



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З ПИТАНЬ ГЕОДЕЗІЇ,  
КАРТОГРАФІЇ ТА КАДАСТРУ**

**ГО «ВСЕУКРАЇНСЬКА СПІЛКА СЕРТИФІКОВАНИХ  
ІНЖЕНЕРІВ-ЗЕМЛЕВПОРЯДНИКІВ»**

**ГО «ВСЕУКРАЇНСЬКА СПІЛКА СЕРТИФІКОВАНИХ  
ІНЖЕНЕРІВ-ГЕОДЕЗИСТІВ»**

**«СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ  
ГЕОДЕЗІЇ, ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ»**

**Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної  
конференції**

**19 – 20 червня 2025 року**



**ОДЕСА – 2025**

Society: Monograph. Katowice, Poland. 2023.PP.69-76. URL: <http://www.wydawnictwo.wst.pl/uploads/files/5cce435ca4bebe79d490c6def5bb3f80.pdf>

2. Shneiderman B. The purpose of visualization is insight, not pictures / Ben Shneiderman. 1999. URL: <https://designmanifestos.org/manuel-lima-information-visualization-manifesto/>

**СОПОВ Дмитро** доктор філософії з наук про Землю, доцент, доцент кафедри геодезії, землеустрою та земельного кадастру, Одеський державний аграрний університет, Україна  
**Armands CELMS, Dr.Sc.Inq.Prof.** Department of Land Management and Geodesy, Latvia University of Life Sciences and Technologies, Latvia

**ІВАНЕНКО Олена** здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій», Одеський державний аграрний університет, Україна

### **ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ЯК ТЕХНОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ В ГАЛУЗІ НАУК ПРО ЗЕМЛЮ**

Сучасні технології суттєво збільшили можливості учених у пізнанні планети Земля та окремих її компонентів, пропонуючи широкий спектр різноманітних методів. Методи дослідження – це систематичні процедури, що використовуються дослідниками для збору та аналізу даних, щоб відповісти на запитання, перевірити гіпотези або оцінити програми та політику. Кожний з методів має своє цільове призначення та орієнтується на природу досліджуваного об'єкта та його властивостей, відповідний тип показників (кількісних, якісних, змішаних), бюджет, час та ресурси, відповідність іншим методам дослідження. Від обраних методів, їх надійності та правильного застосування залежить достовірність отриманих висновків.

У системі наукових методів особливе місце відводиться дистанційному зондуванню Землі (ДЗЗ), що стало потужним засобом дослідження окремих компонентів Землі і глобального вивчення планети.

Термін «дистанційне зондування» буквально означає «спостереження та збір даних на відстані». Зазвичай це робиться за допомогою різних сенсорів, встановлених на супутниках, літаках чи інших платформах. Дистанційне зондування стосується запису та аналізу електромагнітного випромінювання у видимому, інфрачервоному, ультрафіолетовому та мікрохвильовому діапазонах, відбитого, розсіяного або випромінюваного різними об'єктами на Землі. ДЗЗ – це цілий комплекс методів і технологій одночасно.

Більш повним, порівняно з попереднім, є наступне визначення дистанційного зондування Землі: ДЗЗ – це спостереження та вимірювання енергетичних і поляризаційних характеристик власного та відбитого випромінювання елементів суші, океану та атмосфери Землі в різних діапазонах електромагнітних хвиль, що сприяють опису місцезнаходження, характеру та тимчасової мінливості природних параметрів і явищ, ресурсів Землі, навколишнього середовища, а також антропогенних об'єктів та утворень [1].

Історія розвитку методів ДЗЗ бере свій початок із середини XIX ст. У 1855 році Гаспар Турнашон (Надар) – відомий французький фотограф, журналіст, військовий офіцер – запропонував ідею фотографування Землі з повітряної кулі для потреб картографування та спостереження за територією, а 23 жовтня 1908 року здійснив її, зробивши із повітряної кулі з висоти 80 м фотографії селища Petit-Bicetre в передмісті Парижа.

24 квітня 1909 року під час демонстраційного польоту Вілбера Райта оператор, який йому асистував, зняв із борту літака короткий фільм.

