is the efficiency of agricultural and forest land use, assessed using GIS and RSI data.

The aim of the work was to conduct a comparative analysis of the efficiency of agricultural and forest land use in the Kyiv region to identify areas of rational and irrational land use and to formulate recommendations for its optimization.

Research methods: GIS analysis, index analysis (NDVI, NBR, NDWI), LULC change analysis, satellite image classification, spatial modeling, comparative analysis, mapping, statistical methods. The methodology was implemented in the QGIS environment using plugins for modeling land use changes (in particular, MOLUSCE).

Main results:

1. A comprehensive methodology combining cadastral data (DZK) and satellite images (Landsat, Sentinel-2) was developed and applied to create a multi-layer GIS database.

2. Index analysis was performed for an objective assessment of land condition: NDVI was used to monitor the productivity of agricultural land, and NBR and NDWI were used to identify degradation and water stress in forest areas.

3. An analysis of spatial changes in land use (LULC) was carried out, which made it possible to identify problem areas prone to degradation, illegal logging, or urbanization.

4. It was found that forest and agricultural lands in the southern regions of the Kyiv region are used most efficiently, while the northern regions require additional management measures due to declining productivity.

5. Scientifically based recommendations were developed for optimizing land use and implementing sustainable development principles.

Scientific novelty and practical significance: For the first time in the Kyiv region, a comprehensive GIS analysis of two key land categories was conducted in a unified system of indicators, a comparison of their use efficiency was made using spatial indicators, contrasting types of land use were identified, and problem areas were outlined. The recommendations developed can be used in regional planning and monitoring of land resources in the Kyiv region.

Keywords: GIS technologies, remote sensing (RS), NDVI, NBR, LULC analysis, Kyiv region, agricultural land, forest land, land use efficiency

Зміст

Зміст	5
Анотація	7
Вступ.....	11
1. Теоретичні основи оцінки використання земель	15
1.1. Землі сільськогосподарського та лісогосподарського призначення.....	15
1.2. Нормативно-правове забезпечення використання земель в Україні	17
1.2.1 Правова класифікація земель та їх цільове призначення.....	18
1.2.2 Землі сільськогосподарського призначення.....	19
1.2.3 Землі лісогосподарського призначення	20
1.2.4 Державний земельний кадастр як основа земельних відносин.....	20
1.2.5 Значення кадастру у забезпеченні законного використання земель.....	21
1.3. Роль ГІС і ДЗЗ у моніторингу земель.....	23
1.4 ГІС як основа просторового аналізу земель	25
1.5 Роль дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) у моніторингу земель	26
1.6 NDVI як ключовий індикатор стану рослинності.....	27
1.7 Інтеграція ГІС, ДЗЗ і штучного інтелекту	28
2. Природно-географічна характеристика Київської області	30
2.1. Адміністративно-територіальна структура	31
2.2. Природні умови	38
2.2.1 Значення дистанційного зондування для оцінки лісів	43
2.3. Структура землекористування, включаючи лісовий фонд	45
2.4 Сільськогосподарські землі.....	46
2.5 Лісовий фонд Київської області	47
2.6 Просторовий аналіз структури землекористування у ГІС.....	49

3. Методика дослідження	51
3.1. Джерела даних (кадастр, лісовий кадастр, супутникові знімки)	52
3.2. Побудова ГІС бази даних	56
3.3. Методи аналізу: NDVI для сільськогосподарських земель, NBR / NDWI для лісових масивів, аналіз змін площ	59
4. Практичний ГІС-аналіз даних	63
4.1. Карта використання сільськогосподарських земель	64
4.2. Карта лісових земель	66
4.3. Аналіз змін та виявлення проблемних ділянок (вирубки, деградація ґрунтів) ...	67
5. Напрями підвищення ефективності використання земель	70
5.1. Раціональне землеробство	71
5.2. Стале лісокористування	73
5.3. ГІС-моніторинг та рекомендації	76
6. Практична реалізація у середовищі QGIS	79
6.1 Підготовка та обробка даних	80
6.2 Методика впровадження практики практичного застосування у середовищі QGIS Київської області	83
Висновки до кваліфікаційної роботи магістра	87
Список використаних літературних джерел	90
Додаток А. Перевірка роботи на плагіат	97

