



**ЦИФРОВА ЕКОНОМІКА ТА
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ**
Digital Economy and Information Technologies

УДК 65.012.8:528.8:004.89

**НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕННЯ УПРАВЛІННЯ КОРПОРАТИВНИМ ПРОЄКТОМ
ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ**

*Оксана Хілуха,
Кафедра економіки
Луцький Національний Технічний Університет
Луцьк, Україна*

Анотація – У роботі представлено комплексний підхід до управління проєктами дистанційного зондування (ДЗ) в умовах цифровізації економіки. Розглянуто перехід від фрагментарного використання супутникових даних до створення цілісного інформаційно-аналітичного середовища, що інтегрує дані супутників (зокрема Sentinel-1/2), безпілотних літальних апаратів, радарних сенсорів та наземних мереж.

Особливу увагу приділено розробці математичного алгоритму інтелектуального вибору виконавців та постачальників на основі об'єктивних верифікованих даних, що дозволяє мінімізувати корупційні ризики та людський фактор. Висвітлено роль штучного інтелекту у прогнозуванні ризиків, автоматизованому плануванні ресурсів та формуванні концепції «цифрової довіри» через смарт-контракти.

Практична значущість дослідження полягає у можливості підвищення економічної ефективності в аграрному секторі, енергетиці, екології та будівництві, а також у зміцненні конкурентоспроможності ракетно-космічної галузі на світовому ринку.

Ключові слова - дистанційне зондування Землі, управління проєктами, цифрова економіка, штучний інтелект, математичне моделювання, цифрова довіра, космічні послуги.

І.ВСТУП

У сучасних умовах стрімкого розвитку світової економіки, що набуває рис економіки знань і цифрової економіки, виникає нагальна потреба у створенні національних цифрових платформ для збору, обробки, зберігання та розповсюдження даних дистанційного зондування Землі. Такі платформи мають забезпечувати інтереси громадян, бізнесу та органів влади, ставши фундаментом подальшого розвитку цифрової економіки країни.

Незважаючи на наявність різних технологій дистанційного зондування Землі, відсутність єдиного системного підходу до інтеграції багатоджерельних даних і інтелектуального аналізу у процесі управління проєктами створює суттєві бар'єри для ефективного використання отриманої інформації. Існуючі методи часто фрагментарні, що ускладнює формування цілісного уявлення про стан об'єкта та динаміку його змін. Відсутність автоматизованих інструментів прогнозування і управління ресурсами на основі зондувальних даних призводить до нераціонального витрачання коштів, затримок у реалізації проєктів і підвищеного ризику корупційних зловживань. В умовах зростаючих вимог до ефективності та прозорості державних і корпоративних проєктів

проблема створення інтелектуальних, адаптивних і інтегрованих систем дистанційного зондування Землі набуває ключового значення.

Питання аналізу та вдосконалення технологій та методів управління системами дистанційного зондування в останні роки знайшли значне відображення в працях вітчизняних вчених.

С. Бабійчук проаналізував досвід упровадження технологій дистанційного зондування Землі в освітній процес Малої академії наук України та виокремив десять етапів розвитку цієї інновації. Він порівняв міжнародні освітні проєкти, що використовують супутникові знімки, з українськими ініціативами та охарактеризував їхню результативність. Автор представив модель власної інформаційно-освітньої системи підготовки учасників до роботи з технологіями дистанційного зондування та окреслив сучасний стан і перспективи подальшого розвитку цієї інновації [1].

У статті [2] М. Борцова, С. Березіна, О. Козлова розробили методіку вибору оптимального джерела даних дистанційного зондування Землі для розв'язання розвідувальних задач. Вони визначили ключові критерії оцінювання—ймовірність виявлення об'єкта, актуальність даних, точність координат та трудомісткість оброблення. Також запропонували методіки оцінювання цих критеріїв і вдосконалили попередній підхід до визначення ймовірності виявлення, доповнивши його аналізом яскравісних і колірних відмінностей об'єкта та фону

Д. Васільєв і Т. Ільєнко узагальнили світовий і національний досвід використання даних супутникового спостереження для моніторингу опустелювання та деградації земель. Вони проаналізували результати застосування математичних моделей, геоінформаційних систем і наземних спостережень для визначення територій, схильних до деградації. Автори також розглянули особливості адаптації моделей до локальних умов і напрацювання українських дослідників у сфері моніторингу агроландшафтів. Крім того, вони окреслили перспективи розвитку методик дистанційного спостереження для уникнення ризиків пов'язаних з деградаційними процесами [3].

О.Голуб провів комплексний аналіз чинного законодавства України у сфері дистанційного зондування Землі, дослідив ключові аспекти нормативного та інституційного регулювання. Він також окреслив напрями модернізації правового регулювання дистанційного зондування Землі для формування ефективної системи цифрової економіки [4].

