

УДК 528.92

**СУЧАСНІ ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ У СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ
ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ**

А.О. Кошель, доктор економічних наук, доцент

*доцент кафедри геоінформатики і аерокосмічних досліджень Землі
Національний університет біоресурсів і природокористування України*

e-mail:koshel_a@nubip.edu.ua

Кошель Д.О., аспірант¹

*аспірант кафедри землевпорядного проектування
Національний університет біоресурсів і природокористування України*

e-mail:d.koshel@nubip.edu.ua

***Анотація.** У статті розглянуто вплив сучасних цифрових технологій на ефективність систем управління земельними ресурсами. Особливу увагу приділено аналізу ключових інновацій, таких як геоінформаційні системи (ГІС), дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) та блокчейн-технології, які стають основою для оптимізації процесів моніторингу, обліку та використання земельних ресурсів. Автори акцентують увагу на їх потенціалі щодо підвищення прозорості, точності та швидкості прийняття управлінських рішень.*

Дослідження охоплює практичні аспекти застосування цифрових інструментів у різних сегментах управління земельними ресурсами, таких як кадастрові обліки, регулювання землекористування та вирішення земельних спорів. Наведено приклади впровадження цифрових технологій у країнах світу та в Україні, що демонструють успішний досвід автоматизації обробки великих обсягів просторових даних. Окремо розглянуто питання інтеграції цифрових рішень у існуючі законодавчі та інституційні рамки.

Автори дослідили потенціал використання штучного інтелекту та великих даних у сфері управління земельними ресурсами. Зокрема, підкреслено

¹ науковий керівник доктор економічних наук, професор, член-кореспондент НААН України Мартин А.Г.

важливість застосування алгоритмів машинного навчання для прогнозування змін у землекористуванні, визначення ризиків деградації ґрунтів та підтримки сталого розвитку. Також відзначено роль автоматизованого аналізу супутникових даних у моніторингу екологічного стану земель.

Окремий акцент зроблено на викликах та обмеженнях, що постають перед впровадженням сучасних цифрових технологій. Серед них – недостатня цифровізація державних органів, обмежений доступ до високоякісних даних, а також ризики кібербезпеки. Наголошено на необхідності розроблення національної стратегії цифрової трансформації управління земельними ресурсами з урахуванням міжнародного досвіду.

У підсумку зазначено, що інтеграція цифрових технологій у системи управління земельними ресурсами сприяє їх модернізації та підвищує ефективність управлінських процесів. Стаття містить рекомендації для органів влади, наукових установ і бізнесу щодо подальшого розвитку та впровадження цифрових рішень для досягнення більш раціонального використання земельного фонду.

Ключові слова: *цифрові технології, геоінформаційні системи, дистанційне зондування Землі, управління земельними ресурсами, сталий розвиток.*

Актуальність. Сучасний розвиток суспільства неможливий без ефективного управління природними ресурсами, серед яких земельні ресурси займають ключове місце. Земля є основою економічної діяльності, джерелом продовольчої безпеки та невід’ємним елементом екологічної рівноваги. У зв’язку з цим виникає необхідність удосконалення систем управління земельними ресурсами, особливо в умовах швидкого розвитку цифрових технологій та глобалізації інформаційних процесів.

Використання цифрових технологій, таких як геоінформаційні системи, дистанційне зондування Землі, великі дані та блокчейн, створює нові можливості для ефективного моніторингу, аналізу та прогнозування змін у землекористуванні. Ці інструменти дозволяють забезпечити прозорість

кадастрових обліків, знизити ризики зловживань у земельних відносинах, а також підвищити точність і швидкість прийняття управлінських рішень. Водночас зростає попит на інтеграцію таких технологій у системи управління, що вимагає наукового обґрунтування та практичної реалізації.

В умовах зростаючих викликів, пов'язаних з урбанізацією, зміною клімату та деградацією земель, цифрові технології виступають важливим інструментом для підтримки сталого розвитку. В Україні, де значна частина земельних ресурсів перебуває у стані екологічної небезпеки, а системи управління часто залишаються застарілими, впровадження сучасних цифрових рішень є не лише перспективним, а й нагальним завданням.