Список використаних літературних джерел

1. [Земельний Кодекс України](#) [Електронний ресурс] затв. Верховною радою України 01.12.2002. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>. - (Дата звернення: 12.01.2024).
2. [Закон України «Про землеустрій»](#) » : за станом на 22 травня 2003р. / Верховна рада України. –Офіц. вид. – К. : Парлам.. вид-во, 2003. – 120 с. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15#Text>. - (Дата звернення: 12.01.2024)
3. [Закон «Про фермерське господарство»](#) [Електронний ресурс] затв. Верховною радою України 01.12.2003. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/973-15#Text> - (Дата звернення: 12.01.2024)
4. [Закон «Про сільськогосподарську кооперацію»](#) [Електронний ресурс] затв. Верховною радою України 01.12.2020. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/819-20#Text> - (Дата звернення: 12.01.2024)
5. [Закон «Про особисте селянське господарство»](#), [Електронний ресурс] затв. Верховною радою України 17.11.2005. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/742-15#Text> - (Дата звернення: 12.01.2024)
6. Землевпорядне проектування: Навчальний посібник / Т.С. Одарюк та ін. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 292 с.
7. Лісовий кодекс України – [Електронний ресурс] затв. Верховною радою України 21.01.1994. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12#Text> - (Дата звернення: 12.01.2024)
8. Водний кодекс України –[Електронний ресурс] затв. Верховною радою України 06.06.1995. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text> - (Дата звернення: 12.01.2024)

9. Закон України «Про охорону навколишнього середовища» [Електронний ресурс] затв. Верховною радою України 26.06.1991. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> - (Дата звернення: 12.01.2024)
10. Закон України «Про основи містобудування» [Електронний ресурс] затв. Верховною радою України 16.11.1992. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2780-12#Text> - (Дата звернення: 12.01.2024)
11. Законом України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України по збереженню родючості ґрунтів» [Електронний ресурс] затв. Верховною радою України 04.06.2009. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1443-17#Text> - (Дата звернення: 12.01.2024)
12. [Наказ про затвердження Класифікації видів цільового призначення земель](#) [Електронний ресурс] затв. Верховною радою України 01.11.2010. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1011-10#Text> - (Дата звернення: 12.01.2024).
13. Студентська навчальна звітність. Текстова частина (пояснювальна записка). Загальні вимоги до побудови, викладення і оформлення [Текст]: методичний посібник з додержання вимог нормоконтролю у студентській звітності. Харків: УкрДАЗТ, 2014. 54 с.
14. Богіра М.С. Землевпорядне проектування: теоретичні основи і територіальний землеустрій : навч. посіб. / М.. Богіра, В.І. Ярмолук; за ред.. к.е.н. М. С. Богіри. – Аграрна освіта, 2011. – 416 с.
15. Методичні вказівки до практичних і самостійної роботи з дисципліни «Землевпорядні вишукування і проектування» спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» / Батракова А.Г., Казаченко Л.М. – Х. : ХНАДУ. – 2018. – 48 с. – Режим доступу : <http://files.khadi.kharkov.ua>.
16. ДСТУ 3008-95. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. — К, 1995. — 38 с.
17. Методичні вказівки до виконання випускних кваліфікаційних робіт для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня всіх форм

навчання зі спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» освітньої програми «Геодезія, землеустрій та кадастр» / укладачі : Є. Б. Угненко, А. О. Шевченко, О. М. Ужвієва, Н. І. Сорочук ; кафедра вишукувань та проєктування шляхів сполучення, геодезії та землеустрою. - Харків: УкрДУЗТ, 2024. - 52 с

18. Закон України «Про охорону праці» від 14 жовтня 1992 р. № 2694-ХІІ. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1992, № 49, ст. 668. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>.

19. Класифікація сільськогосподарських земель як наукова передумова їх екологічнобезпечного використання / Д. С. Добряк, О. П. Канаш, Д. І. Бабміндра, І. А. Розумний – К.: «Урожай», 2007. – 464 с.

20. Канаш О.П., Принципові аспекти визначення оптимальних співвідношень земельних угідь / О.П. Канаш, А.Г. Мартин // Землеустрій і кадастр. - № 1. – 2009. – С. 18 – 25.

21. Бурлака Н. Оцінка земель як рушійний чинник регулювання та удосконалення земельних відносин // Землевпорядний вісник № 10, Київ, 2010. – С. 32-35.

22. Інвестиційний паспорт Київської області. Режим доступу :https://koda.gov.ua/wp-content/uploads/2021/12/invest-pasport_kyyivskoyi_obl.pdf?utm_source=chatgpt.com

23. Третьак А., Третьак В. Поняття, сутність та зміст раціонального використання землі: теорія, методологія та практика / А. Третьак, В. Третьак // Землевпорядний вісник. — 2015. — № 8. — С. 21—25.