Автори А. Гурова і В. Малолітнева дослідили механізм здійснення публічних закупівель у сфері забезпечення державних установ послугами дистанційного зондування Землі. Вони проаналізували переваги централізації закупівель, особливості статусу Національного центру управління і випробовування космічних засобів та його роль як замовника або посередника. Автори визначили порядок формування запитів, умови здійснення закупівель і передачі створених інформаційних продуктів органам влади. Також вони вивчили міжнародний досвід і запропонували процедури, що можуть оптимізувати витрати бюджету та підвищити ефективність закупівель [5].

Учені В. Колобродов, М. Лихоліт, В. Тягур, Б. Пінчук, М. Луцюк, проаналізували проблему здоров'я космічних оптико-електронних систем та, як наслідок, необхідність знімання під довільними кутами, що може спричинити спотворення зображень. Вони удосконалили фізико-математичну модель модуляційної передавальної функції і запропонували спосіб врахування зміни просторових частот та атмосферних факторів [6].

У статті [7] В. Марущак і Т. Волинець розробили методи, технології та засоби створення інформаційної системи для дешифрування зображень на основі аерокосмічних технологій. Вони обґрунтували необхідність використання дистанційного зондування Землі для отримання оперативних і високоточних даних та

забезпечення ефективного моніторингу територій і об'єктів. Автори сформувавши підходи до автоматичного розпізнавання й аналізу супутникових та аерофотознімків, що підвищує точність і швидкість ідентифікації об'єктів і змін довкілля. Також показано можливості застосування даних високої роздільної здатності для оцінки техногенних впливів, екологічних ризиків та підтримки рішень у сферах безпеки й екологічного управління.

М. Попов дослідив застосування методів і технологій дистанційного зондування для розв'язання важливих прикладних завдань у сфері геоекологічної безпеки. Він проаналізував теоретичні та методичні напрацювання, що дозволяють комплексно поєднувати космічні та наземні інформаційні системи під час дослідження об'єктів літосфери, гідросфери та атмосфери. У доповіді також розглянуто практичні впровадження цих розробок у екологічній, соціально-економічній та кліматичній сферах. Автор показав ефективність використання цих технологій для моніторингу та оцінки стану довкілля [8].

О. Тараріко проаналізував історичний розвиток дистанційного агроекологічного моніторингу та показав, як удосконалення супутникових технологій розширило можливості їх застосування в аграрній сфері. Він детально розглянув формування програми супутникового моніторингу «Агрокосмос», її концепції, завдання та результати. Також автор оцінив ефективність супутникових даних для дослідження агроландшафтів, змін клімату, деградації земель і окреслив напрями подальшого розвитку програми та удосконалення системи моніторингу [9].

П. Хорольський виявив дисбаланс між великими обсягами отримуваних даних і дуже малим відсотком їх практичного застосування, провів порівняльний аналіз підходів різних країн до фінансування й організації галузі дистанційного зондування Землі [10].

В даній роботі представлені результати застосування концептуального підходу до моделювання системи дистанційного зондування Землі для подальшого спостереження за об'єктами проєкту, що базується на мультиджерельному зборі даних, інтелектуальному аналізі та автоматизованому управлінні ресурсами. Дослідження спрямоване на визначення основних принципів інтеграції космічних, аерофотознімальних, геодезичних і сенсорних даних у єдину цифрову платформу, а також на розробку математичних алгоритмів інтелектуального вибору виконавців і джерел постачання на основі об'єктивної інформації дистанційного зондування Землі. Впровадження таких систем у державне та корпоративне управління повинна привести до підвищення економічної ефективності проєктів.

II. МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У дослідженні застосовано комплексний підхід, що охоплює моделі збору, інтеграції, аналізу та інтерпретації даних дистанційного зондування Землі у контексті управління проєктами. Методи дослідження ґрунтуються на поєднанні геоінформаційного аналізу, аналітичних моделей штучного інтелекту, прогнозування, просторової економічної аналітики та системного підходу до управлінського циклу.

Математичний алгоритм інтелектуального вибору виконавця робіт проєкту з урахуванням даних дистанційного зондування об'єктів проєкту виглядатиме наступним чином. Ключовим моментом космічної системи є здатність системи в автоматичному режимі без участі людини підбирати оптимальних постачальників під час виконання проєкту.

На підставі проєктної документації, а також об'єктивних даних космічного спостереження можна сформулювати вимоги до виконавців проєкту та спостерігати за

виконанням робіт проєкту. Далі, можна знайти найбільш відповідного та відповідального виконавця проєкту будь-якого етапу проєкту, що розглядається.

Розглянемо формальну модель відбору виконавців у проєкт. Для кожного етапу проєкту можна сформулювати необхідні чи бажані параметри виконавців. Нехай кількість таких параметрів дорівнює n .

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n),$$

Тоді можна ввести n -мірну функцію, яка описує ці параметри, де кожен компонент може приймати значення.

$$x_i = \begin{cases} +1 \\ -1 \end{cases}$$

Значення $+1$ означає, що перша вимога пред'являється до виконавця, а -1 – вимога не пред'являється. Пошук оптимальних виконавців для виконання проєкту можна розглядати як процес підбору необхідних якостей притаманних виконавцям проєкту, які виконують різні роботи проєкту (x^1, x^2, \dots, x^m).