Таким чином, стаття присвячена актуальним питанням інтеграції цифрових технологій у системи управління земельними ресурсами, що має важливе значення для підвищення їх ефективності, прозорості та сталості. Це дослідження спрямоване на визначення нових підходів до вирішення проблем землекористування, адаптованих до сучасних викликів і потреб суспільства.

Аналіз останніх наукових досліджень та публікацій. Дослідженням проблематики розвитку та автоматизації систем управління земельними ресурсами займалися такі вчені як Пуцентейло, П., Хома, Н., Бабій, С., В. Данькевич, Oukes, P., Van Andel, M., Folmer, E., Bennett, R., Lemmen, C. та ін.

Більшість останніх публікацій зводяться до того, що технології, які дозволяють ефективно використовувати земельні ресурси та зменшити екологічні втрати, одночасно сприяючи збільшенню та сталому виробництву, мають велике значення для досягнення продовольчої безпеки. Деякі існуючі інструменти і технології, такі як географічна інформаційна система (ГІС), дистанційне зондування (ДЗ), глобальна система позиціонування (GPS), штучний інтелект (ШІ), великі дані (Big Data), Аналітика та Інтернет речей (IoT) відіграють важливу роль у досягненні цієї мети і в поєднанні з іншими інформаційними даними надають інформацію, керовану даними, для цілеспрямованого управління земельними ресурсами.

В той же час, питання щодо широкого впровадження сучасних цифрових технологій у системах управління земельними ресурсами є порівняно новим та малодослідженим.

Метою дослідження є висвітлення науково-методичних підходів до формування сучасних цифрових технологій у системах управління земельними ресурсами.

Матеріали і методи наукового дослідження. Теоретико-методологічною основою дослідження є сучасні концептуальні підходи до проблеми впровадження сучасних цифрових технологій у системах управління земельними ресурсами. Пропонується використовувати комплекс методів, спрямованих на збір, обробку та аналіз даних, а також на оцінку їхнього впливу на прийняття управлінських рішень.

У процесі дослідження впровадження сучасних цифрових технологій у системи управління земельними ресурсами використано міждисциплінарний підхід, що поєднує методи геоінформаційного аналізу, математичного моделювання, а також порівняльного та емпіричного аналізу.

Інтеграція цифрових технологій сприяє підвищенню прозорості та ефективності у сфері управління земельними ресурсами, що відповідає сучасним викликам сталого розвитку.

Результати. Аналізуючи роботи вітчизняних науковців, слід зазначити, що в дослідженні [1] під інформаційним забезпеченням управління земельними ресурсами розуміється комплексний процес збору, обробки та подання даних, необхідних для прийняття управлінських рішень щодо використання земель на різних адміністративно-територіальних рівнях. Інформаційне та цифрове забезпечення земельних відносин відіграє ключову роль у вдосконаленні нормативно-правового регулювання та значно впливає на розвиток ринку землі, який офіційно розпочав функціонувати у 2021 році.

Ефективність управління земельними ресурсами значною мірою залежить від якості інформаційного забезпечення. Основними факторами, що визначають його успішність, є: актуальність, достовірність, доступність і своєчасність

інформації; оперативність у отриманні та обробці даних; технічне оснащення, впровадження ГІС-технологій; повнота інформації щодо земельних ресурсів та рівень фінансування відповідних систем. У перспективі цифрові системи землеустрою здатні забезпечити створення інтегрованих інформаційних платформ для оцінки якості й розташування сільськогосподарських земель, базуючись на інвентаризації, аналізі продуктивності та географічних особливостей. Вони також сприятимуть завершенню реформи вільного обігу земель сільськогосподарського призначення, удосконаленню земельних відносин, залученню кредитів під заставу землі та підвищенню ефективності функціонування аграрного сектору.

Особливу увагу в дослідженнях приділяється впровадженню цифрових технологій у діяльність аграрних підприємств. Зокрема, застосування ГІС і GPS-систем дозволяє автоматизувати управлінські процеси, скоротити витрати та покращити агротехнічні показники.

Роботи В. Данкевича та Є. Данкевича [2] акцентують увагу на широкому спектрі можливостей сучасних інформаційних технологій у сфері землеустрою та землекористування. Їх дослідження охоплюють такі аспекти, як використання ГІС, дистанційного зондування Землі та управління базами даних для оптимізації розподілу земельних ресурсів. Автори наводять приклади практичного використання цифрових інструментів для зменшення витрат і підвищення ефективності землекористування.