24. Звіт про стратегічну екологічну оцінку проєкту програми соціально-економічного та культурного розвитку Київської області на 2024 рік. Режим доступу : https://koda.gov.ua/wp-content/uploads/2023/12/zvit-ekolog-oczinku.pdf?utm_source=chatgpt.com

25. Alexandre Dargains A GIS-based methodology for sustainable farming planning: Assessment of land use/cover changes and carbon dynamics at farm level. Режим доступу

[:https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837721005111?utm_source=chatgpt.com](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837721005111?utm_source=chatgpt.com).

26. Рогач С.М. Проблеми формування та збалансування інституціонального середовища сфери природокористування України. URL: <http://global-national.in.ua/archive/11-2016/128.pdf>
27. Третьак А.М., Третьак В.М. Концептуальні засади новітньої інституціонально-поведінкової економічної теорії для економіки землекористування України. MODERN PROBLEMS IN SCIENCE. Abstracts of VIII International Scientific and Practical Conference Prague, Czech Republic. November 09—12, 2020. С. 163—166.
28. Documentation for QGIS 3.40. Режим доступу : <https://docs.qgis.org/3.40/en/docs/index.html>
29. Anthea L. Mitchell, Ake Rosenqvist, Brice Mora Current remote sensing approaches to monitoring forest degradation in support of countries measurement, reporting and verification (MRV) systems for REDD+.Режим доступу : https://link.springer.com/article/10.1186/s13021-017-0078-9?utm_source=chatgpt.com.
30. Marzhan Sadenova, Nail Beisekenov, Petar Sabev Varbanov Assessing the effectiveness of RS, GIS, and AI data integration in analysing agriculture performance to enable sustainable land management. Режим доступу :https://link.springer.com/article/10.1007/s43621-024-00625-4?utm_source=chatgpt.com
31. Sha Huang, Lina Tang, Joseph P. Hupy, Yang Wang, Guofan Shao A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensingРежим доступу : https://link.springer.com/article/10.1007/s11676-020-01155-1?utm_source=chatgpt.com.
32. Romano Lottering, Kabir Peerbhay and Samuel Adelabu Remote Sensing Applications in Agricultural, Earth and Environmental Sciences. Режим доступу : https://www.mdpi.com/2076-3417/15/8/4537?utm_source=chatgpt.com
33. Наталя Головата Яким має бути новий районний поділ областей України: пропозиції експертів. Режим доступу : <https://uplan.org.ua/analytics/iakym-maie-butynovy-ia-raionnyi-podil-oblastei-ukrainy-propozytsii-ekspertiv/>

34. Інвестиційний паспорт Київської області. Режим доступу : https://koda.gov.ua/wp-content/uploads/2021/12/invest-pasport_kyyivskoyi_obl.pdf?utm_source=chatgpt.com
35. Hoekman, D.; Kooij, B.; Quiñones, M.; Vellekoop, S.; Carolita, I.; Budhiman, S.; Arief, R.; Roswintiarti, O. Wide-Area Near-Real-Time Monitoring of Tropical Forest Degradation and Deforestation Using Sentinel-1. *Remote Sens.* 2020, 12, 3263.
36. Kumar, S.; Meena, R.S.; Sheoran, S.; Jangir, C.K.; Jhariya, M.K.; Banerjee, A.; Raj, A. Chapter 5—Remote sensing for agriculture and resource management. In *Natural Resources Conservation and Advances for Sustainability*; Jhariya, M.K., Meena, R.S., Banerjee, A., Meena, S.N., Eds.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2022; pp. 91–135.
37. Sibiya, B.; Lottering, R.; Odindi, J. Discriminating commercial forest species using image texture computed from a WorldView-2 pan-sharpened image and partial least squares discriminant analysis. *Remote Sens. Appl. Soc. Environ.* 2021, 23, 100605
38. Hejmanowska, B.; Kramarczyk, P. Assessing Land Cover Changes Using the LUCAS Database and Sentinel Imagery: A Comparative Analysis of Accuracy Metrics. *Appl. Sci.* 2025, 15, 240.
39. Hussain, S.; Qin, S.; Nasim, W.; Bukhari, M.A.; Mubeen, M.; Fahad, S.; Raza, A.; Abdo, H.G.; Tariq, A.; Mousa, B.G.; et al. Monitoring the Dynamic Changes in Vegetation Cover Using Spatio-Temporal Remote Sensing Data from 1984 to 2020. *Atmosphere* 2022, 13, 1609
40. Zhang, Y.; Migliavacca, M.; Penuelas, J.; Ju, W. Advances in hyperspectral remote sensing of vegetation traits and functions. *Remote Sens. Environ.* 2021, 252, 112121.
41. Sarah Smith-Tripp 2020-22 Remote sensing as a tool for efficient forest health and landscape monitoring in Metro Vancouver's water supply areas. Режим доступу : https://sustain.ubc.ca/sites/default/files/2020-22_Remote%20sensing%20as%20a%20tool_Smith-Tripp.pdf?utm_source=chatgpt.com.
42. Bhunia, G.S.; Chatterjee, U.; Shit, P.K. Emergence and challenges of land reclamation: Issues and prospect. *Mod. Cartogr. Ser.* 2021, 10, 1–15.
43. Wongsai, N.; Wongsai, S.; Lim, A.; McNeil, D.; Huete, A.R. Impacts of spatial heterogeneity patterns on long-term trends of Moderate Resolution Imaging