Нехай ми маємо m потенційних робіт проєкту. Кожен виконавець має свій набір якостей, які необхідні для виконання проєкту.

$$\begin{cases} x^1 = x_1^1, x_2^1, \dots, x_n^1 \\ x^2 = x_1^2, x_2^2, \dots, x_n^2 \\ \dots \\ x^m = x_1^m, x_2^m, \dots, x_n^m \end{cases} \quad (1)$$

Далі пред'являється опис вимог проєкту, який також описується у вигляді функції:

$$y = (y_1, y_2, \dots, y_n).$$

Зауважимо, що процедура автоматичного вибору виконавців проєкту може бути здійснена за допомогою інтелектуальних методів обробки інформації тільки на підставі об'єктивної інформації, одержуваної за допомогою дистанційного зондування виконавців проєкту. Аналогічний алгоритм може бути запропонований для визначення джерел постачання матеріалів.

Особливе значення у наданні космічних послуг разом із обробкою даних для вирішення державних завдань є підвищення економічної ефективності проєкту. Космічні послуги дають можливість обґрунтувати та оцінити якість прийнятих управлінських рішень.

Можливості інтелектуальної обробки даних дистанційного зондування об'єктів проєкту можуть суттєво підвищити економічну ефективність використання результатів ракетно-космічної діяльності. Якщо ракетно-космічна галузь запропонує кінцевим споживачам як послуги дистанційного зондування промислового об'єкту, то це зможе, з одного боку, різко збільшити додану вартість сервісів, а, з іншого боку, забезпечити економічний ефект від використання результатів ракетно-космічних послуг іншим галузям економіки та збільшити економічну ефективність самої ракетно-космічної сфери економічної діяльності.

III. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дистанційне зондування Землі є технологією комплексного просторового і фізичного моніторингу, що використовує різноманітні джерела даних: супутникові

знімки, безпілотну аерофотозйомку, радарні та теплові сенсори, 3D-моделі, геодезичні виміри, а також інформацію з сенсорних мереж і метеостанцій.

Дистанційне зондування Землі дає можливість провести дистанційне зондування проєктів, які змінюються в часі у результаті виконання робіт проєкту або протікання природних процесів. Головна ідея полягає в тому, що зондування забезпечує багатовимірний, безперервний контроль за змінами на об'єкті, включаючи не лише візуальні трансформації, а й фізико-хімічні процеси, що впливають на стабільність і ефективність реалізації проєкту.

Цифровізація сучасної світової та національної економік потребує комплексного й системного дистанційного зондування об'єктів проєктів. Таке зондування є не лише методом отримання візуальної або аналітичної інформації, а є основою інтегрованої, об'єктивної бази даних для прийняття управлінських та економічних рішень. Дистанційне зондування об'єктів проєкту виступає не ізольований процес, а етап у повному циклі аналізу, планування, реалізації, моніторингу та оцінки результативності проєктів різного масштабу, від інфраструктурних до аграрних чи екологічних.

Поглиблений підхід до дистанційного зондування передбачає багаторівневе вивчення об'єкта — від супутникової оптичної й радіолокаційної зйомки, до аерофотозйомки з безпілотників і наземного інтелектуального аналізу. Саме інтеграція цих джерел дозволяє досягти високої роздільної здатності даних, виявлення динамічних змін, структурних дефектів, невідповідностей між проєктною документацією та фактичним станом об'єкта. Наприклад, при будівництві великого об'єкта можна спочатку провести супутникову зйомку для визначення просторового розміщення, потім — безпілотну зйомку для отримання детальної геометрії, і, нарешті, залучити радарне дистанційне зондування для фіксації змін, невидимих для ока, наприклад, просідань ґрунтів чи мікротріщин у спорудах.

Дистанційне зондування стає ядром процесу аналізу ефективності управлінських рішень. Воно дозволяє виконати математичну верифікацію як проєктної документації, так і фактичного стану об'єкта, що, в свою чергу, забезпечує можливість моделювання фінансових потоків, навантаження на логістику, споживання ресурсів, прогнозування економічної доцільності кожного етапу реалізації проєкту.

Дані дистанційного зондування — це також потужний інструмент виявлення аномалій, що можуть бути ознакою зловживань або відхилень від плану. Наприклад, якщо фактичний обсяг будівництва не відповідає задекларованому у звітності, або темпи зведення значно менші, ніж зазначено у контрактах, система на основі даних дистанційного спостереження та штучного інтелекту виявить цю невідповідність та сформулює аналітичний висновок для контролюючих органів.

Особливої значущості набуває дистанційне зондування у контексті об'єктивізації системи вибору постачальників та виконавців робіт. Підходи, засновані на аналізі попередніх проєктів, історії виконання робіт, логістичних можливостей і відповідності регіональному ресурсному забезпеченню, дозволяють системі автоматично підбирати надійних партнерів, виключаючи людський фактор. Такий механізм, що ґрунтується на реальних даних, а не на суб'єктивному факторі, дає змогу суттєво зменшити вплив корупційних ризиків і підвищити ефективність розподілу бюджетних коштів.