Цифровізація земельного кадастру, а також впровадження технологій Big Data та штучного інтелекту відкривають нові можливості для аналізу великих масивів даних, ефективного планування землекористування та моніторингу змін. Інтеграція громадськості через цифрові платформи сприяє підвищенню прозорості та відкритості управлінських процесів, знижує корупційні ризики та забезпечує доступність електронних послуг. Такий підхід дозволяє модернізувати управління земельними ресурсами та сприяти досягненню цілей сталого розвитку.

Автори приходять до висновків, що інформаційні інновації в управлінні земельними ресурсами відіграють критичну роль у підвищенні економічної ефективності аграрного сектору України. Цифрові технології, зокрема геоінформаційні системи та системи точного землеробства, дозволяють не лише оптимізувати використання ресурсів та мінімізувати екологічний вплив, але й значно підвищити продуктивність та рентабельність аграрного виробництва. Таке інтенсивне впровадження інформаційних технологій сприяє раціональному і прозорому управлінню земельними ресурсами, забезпечуючи важливу підтримку у вирішенні проблем продовольчої безпеки та економічної стабільності. Впровадження інновацій та інтернету речей у сільське господарство відіграє ключову роль у підвищенні економічної ефективності управління земельними ресурсами аграрних підприємств. Ці технології дозволяють збирати, аналізувати та використовувати великі обсяги даних для оптимізації сільськогосподарського виробництва, зменшення втрат та збільшення продуктивності. Впровадження модуля геоінформаційного визначення рівня вегетації є лише однією з інновацій, яка сприяє зростанню ефективності виробництва та забезпечує стійкий розвиток аграрного сектору. Реалізація таких проектів вимагає спільних зусиль галузевих гравців та навчально-дослідних установ, але його потенціал у створенні сучасного, ефективного та стійкого агропромислового комплексу надзвичайно великий. Використання сучасних геоінформаційних технологій, зокрема модуля геоінформаційного визначення рівня вегетації, є важливим кроком у напрямку досягнення цілей сталого розвитку сільського господарства. Такі інновації, спрямовані на оптимізацію виробництва та зменшення втрат, мають потенціал підвищити економічну ефективність управління земельними ресурсами аграрних підприємств. Процес інтеграції цих технологій в аграрну сферу вимагає спільних зусиль держави, бізнесу та навчально-дослідних установ. Такий підхід дозволить створити ефективну систему управління, яка б враховувала сучасні тенденції та потреби галузі, сприяючи її сталому розвитку.

Впровадження або оновлення інформаційних систем зазвичай починається з моделювання даних. У сфері управління земельними ресурсами, як і в інших галузях, цей процес є складним: складні закони та нормативні акти, тривалі технологічні процеси, розподілені організаційні обов'язки, різні кодифікації кодування і формати інформації, а також необхідність дотримання стандарту LADM ISO 19152.

Перехід від концепції системи до її реалізації - це непрямий шлях. Приклад Нідерландів [3] а саме, принцип побудови кадастрової організації Domain-Driven Design (Дизайн, керований доменом) (DDD), показує можливості підходу, який застосовується до сфери управління земельними ресурсами у більш широкому сенсі. Він показує, що можна по-різному підходити до розвитку земельної реєстрації. Цей підхід допомагає подолати складність впровадження шляхом запровадження більш гнучкої методики лише до проблемних питань, пов'язаних із залученням бізнесу, не обмежуючись лише технічними аспектами. Обираючи субдомени та зосереджуючись на питаннях взаємодії між ними, обсяг впровадження є менш складним. На рівні бізнесу та процесів існує проблема вирішення питань між цими субдоменами.

Стратегія розвитку нової системи зосереджується на розгляді транзакцій як подій, що більш точно відображає фактичні дії реєстрації (Zevenbergen, 2002; Vos and Roes, 2020). Цей підхід, орієнтований на події пропонує можливість вийти за межі системи, орієнтованої на державу, і дозволяє кращу простежуваність земельного кадастру, функціональність та інтероперабельність системи.