Spectroradiometer (MODIS) land surface temperature time series. *J. Appl. Remote Sens.* 2020, 14, 014513.

44. Pu, R. Mapping Tree Species Using Advanced Remote Sensing Technologies: A State-of-the-Art Review and Perspective. *J. Remote Sens.* 2021, 2021, 9812624.

45. Marzhan Sadenova, Nail Beisekenov, Petar Sabev Varbanov Assessing the effectiveness of RS, GIS, and AI data integration in analysing agriculture performance to enable sustainable land management. Режим доступа : https://link.springer.com/article/10.1007/s43621-024-00625-4?utm_source=chatgpt.com

46. Karmakar P, Teng SW, Murshed M, Pang P, Li Y, Hao L. Crop monitoring by multimodal remote sensing: a review. *Remote Sens Appl Soc Environ.* 2024;33:101093. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2023.101093>.

47. Sun T, Cheng W, Abdelkareem M, Al-Arifi N. Mapping prospective areas of water resources and monitoring land use/land cover changes in an arid region using remote sensing and GIS techniques. *Water.* 2022;14:2435.

48. Xu X, Wu C, Xie D, Jie M. Sources, migration, transformation, and environmental effects of organic carbon in eutrophic lakes: a critical review. *Int J Environ Res Public Health.* 2023;20:860

49. Sadenova MA, Beisekenov NA, Apshikur B, Khrapov SS, Kapasov AK, Mamysheva AM, Klemeš JJ. Modelling of alfalfa yield forecasting based on earth remote sensing (ERS) data and remote sensing methods. *Chem Eng Trans.* 2022;94:697–702.

50. Rizwan Muhammad, Wenyin Zhang, Zaheer Abbas, Feng Guo and Luc Gwiazdzinski Spatiotemporal Change Analysis and Prediction of Future Land Use and Land Cover Changes Using QGIS MOLUSCE Plugin and Remote Sensing Big Data: A Case Study of Linyi, China. *Land* 2022, 11(3), 419; <https://doi.org/10.3390/land11030419>.

51. Delgado, E., Barboza, E., Rojas-Briceño, N.B. et al. Modeling and predicting land use and land cover changes using remote sensing in tropical coastal ecosystems of southern Peru. *Environ Sci Eur* 37, 139 (2025). [https://doi.org/10.1186/s12302-025-01181-](https://doi.org/10.1186/s12302-025-01181-y)

[y](#)

52. Thurstan RH (2022) The potential of historical ecology to aid understanding of human–ocean interactions throughout the Anthropocene. *J Fish Biol* 101:351–364. <https://doi.org/10.1111/jfb.15000>
53. Kushwaha K, Singh MM, Singh SK, Patel A (2021) Urban growth modeling using earth observation datasets, cellular Automata-Markov Chain model and urban metrics to measure urban footprints. *Remote Sens Appl Soc Environ*. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100479>
54. Lizundia-Loiola J, Otón G, Ramo R, Chuvieco E (2020) A spatio-temporal active-fire clustering approach for global burned area mapping at 250 m from MODIS data. *Remote Sens Environ* 236:111493. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111493>
55. Ruben GB, Zhang K, Dong Z, Xia J (2020) Analysis and projection of land-use/land-cover dynamics through scenario-based simulations using the CA-Markov model: a case study in guanting reservoir basin, China. *Sustain*. <https://doi.org/10.3390/su12093747>
56. Diaconu DC, Peptenatu D, Gruia AK et al (2025) The impact of urban expansion on land use in emerging territorial systems: case study Bucharest-Ilfov, Romania. *Agric* 15:1–15. <https://doi.org/10.3390/agriculture15040406>