На особливу увагу заслуговує розвиток алгоритмів, що не лише збирають дані, а й автоматично визначають оптимальні способи зйомки залежно від типу об'єкта, фази проєкту, погодних умов, технічних характеристик і необхідної точності. Наприклад, система може самостійно вирішити, що для певної ділянки автодороги доцільно застосувати радарну зйомку через високу вірогідність зсувів або підтоплень, а для контролю якості будівництва багатоповерхівок — оптичну стереозйомку у поєднанні з 3D-моделюванням.

У результаті такої інтеграції дистанційне зондування у систему управління проектами формується унікальний економічний контур, де дані перетворюються на дієві економічні рішення. Більше того, саме дистанційне зондування є джерелом об'єктивної інформації, на якій можуть базуватися нові системи сертифікації, аудиту, управління ризиками, планування діяльності проекту.

Дистанційне зондування набуває не лише прикладного, а стратегічного значення: воно виступає ключовою інфраструктурною платформою нової економіки — прозорої, підконтрольної, ефективної. Розробка національної системи комплексного дистанційне зондування об'єктів проектів та її глибока інтеграція з системами штучного інтелекту стане важливим кроком на шляху не лише до економічного зростання, але й до якісного перетворення управлінської культури, державного контролю та взаємодії бізнесу з владою. У результаті виконання проекту космічна система набуває значної доданої вартості. Розглянута схема застосування космічної системи дозволить не тільки принести істотну користь для підвищення економічної ефективності галузей промисловості, але й отримає додаткові можливості для кардинального розвитку власної ракетно-космічної галузі підвищивши її конкурентоспроможність на внутрішньому та зовнішньому ринках космічних послуг.

У контексті всеосяжної цифровізації економіки та управління, подальший розвиток системи дистанційного зондування об'єктів проекту набуває системного і стратегічного значення. Йдеться вже не лише про фрагментарне використання космічних або безпілотних знімків, а про створення цілісного інформаційно-аналітичного середовища, в якому кожен об'єкт, кожна стадія проекту — від планування до завершення — перебуває під об'єктивним, безперервним контролем. Таке середовище функціонує на основі трьох ключових складових: систематичного збору даних, їх інтелектуального аналізу та безпосередньої інтеграції в процес прийняття рішень. Універсальність цього підходу дозволяє адаптувати його під різні галузі: інфраструктуру, агропромисловий комплекс, екологічний моніторинг, енергетику, містобудування.

Дистанційне зондування у такій системі не обмежується візуальним наглядом за змінами. Це багатовимірне дослідження, що дозволяє відслідковувати навіть ті зміни, які не фіксуються візуально — наприклад, зміну структури ґрунтів, початок ерозійних процесів, деформації споруд чи зсуви. На підставі багатоспектрального аналізу знімків, даних з теплових сенсорів, радарних даних і 3D-моделей можна отримати комплексне уявлення про стан об'єкта, його стабільність, відповідність проектним характеристикам і прогноз розвитку ситуації. Це, у свою чергу, формує підґрунтя для точного прогнозування економічних наслідків: витрат на усунення дефектів, строків затримки, необхідності перегляду плану постачань або змін у контракті.

Один з головних напрямів розвитку — автоматизоване планування ресурсів, яке базується на результатах дистанційного зондування об'єктів проекту. Так, система, проаналізувавши геометричні та фізичні параметри об'єкта, може розрахувати точну потребу в будівельних матеріалах, техніці, людських ресурсах, енергетичних потужностях. Це дозволяє ще на етапі планування уникнути перенавантаження логістичних ланцюгів, нераціонального витрачання ресурсів та скоротити витрати на кожному етапі. Додатково, ці розрахунки можуть автоматично звірятися з нормативно-правовими базами і технічними стандартами, забезпечуючи юридичну коректність у подальших закупівлях і контрактах.

Особливо важливою є функція зворотного зв'язку в системі дистанційного зондування об'єктів проекту: у випадку, якщо моніторинг фіксує відхилення від графіку або плану, система здатна не лише зафіксувати проблему, а й сформулювати алгоритм її вирішення. Наприклад, якщо виявлено затримку на певній ділянці будівництва, інтелектуальна система може запропонувати зміну виконавця, перенесення частини

ресурсів із суміжного проєкту або перегляд логістики доставки матеріалів. Таким чином, дистанційного зондування об'єктів проєкту набуває властивостей управлінського радника, що не лише інформує, а й пропонує рішення.

У глобальному вимірі така система може виступати як частина національної платформи просторових і економічних даних, яка об'єднує не лише відомості про поточні проєкти, а й формує аналітику для стратегічного планування територій, оцінки інвестиційної привабливості, визначення зон ризику і пріоритетних напрямів розвитку. Вона також дозволяє автоматизувати аудит проєктів, особливо бюджетних, і забезпечити незалежну перевірку відповідності між кошторисною документацією, фактичним виконанням та якістю результату. Це дозволить державі і бізнесу не лише підвищити прозорість, а й зміцнити довіру між замовником, підрядником і фінансовими інституціями.