За короткий період аерофотознімання стало дуже поширеним способом одержання інформації про місцевість. У роки Першої світової війни майже всі сторони застосовували його для розвідки та спостереження за противником. А через короткий час повітряне

знімання стало важливим чинником одержання інформації не тільки для розв'язання військових, але й цивільних завдань [2].

Справжня ера дистанційного зондування Землі з космосу почалася з виведенням на орбіту 23 липня 1973 року американського супутника ДЗЗ Landsat-1, обладнаного камерами для одержання фотографічного зображення землі у видимому та ближньому інфрачервоному діапазоні з просторовою здатністю 75 м і чотириканальним сканером для радіометричного знімання з просторовою здатністю 60 м.

18 жовтня 2001 року на орбіту було виведено перший комерційний супутник QuickBird американської компанії DigitalGlobe з просторовою роздільною здатністю 0,6 м, його дані на комерційних засадах стали доступними всім заінтересованим особам [2]. Отже, своїм розвитком методи ДЗЗ зобов'язані прогресу у космічних технологіях.

Інфраструктура дистанційного зондування Землі представлена різноманітними технічними засобами (космічні/летальні та наземні, системи збору і передачі даних тощо) та програмним забезпеченням (рис. 1).

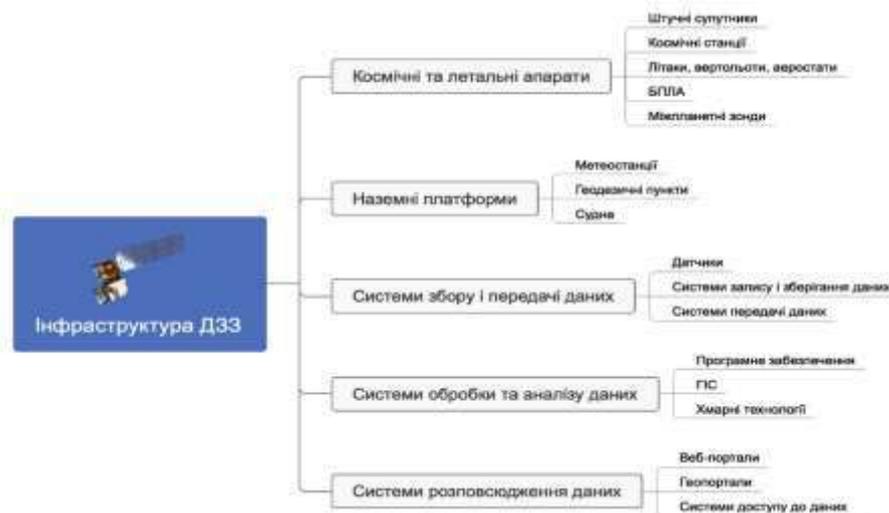


Рис. 1. Інфраструктура ДЗЗ (зроблено авторами у сервісі MindMaster)

Тепер ДЗЗ – це цілий комплекс методів і технологій, які дозволяють одержувати інформацію про різні об'єкти й динамічні процеси й явища на поверхні Землі, в її надрах і атмосфері, шляхом реєстрації відбитого чи власного електромагнітного випромінювання на віддалі, без безпосереднього контакту. Реєстрація випромінювання та сигналів відбувається за допомогою технічних засобів (датчиків), установлених на повітряних або космічних носіях. У наш час різними країнами запуснено сотні супутників, що обертаються навколо Землі з різною періодичністю і здатні робити знімки різної роздільної здатності. Найбільш поширеними є супутникові місії (програми) з відкритими даними: Sentinel, Landcat, MODIS.

Дистанційні датчики, що встановлені на космічних носіях, можуть бути пасивними і активними. *Пасивні датчики* реагують на зовнішні подразники і записують природну енергію, яка відбивається або випромінюється від поверхні Землі (рис. 2).



Рис. 2. Умовна схема принципу отримання інформації з космосу за допомогою пасивних датчиків (Джерело: <https://byjus.com/physics/remote-sensing/>)

Найпоширенішим джерелом випромінювання, яке виявляють пасивні датчики, є відбите сонячне світло. Випромінювання також різниться за довжиною хвиль та буває короткохвильовим (видимий, а також ближній та середній інфрачервоний діапазони) та довгохвильовим (мікрохвилі). Видиме світло – це лише дуже мала частина електромагнітного спектру. Крім видимого світла, у складі електромагнітного спектру виділяють мікрохвильове, інфрачервоне випромінювання, рентгенівське випромінювання.