Це дає можливість здійснити масштабове впровадження впровадження LADM. Підхід, орієнтований на події, здається, особливо добре узгоджується з підходом, орієнтованим із системами реєстрації правовстановлюючих документів, але існує очевидна корисність і в системах, що базуються на правових титулах. На більш технічному рівні кейс "Кадастр" підтверджує, що зміна даних спрощується завдяки використанню стандартних форматів таких як XML, JSON та GML. Більше того, завдяки джерелу подій, інтероперабельність

та операціоналізація покращується завдяки слабко пов'язаним системам, що мають власні моделі, програмне забезпечення та платформи.

Сучасні цифрові технології, такі як геоінформаційні системи (ГІС) та штучний інтелект (ШІ), відіграють важливу роль у вдосконаленні управління земельними ресурсами. Впровадження цифрових двійників, які є віртуальними моделями фізичних об'єктів, відкриває можливості для моніторингу, аналізу та прогнозування змін у землекористуванні в реальному часі. Це сприяє оптимізації управлінських рішень, підвищенню ефективності використання ресурсів та зменшенню екологічного навантаження. В Україні такі практики лише починають розвиватися, тому важливо вивчити міжнародний досвід та оцінити можливості адаптації цих технологій для українських реалій.

Аналіз міжнародного досвіду свідчить про те, що впровадження цифрових двійників у сферу управління земельними ресурсами приносить значні переваги. Наприклад, у Великобританії в межах проєкту "Universal Digital Twin" було створено універсальний цифровий двійник для збору, управління та аналізу даних про землекористування. Цей двійник інтегрує геопросторову інформацію та дозволяє розробляти моделі для аналізу різних сценаріїв. Завдяки цьому можливо прогнозувати вплив різних варіантів використання земель на екосистему та енергетичні ресурси. В межах проєкту дані про землекористування об'єднуються з іншими інформаційними джерелами, зокрема щодо енергоспоживання та оцінки ризиків, що робить цю технологію універсальним інструментом для прийняття управлінських рішень [4].

У Південній Кореї цифрові двійники активно застосовуються для оптимізації управління земельними ресурсами. Зокрема, в місті Чонджу реалізовано пілотний проєкт, спрямований на підтримку політичних рішень шляхом інтеграції фізичних та цифрових даних у єдину систему. Використання цифрового двійника забезпечує моніторинг міських земель, їхнього екологічного стану та дозволяє проводити комплексний аналіз різних сценаріїв розвитку міської інфраструктури. Це особливо важливо для коректного управління міськими ресурсами, зокрема для ефективного планування забудови, зменшення

екологічного впливу на міське середовище та врахування соціально-економічних аспектів. Проєкт у Чонджу демонструє, як технологія цифрових двійників допомагає удосконалити управління землями, підвищуючи їх використання на благо суспільства та сталого розвитку [5].

Сучасне сільське господарство також активно використовує можливості цифрових двійників для підвищення ефективності землекористування. Зокрема, цифрові двійники у поєднанні з ГІС та ШІ є ключовими інструментами для точного землеробства, забезпечуючи високоточний моніторинг та прогнозування. Використання ШІ для обробки даних, зібраних з ГІС, дозволяє проводити симуляції та моделювання, які підтримують ухвалення оптимальних управлінських рішень. Наприклад, цифрові двійники надають можливість відслідковувати стан ґрунтів, вологість, температурні умови та інші агротехнічні параметри, що сприяє оптимізації використання водних і хімічних ресурсів, підвищенню врожайності та зниженню викидів парникових газів [6].

На основі проаналізованих в статті практик і досліджень як вітчизняних так і зарубіжних вчених було сформовано схему сучасних цифрових технологій які мають бути впроваджені у системах управління земельними ресурсами (рис.)