Дистанційне зондування об'єктів проєкту — це вже не просто допоміжний технологічний процес, а основа нової управлінської парадигми, де рішення ухвалюються на підставі точних, повних і об'єктивних даних. Це фундамент цифрової трансформації не лише окремих галузей, а й усього механізму управління розвитком країни. Створення національної платформи дистанційного зондування об'єктів проєкту з інтегрованими сервісами штучного інтелекту, машинного навчання, великих даних і просторової аналітики є не лише перспективним, а й критично необхідним кроком до побудови економіки майбутнього — ефективної, прозорої, стійкої й орієнтованої на інтереси суспільства.

Важливим аспектом подальшого розвитку системи дистанційного зондування об'єктів проєкту є створення інтегрованої цифрової інфраструктури, що об'єднує джерела даних різної природи — супутникові знімки, безпілотну аерофотозйомку, геодезичні дані, інформацію з сенсорних мереж, метеодані та нормативно-довідкову базу. Така мультиджерельна архітектура забезпечить всебічне уявлення про об'єкт, середовище його функціонування та зміни в динаміці. Завдяки цьому виникає можливість не тільки оперативного виявлення проблем, але й передбачення їх ще до появи — через побудову прогностичних моделей, які враховують вплив як природних, так і економічних факторів.

Особливої ваги набуває концепція, в якій система не лише реагує на події, а й попереджує їх, моделюючи оптимальні сценарії дій. Так, у випадку з інфраструктурним будівництвом, система може виявити, що через прогнозовані зливи в регіоні є ризик затоплення котловану, і автоматично запропонувати зміну графіку або організацію відведення води. У випадку з агропроєктами — визначити ймовірність захворювань рослин на підставі вегетаційних індексів та історичних кліматичних даних, запропонувавши оптимальні дати обробки посівів. Усе це реалізується завдяки можливостям дистанційного зондування об'єктів проєкту, моделювання та штучного інтелекту.

Значну роль відіграє і концепція «цифрової довіри». На основі об'єктивних, перевірених даних формуються прозорі цифрові протоколи взаємодії між учасниками проєкту: замовником, підрядником, постачальниками, органами контролю. Кожен крок — від оцінки об'єкта до оплати за виконані роботи — фіксується в системі, яка є верифікованою і незмінною. Це знижує ризики шахрайства, мінімізує вплив людського фактору, створює підґрунтя для застосування смарт-контрактів, коли фінансові зобов'язання виконуються автоматично після досягнення певних заздалегідь зафіксованих умов.

Крім того, по мірі накопичення даних, система може навчатися — щоразу покращуючи алгоритми обробки, аналізу і прогнозування. Це відкриває шлях до створення адаптивних систем, які вдосконалюють себе з кожним новим проєктом.

Завдяки цьому держава, муніципалітети, інвестори та бізнес отримують можливість приймати рішення, базуючись на глибокій історичній і просторовій аналітиці.

Окремої уваги заслуговує застосування цієї технології у сферах, що традиційно мають високі ризики неефективності та зловживань — таких як великі інфраструктурні програми, розподіл бюджетних субсидій, земельні питання, екологічний контроль. Саме тут впровадження системи на базі даних дистанційного зондування об'єктів проєкту дозволяє перевіряти фактичну ситуацію на місцях, незалежно від місцевих чиновників чи підрядників. Зокрема, це важливо у віддалених або складнодоступних регіонах, де традиційні методи контролю є технічно або економічно неможливими.

У глобальній перспективі така система може стати елементом міжнародної співпраці — зокрема у спільному використанні супутникових даних, розробці єдиних стандартів обробки інформації, підготовці фахівців і розвитку єдиного ринку космічних послуг.

Таким чином, розвиток системи дистанційного зондування об'єктів проєкту — це не просто модернізація одного з етапів реалізації проєкту. Це фундамент для створення нової архітектури прийняття рішень, де кожна дія базується на перевірених даних, прогнозах і об'єктивному аналізі. Це інструмент, що дозволяє зменшити витрати, підвищити ефективність, знизити корупційні ризики і прискорити розвиток країни. Це шлях до формування цифрової держави — відкритої, розумної, сильної.

Розбудова системи дистанційного зондування та її впровадження в державне та корпоративне управління відкриває шлях до нового рівня прозорості, передбачуваності та відповідальності у процесах прийняття рішень. Завдяки інтеграції точних геопросторових даних з цифровими моделями об'єктів і територій, суспільство отримує інструмент не лише для фіксації поточного стану, а й для формування довгострокових стратегій розвитку з урахуванням об'єктивних показників.

Так, в умовах швидкої урбанізації зростає потреба в розумному плануванні територій, де система дистанційного зондування може аналізувати тенденції змін — зростання забудови, зміщення зелених зон, тиск на інженерну інфраструктуру. На основі цих даних формуються просторові прогнози, які допомагають міським адміністраціям приймати рішення щодо розвитку транспорту, мереж водопостачання, зонування житлових і промислових кварталів, не допускаючи надмірного навантаження на ресурси.