У пасивному ДЗЗ використовують мультиспектральні або гіперспектральні датчики. Вони вимірюють інтенсивність сигналу за допомогою комбінацій каналів, які різняться за їх кількістю (смуги двох або більше видів довжини). Діапазон каналів включає спектри в межах та за межами людського зору (видимий, ближній та тепловий інфрачервоний, а також мікрохвилі) [3]. Найпоширенішими приладами пасивного дистанційного зондування Землі є радіометри та спектрометри.

Навпаки, *активні датчики* мають джерело випромінювання, яке направляє на об'єкт дослідження, а потім вже відбите випромінювання фіксується супутником. Наприклад, система дистанційного зондування з лазерним променем проєктує лазер на поверхню Землі та вимірює час, який потрібен лазеру для відображення назад до свого датчика [4]. У більшості приладів цього виду дистанційного зондування використовуються мікрохвилі, оскільки на них не впливають погодні умови. Загалом активні методи дистанційного зондування Землі залежать від виду сигналу (світло або хвилі) та об'єкта вимірювання (відстань, висота, атмосферні явища тощо). До приладів активного ДЗЗ відносять радари та лідари [5].

Переваги активних методів ДЗЗ полягають у тому, що їх можна використовувати у будь-яких умовах, оскільки пристрої цього виду повноцінно функціонують у будь-який час доби, бо не потребують сонячного світла, на відміну від пасивних датчиків, що залежать від природної енергії. Тож пасивні датчики можуть проводити знімання тільки тоді, коли природне випромінювання доступне (вдень – у видимому діапазоні; вдень і вночі у тепловому інфрачервоному та мікрохвильовому) [6].

Оскільки датчики продовжують розвиватися, кількість отриманих даних дистанційного зондування досягла приголомшливих розмірів [4].

ДЗЗ із космосу характеризується такими *перевагами* порівняно з наземними методами [7]:

✓ високою оглядовістю, можливістю одержання одночасної інформації про великі території: винесення пристроїв, які реєструють випромінювання, у повітряний або

навколоразомний простір забезпечує значно ширше охоплення території порівняно з наземними методами досліджень, включаючи віддалені або недоступні регіони;

✓ можливість відстежувати зміни у часі за рахунок регулярних проходжень супутників над територією, можливість збирати дані в різний час, що дозволяє вченим відстежувати сезонні варіації, вивчати тенденції та аналізувати зміни на поверхні Землі);

✓ можливість переходу від дискретної картини значень показників стану навколишнього середовища в окремих пунктах території до безперервної картини просторового розподілу показників;

✓ високим рівнем генералізації інформації [7].

Також важливими перевагами дистанційних методів є економія часу і ресурсів для обстеження великих територій; здатність фіксувати дані на різних довжинах хвиль, від видимого світла до інфрачервоного і більше (це дозволяє ідентифікувати різні матеріали та аналізувати різноманітні екологічні фактори). На відміну від деяких наземних методів, дистанційне зондування є ненав'язливим, воно дозволяє вченим вивчати поверхню Землі без фізичного втручання в навколишнє середовище (це важливо для моніторингу вразливих екосистем або областей з обмеженим доступом). Важливою перевагою ДЗЗ є екстериторіальність, адже для обстеження великих територій та всієї поверхні планети бар'єрна функція кордонів не є перешкодою, не треба брати дозволу в країн на знімання.

Деякі інструменти дистанційного зондування надають дані в реальному часі або практично в реальному часі, що дозволяє швидко реагувати на природні катастрофи, екологічні надзвичайні ситуації чи інші динамічні події; багато супутників для спостереження за Землею входять до довгострокових програм моніторингу, надаючи стабільні дані протягом тривалого періоду.

Важливо, що дані дистанційного зондування можуть бути інтегровані в платформи ГІС, надаючи потужний інструмент для просторового аналізу у такій комбінації можливостей як: ДЗЗ + ГІС.