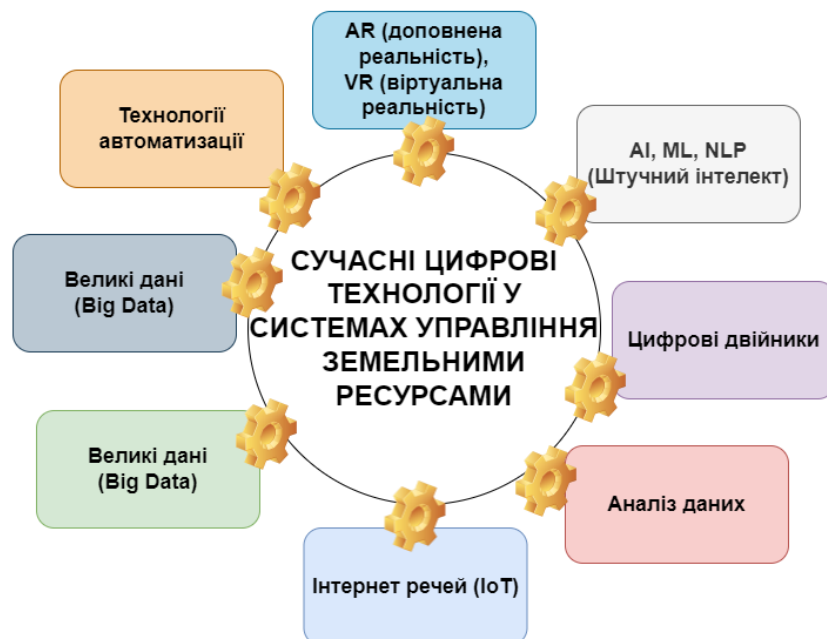


Рис. 1. Схема сучасних цифрових технологій які мають бути впроваджені у системах управління земельними ресурсами

Джерело: авторське

Основними програмними продуктами, які можуть бути впроваджені в системах управління земельними ресурсами є наступні: ChatGPT, DeepSeek, Tableau, ArcGIS Pro, Google Cloud, AWS, Azure, Confluence, AR application, тощо.

Інтеграція сучасних цифрових технологій у системи управління земельними ресурсами є важливим етапом їх модернізації, який сприяє підвищенню прозорості, ефективності та сталості управлінських процесів.

Аналіз великих обсягів даних за допомогою алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту відкриває нові можливості для прогнозування змін у землекористуванні, ідентифікації ризиків деградації ґрунтів та розробки стратегій адаптації до змін клімату.

Успішні приклади використання цифрових двійників у Великобританії та Південній Кореї демонструють перспективність інтеграції цих рішень у процеси управління земельними ресурсами. Україна може адаптувати ці практики для покращення управління сільськогосподарськими та міськими землями.

Ключовими напрями впровадження та розвитку цифрових технологій у системи управління земельними ресурсами мають бути наступні:

- Розробка національної стратегії цифровізації управління земельними ресурсами з урахуванням міжнародного досвіду.
- Використання цифрових двійників для інтеграції даних різних секторів, включаючи екологічні, соціальні та економічні аспекти землекористування.
- Створення інноваційних платформ для залучення громадськості до управління земельними ресурсами, що сприятиме підвищенню прозорості.

У середньостроковій перспективі цифрові технології відіграватимуть ключову роль у створенні сталих систем управління земельними ресурсами. Їх адаптація до умов України стане фундаментом для раціонального використання земель, забезпечення продовольчої безпеки та підтримки економічної стабільності.

Висновки. Таким чином, інтеграція ГІС та ШІ у створення цифрових двійників є перспективним напрямом для України, особливо в контексті сталого

розвитку. Використання цих технологій дозволить значно підвищити ефективність управління земельними ресурсами, забезпечити раціональне використання земель, підвищити прозорість управлінських процесів і мінімізувати ризики. Зважаючи на успішний досвід Великобританії, де цифровий двійник слугує універсальним інструментом для аналізу та прогнозування землекористування, та Південної Кореї, яка активно впроваджує цифрові двійники для оптимізації управління міськими земельними ресурсами, Україна може розглянути адаптацію таких рішень для своїх потреб. Інтеграція ГІС та ІІТ у процеси створення цифрових двійників допоможе українським управлінням забезпечити обґрунтованість рішень та підвищити якість планування. Таким чином, цифрові двійники можуть стати основою для більш ефективного управління земельними ресурсами, сприяючи не лише економічній, а й екологічній стійкості країни у довгостроковій перспективі.