У галузі енергетики, зокрема відновлюваної, системи спостереження допомагають аналізувати потенціал територій для встановлення вітрових та сонячних електростанцій, оцінюючи рельєф, кліматичні умови, рівень інсоляції та близькість до споживачів. Таке обґрунтування дає змогу реалізовувати енергетичні проєкти на оптимальних ділянках, підвищуючи ефективність інвестицій та знижуючи витрати на інфраструктуру.

В аграрному секторі дистанційне зондування дає змогу реалізувати принцип точного землеробства: визначати стан ґрунтів, моніторити розвиток культур, виявляти локальні проблеми (засуха, надлишок вологи, шкідники) та своєчасно вживати заходів. Це зменшує втрати врожаю, сприяє раціональному використанню добрив та зменшує вплив на довкілля. Таким чином, формується сучасна аграрна система, що поєднує високу продуктивність з екологічною відповідальністю.

Не менш значущим напрямом є використання таких даних у сфері логістики та транспортного планування. Завдяки аналізу дорожньої інфраструктури, інтенсивності руху та територіальних особливостей можна оптимізувати маршрути вантажоперевезень, створювати обґрунтовані схеми руху громадського транспорту, уникати перевантажень на дорогах, що позитивно впливає на термін служби інфраструктури та комфорт користувачів.

У секторі охорони довкілля дистанційне зондування забезпечує постійний нагляд за лісовими масивами, водними ресурсами, станом берегової лінії, заповідними зонами.

Аналіз динаміки змін дозволяє визначати потреби в природоохоронних заходах, формувати ефективні плани збереження ресурсів, забезпечувати гармонійний розвиток територій з урахуванням екологічного балансу.

Ключову роль у впровадженні таких рішень відіграє цифрова освітня трансформація — підготовка нової генерації фахівців, які здатні працювати з просторовими даними, розуміти специфіку галузевих процесів і використовувати сучасні аналітичні системи. Це означає, що вищі навчальні заклади та науково-дослідні центри мають адаптувати свої програми, вводити спеціалізації, пов'язані з геоінформатикою, аналітикою супутникових даних, моделюванням сценаріїв розвитку територій.

У результаті формується новий тип взаємодії між технологіями, державою, бізнесом і суспільством — заснований на об'єктивності, точності, відкритості та довготривалій перспективі. Завдяки такому підходу стає можливим забезпечити гармонійне зростання регіонів, розвиток інфраструктури, збереження природних ресурсів та впровадження інновацій у щоденні управлінські процеси.

Розглянемо проєкт моніторингу змін земної поверхні (рослинності, забудови, вологості ґрунтів) з використанням космічних знімків Sentinel-1/2. Для задач дистанційного зондування Землі візьмемо $n = 6$ параметрів, які характерні для виконавців, що працюють з задачами дистанційного зондування Землі:

Вимогами до організації, яка може реалізувати такий проєкт, будуть такі параметри:

- $x_1 = +1$ (потрібні супутникові дані),
- $x_2 = +1$ (потрібна автоматизована обробка),
- $x_3 = +1$ (потрібні фахівці),
- $x_4 = +1$ (потрібний досвід),
- $x_5 = +1$ (потрібні ML/AI методи),
- $x_6 = +1$ (оперативність обов'язкова).

Отже, вектор вимог:

$$y = (+1, +1, +1, +1, +1, +1),$$

де $+1$ вимога виконується; -1 вимога не виконується; 0 вимога частково виконується.

Можливими виконавцями такого проєкту можуть бути:

1. Львівський центр Інституту космічних досліджень НАН України та ДКА України. Основними напрямками діяльності ЛЦ ІКД НАН України та НКА України є: фундаментальні дослідження акусто-електромагнітних взаємодій в атмосфері та іоносфері; дослідження акустичного каналу літосферно-іоносферних та сонячно-земних зв'язків, теорія розповсюдження та експериментальне дослідження електромагнітних полів у провідних середовищах (космічній плазмі, ґрунті, морській воді); розробка нових інформаційних технологій; розробка та виготовлення первинних давачів і систем для вимірювання параметрів фізичних полів; створення бортових систем збору та обробки інформації для космічної галузі та потреб геофізики [11]:

$$x_1 = (+1, +1, +1, +1, -1, +1);$$

2. AGRAIN – компанія-інтегратор, яка впроваджує найсучасніші технології рослинництва та створює екосистему для розвитку агровиробників. Нещодавно компанія почала використовувати аналітику супутникових даних від EOSDA Crop Monitoring на постійній основі [12]:

$$x_2 = (+1, +1, +1, 0, +1, +1);$$

3. Навчальна лабораторія геоінформаційних систем та дистанційного зондування Землі Харківського національного університету імені Василя Назаровича Каразіна. Діяльність лабораторії охоплює: забезпечення дисциплін, пов'язаних з