Отже, метод дистанційного зондування Землі має низку переваг і є абсолютно незамінним у багатьох практичних ситуаціях.

У сучасному супутниковому дистанційному зондуванні використовується «мультиспектральне зображення», тобто одночасне зображення поверхні Землі більш ніж в одному кольорі чи довжині хвилі, як у видимому, так і в невидимому діапазоні, щоб виявити багато прихованої інформації, недоступної в звичайному режимі. Як вже зазначалось, мультиспектральні камери, встановлені на борту супутників дистанційного зондування, можуть безпосередньо перетворювати зображення в електронні сигнали для передачі на наземні станції. Після прийому сигналів на Землі вони декодуються та перетворюються на чорно-білі або кольорові зображення. Унікальна перевага мультиспектральної космічної фотографії полягає в тому, що зображення можна «кодувати кольорами» за допомогою комп'ютера для легкої інтерпретації. Наприклад, дані можуть бути використані для створення детальної карти посівів, що вирощуються, на якій червоним кольором буде показано бавовну, жовтим – пшеницю, а синім – поле під паром. Потенційні водні ресурси можна пофарбувати подібним чином, щоб оцінити їх життєздатність. У період, коли супутник знаходиться поза наземними станціями, зображення записуються на відеостанцію на борту супутника для подальшого перегляду. Однак зображення за допомогою мультиспектральної камери не дають повної інформації про землю внизу, оскільки хмари часто заважають чіткому огляду. Включення якоїсь бортової системи радіолокаційного зображення, яка здатна легко проникати крізь хмарний покрив, вирішує цю проблему.

При дистанційному зондуванні на якість і застосування одержуваних даних великою мірою впливають спектральний діапазон знімання, просторова і радіометрична точність, просторове охоплення, оперативність та повторюваність знімання, вартість даних. Обробка

отриманих у такий спосіб знімків, їх аналіз та картографування тепер здійснюється за допомогою географічних інформаційних систем (ГІС).

Існують наступні методи дистанційного знімання:

*Фотознімання* – фотографування поверхні у всьому видимому діапазоні спектра чи у певній його частині, а також в інфрачервоному діапазоні. Його широко застосовуються у повітряному та космічному зніманні з метою одержання даних для створення й оновлення карт.

*Сканерне знімання* – знімання поверхні за допомогою оптичних або багатоспектральних пристроїв – сканерів. Відмінність таких пристроїв від звичайних фотокамер полягає в тому, що сканер, рухаючись уздовж чи вздовж і впоперек маршруту знімання, поступово фіксує відбиття проміння від поверхні й спрямовує його в об'єктив. При зніманні поверхні за допомогою сканера формується зображення з окремих елементів (пікселів), кожному з яких відповідає яскравість, випромінювання ділянки поверхні.

*Радарне знімання* – активний метод знімання, що ґрунтується на випромінюванні в напрямку знятої поверхні сигналу та прийманні його відбиття [8]. Як правило, радарне знімання здійснюється в радіодіапазоні за допомогою локаторів бокового огляду (ЛБО). Перевагою цього методу є можливість виконання знімань у темний час доби та незначний вплив погодних умов туману, хмарності. Радарне знімання використовують для визначення форми поверхні (рельєфу) і вивчення її геологічної структури.

*Теплове знімання* – знімання в інфрачервоному діапазоні, яке базується на фіксації теплового випромінювання поверхні та об'єктів, зумовленого сонячним випромінюванням або ендегенними процесами, та виявленні аномалій. Воно дає змогу виявляти елементи гідрографії, вивчати геологічну структуру поверхні, льодовий стан, вулканічну діяльність, температурну неоднорідність водного середовища, досліджувати рельєф дна.

*Спектрометричне знімання* – вимірювання відбивної здатності поверхні чи шарів речовини. Його проводять у мікрохвильовому, інфрачервоному, а також у видимому та ближньому інфрачервоному діапазонах. Застосовують для вивчення гірських порід.

*Лідарне знімання* – активне знімання поверхні шляхом неперервної фіксації відбиття від поверхні, яка опромінюється монохроматичним лазерним випромінюванням із фіксованою довжиною хвилі. Переважно лідарне знімання ведеться із носіїв з не дуже великою висотою польоту. Частота випромінювання налаштовується на резонансні частоти поглинання елемента, що сканується і, таким чином, у разі наявності значних концентрацій цього компонента відбиття значно збільшується. Використовують при вивченні нижніх шарів атмосфери, виявленні концентрації певних елементів та сполук [9].