Список використаних джерел:

1. Пуцентейло, П., Хома, Н., Бабій, С. Застосування новітніх інформаційно-цифрових технологій в управлінні земельними ресурсами сільськогосподарських підприємств. *Економічний дискурс*. 2023., №(1-2), С. 96-110. DOI: <https://doi.org/10.36742/2410-0919-2023-1-10>
2. Данкевич, В. Є., Данкевич, Є. Вплив інновацій та інтернету речей на підвищення економічної ефективності управління земельними ресурсами аграрних підприємств. *Актуальні проблеми економіки*. 2024. № 5 (275). С. 41-49. DOI: 10.32752/1993-6788-2024-1-275-41-49.
3. Oukes, P., Van Andel, M., Folmer, E., Bennett, R., & Lemmen, C. Domain-driven design applied to land administration system development: Lessons from the Netherlands. *Land Use Policy*. 2021., № 104., P. 1-11. DOI: 10.1016/j.landusepol.2021.105379
4. Akroyd, J., Harper, Z., Soutar, D., et al. Universal Digital Twin: Land use. *Data-Centric Engineering*. 2022., №3., P. 1-28. DOI:10.1017/dce.2021.21.

5. Purcell, W., Neubauer, T., Mallinger, K. Digital Twins in agriculture: challenges and opportunities for environmental sustainability. *Curr Opin Environ Sustain.* 2023., №61:101252., P. 1- 7. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.cosust.2022.101252>

6. Park, J., Choi, W., Jeong, T., Seo, J. Digital twins and land management in South Korea. *Land Use Policy.* 2023., №124:106442., P. 1-11. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106442>.

References

1. Putsenteilo, P., Khoma, N., Babii, S. (2023). Zastosuvannia novitnikh informatsiino-tsyfrovykh tekhnolohii v upravlinni zemelnymy resursamy silskohospodarskykh pidpryiemstv. [Application of the latest information and digital technologies in the management of agricultural enterprises' land resources]. *Economic Discourse*, 1-2, 96-110. [in Ukrainian].

2. Dankevych, V., Dankevych, Y. (2024). Vplyv innovatsii ta internetu rechei na pidvyshchennia ekonomichnoi efektyvnosti upravlinnia zemelnymy resursamy ahrarnykh pidpryiemstv. [The impact of innovations and the Internet of Things on improving the economic efficiency of land resource management in agricultural enterprises]. *Actual Problems of Economics*, 5(275), 41-49. [in Ukrainian]

3. Oukes, P., Van Andel, M., Folmer, E., Bennett, R., & Lemmen, C. (2021). Domain-Driven Design applied to land administration system development: Lessons from the Netherlands. *Land use policy*, 104, 105379. Doi: [10.1016/j.landusepol.2021.105379](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105379)

4. Akroyd, J., Harper, Z., Soutar, D., Farazi, F., Bhawe, A., Mosbach, S., & Kraft, M. (2022). Universal digital twin: Land use. *Data-Centric Engineering*, 3, e3. doi:[10.1017/dce.2021.21](https://doi.org/10.1017/dce.2021.21).

5. Purcell, W., Neubauer, T., & Mallinger, K. (2023). Digital Twins in agriculture: Challenges and opportunities for environmental sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 61, 101252. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2022.101252>

6. Park, J., Choi, W., Jeong, T., & Seo, J. (2023). Digital twins and land management in South Korea. *Land Use Policy*, 124, 106442. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106442>.

Koshel A., Koshel D.

MODERN DIGITAL TECHNOLOGIES IN LAND MANAGEMENT SYSTEMS

Abstract. *Modern development of society is impossible without effective management of natural resources, among which land resources play a key role. Land is the basis of economic activity, a source of food security and an integral element of ecological balance. In this regard, there is a need to improve land management systems, especially in the context of the rapid development of digital technologies and the globalisation of information processes.*

The use of digital technologies, such as geographic information systems, remote sensing, big data and blockchain, creates new opportunities for effective monitoring, analysis and forecasting of land use changes. These tools help to ensure transparency of cadastral records, reduce the risks of abuse in land relations, and increase the accuracy and speed of management decision-making. At the same time, there is a growing demand for the integration of such technologies into management systems, which requires scientific justification and practical implementation.

In the face of growing challenges related to urbanisation, climate change and land degradation, digital technologies are an important tool for supporting sustainable development. In Ukraine, where a significant portion of land resources is in a state of environmental hazard and management systems often remain outdated, the introduction of modern digital solutions is not only promising but also urgent.

Thus, this article focuses on the current issues of integrating digital technologies into land management systems, which is essential for increasing their efficiency, transparency and sustainability. This study is aimed at identifying new approaches to solving land use problems adapted to modern challenges and needs of society.

Key words: *digital technologies, geographic information systems, remote sensing, land management, sustainable development.*