геоінформаційними та аерокосмічними методами; підтримка комп'ютерного парку та ліцензування програмного забезпечення; розробка власних програмних та інструментальних рішень [13]:

$$x_3=(-1,+1,+1,+1,-1,-1);$$

4. Національний центр управління та випробувань космічних засобів, що виконує наукові дослідження та забезпечує випробування, експлуатацію та розвиток космічних систем дистанційного зондування Землі, системи контролю та аналізу космічної обстановки, системи координатно-часового та навігаційного забезпечення, системи спеціального контролю та геофізичних спостережень, які створені в рамках Загальнодержавних космічних програм України [14]:

$$x_4=(+1,+1,+1,+1,+1,+1).$$

Підрахуємо кількість збігів: Львівський центр Інституту космічних досліджень НАН України та ДКА України отримує 5 ($x_1=5$), AGRAIN – 5 ($x_2=5$), Навчальна лабораторія геоінформаційних систем та дистанційного зондування Землі Харківського національного університету імені Василя Назаровича Каразіна – 3 ($x_3=3$), Національний центр управління та випробувань космічних засобів – 6 ($x_4=6$).

На основі виконання вказаних параметрів можемо підібрати виконавця проєкту моніторингу змін земної поверхні (рослинності, забудови, вологості ґрунтів) з використанням космічних знімків Sentinel-1/2. Найоптимальнішим виконавцем буде Національний центр управління та випробувань космічних засобів.

Таким чином, система дистанційного зондування об'єктів проєкту не є лише технічним інструментом — це рушійна сила розвитку, здатна формувати нові стандарти якості управління, раціонального використання ресурсів та підвищення ефективності у ключових секторах економіки. Її поєднання з аналітичними платформами та інтелектуальними рішеннями створює основу для нової моделі сталого майбутнього, де кожне рішення базується на реальних даних, а кожна дія має вимірюваний результат.

IV.ВИСНОВКИ

У результаті проведеного дослідження підтверджено, що розвиток систем дистанційного зондування об'єктів проєкту в умовах цифровізації економіки набуває ключового стратегічного значення. Сучасні підходи виходять за межі традиційного фрагментарного використання космічних та безпілотних знімків і формують цілісне інформаційно-аналітичне середовище, що забезпечує безперервний, об'єктивний контроль на всіх стадіях проєктування і реалізації проєкту. Таке середовище базується на систематичному зборі даних, їх інтелектуальному аналізі та інтеграції результатів у процес прийняття управлінських рішень, що робить його універсальним і застосовним у різних галузях — від інфраструктури до екології, агропромисловості та енергетики.

Важливо відзначити, що дистанційне зондування об'єктів проєкту стає багатовимірним інструментом, який дозволяє виявляти зміни, не помітні для ока, і прогнозувати розвиток подій на основі комплексного аналізу багатоспектральних, теплових, радарних та 3D-даних. Це створює міцну основу для підвищення точності економічних прогнозів і оптимізації ресурсного забезпечення. Особливе значення має інтеграція автоматизованого планування ресурсів та інтелектуальної підтримки управлінських рішень, що дозволяє ефективно розподіляти матеріали, техніку, людські ресурси та забезпечувати юридичну відповідність процедур. Функція зворотного зв'язку системи сприяє швидкому реагуванню на відхилення від планів та пропонує варіанти коригувань, що підвищує оперативність і якість управління проєктами.

У перспективі подальший розвиток дистанційного зондування сприятиме формуванню національної інтегрованої платформи просторових і економічних даних,

яка не лише оптимізує поточне управління, а й стане інструментом стратегічного планування територій, підвищення прозорості державних і бізнес-процесів. Значний потенціал відкриває моделювання сценарії розвитку проєкту і впровадження інноваційні концепції сталого розвитку та управління проєктом. Важливу роль у цьому відіграватиме поєднання дистанційного зондування, штучного інтелекту та машинного навчання, що забезпечить постійне вдосконалення системи на основі накопичених даних. Ключовим аспектом є також цифрова освітня трансформація, спрямована на підготовку висококваліфікованих фахівців для роботи з просторовими даними і аналітичними платформами, що створить основу для ефективного впровадження технологій у практику.

Таким чином, система дистанційного зондування об'єктів проєкту перестає бути лише технічним інструментом, перетворюючись на фундамент нової управлінської парадигми, де кожне рішення базується на точних і об'єктивних даних. Це відкриває шлях до цифрової трансформації економіки, підвищення її ефективності, прозорості та сталості, сприяючи гармонійному розвитку країни і суспільства загалом.

V. ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Перспективи подальших досліджень у галузі дистанційного зондування об'єктів проєктів зосереджені на розробці інтегрованих систем збору та об'єднання даних із супутників, безпілотних літальних апаратів, сенсорних мереж та цифрових моделей. Очікується створення адаптивних алгоритмів, які автоматично вибиратимуть оптимальні методи та параметри зйомки залежно від цілей, умов та фази проєкту. Важливим напрямком буде поглиблення аналітичних методів, що дозволять не лише фіксувати, а й прогнозувати зміни в об'єктах, виявляючи ризики та потенційні відхилення до того, як вони проявляться. Дослідження будуть спрямовані на інтеграцію просторових даних у весь життєвий цикл управління проєктами, забезпечення точних моделей для планування ресурсів, оцінки витрат та моніторингу ефективності. Велике значення матиме формування цифрової довіри на основі верифікованих даних та стандартизованих протоколів взаємодії між учасниками проєкту. Особлива увага буде приділена використанню дистанційного зондування Землі для стратегічного планування територій, моніторингу навколишнього середовища та оцінки інвестиційної привабливості регіонів. Все це разом створює основу для нової парадигми управління, в якій рішення приймаються на основі точних, об'єктивних та прогнозних даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Бабійчук С. М. Впровадження технологій дистанційного зондування Землі в освітній процес Малої академії наук України: ретроспектива, сучасний стан і перспектива // Наук. зап. Малої акад. наук України : зб. наук. пр. - 2024. - № 2. <http://doi.org/10.51707/2618-0529-2024-30-02>
- [2] Борцова М. В. Березіна С. І., Козлова О. В. Методика вибору оптимального джерела даних дистанційного зондування Землі // Системи оброб. інформації. - 2023. - Вип. 4. <https://doi.org/10.30748/soi.2023.175.02>
- [3] Васільєв Д. П. Ільєнко Т. В. Моніторинг процесів опустелювання агроєкосистем за супутниковими даними: досвід та перспективи // Агроєкол. журн. - 2024. - № 3. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2024.311183>
- [4] Голуб О. (2025). Нормативно-правові засади формування інституту дистанційного зондування землі в Україні. *Economics and Law*, 78(3), 77–87. <https://doi.org/10.15407/econlaw.2025.03.077>
- [5] Гурова А. М., Малолітнева В. К. Інституційно-правова модель публічних закупівель продуктів дистанційного зондування Землі в Україні // Косм. наука і технологія. - 2021. - 27, № 3. <https://doi.org/10.15407/knit2021.03.093>

- [6] Колобродов В. Г. Спотворення зображення в системах дистанційного зондування Землі при довільних кутах візування // Косм. наука і технологія. - 2021. - 27, № 3. <https://www.mao.kiev.ua/biblio/jscans/knit/2021-27/knit-2021-27-3-05-kolobrodov.pdf>
- [7] Марущак В. М., Волинець Т.В. Інформаційні системи дешифрування зображень з використанням аерокосмічних технологій // Екол. безпека та природокористування : зб. наук. пр. - 2024. - Вип. 4(52). <https://es-journal.in.ua/article/view/321305>
- [8] Попов М. О. Дистанційне зондування Землі в розв'язанні геоекологічних проблем України: сучасний стан і перспективи (стенограма доповіді на засіданні Президії НАН України 15 травня 2024 р.) [Електронний ресурс] / М. О. Попов // Вісник Національної академії наук України. - 2024. - № 7. - С. 43-50. <https://doi.org/10.15407/visn2024.07.043>
- [9] Тараріко О. Г. Формування науково-методичних засад супутникового агроекологічного моніторингу в Україні // Агрокол. журн. - 2022. - № 2. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263312>
- [10] Хорольський П. П. Аналіз ефективності використання засобів дистанційного зондування Землі // Техн. механіка. - 2021. - № 4. <https://www.journal-itm.dp.ua/docs/P-08-04-2021.pdf>
- [11] Львівський центр Інституту космічних досліджень НАН України та ДКА України <https://www.nas.gov.ua/institutions/lvivskii-centr-institutu-kosmicnix-doslidzen-nan-ukrayini-ta-dka-ukrayini-170>
- [12] Agrain <https://www.agrain.ua/>
- [13] Навчальна лабораторія геоінформаційних систем та дистанційного зондування Землі – Кафедра фізичної географії та картографії ХНУ ім. В.Н. Каразіна <https://physgeo.univer.kharkov.ua/education/labs/gis/>
- [14] НЦУВКЗ <https://spacecenter.gov.ua/>

Отримано 10.12.2025 р.

RESEARCH AREAS OF MANAGMENT CORPORATE EARTH REMOTE SENSING PROJECT

*Oksana Khilukha,
Department of Economics
Lutsk National Technical University
Lutsk, Ukraine*

Abstract - The paper presents a comprehensive approach to managing remote sensing (RS) projects in the context of economic digitalization. It considers the transition from fragmentary use of satellite data to the creation of an integrated information and analytical environment that combines data from satellites (specifically Sentinel-1/2), unmanned aerial vehicles, radar sensors, and ground networks.

Special attention is given to the development of a mathematical algorithm for the intelligent selection of contractors and suppliers based on objective verified data, which helps minimize corruption risks and the human factor. The role of artificial intelligence in risk forecasting, automated resource planning, and the formation of the concept of “digital trust” through smart contracts is highlighted.

The practical significance of the study lies in the potential to increase economic efficiency in the agricultural sector, energy, ecology, and construction, as well as in strengthening the competitiveness of the rocket and space industry in the global market.

Keywords: *remote sensing, project management, digital economy, artificial intelligence, mathematical modeling, digital trust, space services.*

Recieved 10.12.2025 р.