Відзначимо й деякі недоліки методів дистанційного зондування. По-перше, аналіз та інтерпретація даних дистанційного зондування вимагає експертних знань, що робить його значним бюджетним питанням. Для точної інтерпретації зібраних даних потрібні спеціальні знання та навички, що може призвести до неправильної інтерпретації. Незважаючи на те, що супутникові знімки стали набагато доступнішими, переважна їх більшість (особливо знімки з високою роздільною здатністю) мають ринкову ціну. По-друге, просторова, спектральна та часова роздільна здатність даних дистанційного зондування може бути недостатньою для певних застосувань, що обмежує їх ефективність у детальних дослідженнях. По-третє, на дані дистанційного зондування можуть впливати такі атмосферні умови, як хмари, серпанок і аерозолі, які можуть спотворювати або затемнювати зображення. Ще одним обмежуючим використанням ДЗЗ фактором є сезонні зміни (сніговий покрив, зміна погодних умов тощо). На жаль, з часом прилади дистанційного зондування можуть стати некаліброваними, що призведе до отримання неточних даних.

Отже, дистанційне зондування Землі – це геопросторовий інструмент, а також комплексний метод дослідження, технологія, що базується на використанні різних видів сенсорів, віддалених апаратів та технологій для отримання інформації про поверхню планети Земля. ДЗЗ має очевидні переваги над наземними методами дослідження, дозволяючи

дослідникам отримувати величезну кількість даних безпосередньо з великих територій, що раніше було складно або неможливо здійснити традиційними методами [10]. Разом з тим, технологія ДЗЗ має і певні недоліки, на які слід зважати – висока вартість, залежність від технічних характеристик датчиків, вплив сезонних змін і атмосферних явищ та деякі інші.

#### **Бібліографічний список:**

1. Бардиш Б., Бурштинська Б. Використання вегетаційних індексів для ідентифікації об'єктів земної поверхні. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2014. Вип. 2. С. 82–88.
2. Голобак Ж. М. Використання методів дистанційного зондування Землі для моніторингу агроресурсів України. *Космічна наука і технологія*. 2010. Т. 16. № 6. С. 16–23.
3. Географічна енциклопедія України : в 3-х томах / редкол.: О. М. Маринич (відпов. ред.) та ін. Київ: «Українська Радянська Енциклопедія» ім. М. П. Бажана, 1993. 480 с.
4. Janga B., Asamani G. P., Sun Z., & Cristea N. A review of practical AI for remote sensing in Earth sciences. *Remote Sensing*. 2023. № 15(16). P. 1–34. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs15164112>
5. Інтерактивна карта ґрунтів України. URL: <https://superagronom.com/karty/karta-gruntiv-ukrainy#close>

**ФЕЩЕНКО Микола**, здобувач вищої освіти

**БУТЕНКО Євген** науковий керівник, к.е.н., доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ,

### **ЗНІМАЛЬНІ СИСТЕМИ У ФОТОГРАМЕТРІЇ І ЇХ ЕФЕКТИВНІСТЬ**

Ключовим елементом фотограмметрії є знімальна система, яка безпосередньо впливає на точність, деталізацію та ефективність кінцевого результату. За останні десятиліття з'явилося значне різноманіття знімальних систем, кожна з яких має свої переваги, недоліки та сфери застосування [1].

Традиційно у фотограмметрії використовувалися наземні фотограмметричні камери. Ці камери характеризуються високою точністю геометричних параметрів, стабільністю внутрішньої орієнтації та можливістю отримання зображень з контрольованих точок зйомки. Завдяки цьому наземна фотограмметрія забезпечує високу точність вимірювань, що є критично важливим для інженерних та архітектурних застосувань. Однак, цей метод є трудомістким, потребує значного часу на планування та виконання зйомки, особливо для великих об'єктів або складних територій [1].

З розвитком авіації та безпілотних літальних апаратів (БПЛА) значного поширення набула аерофотозйомка. Аерофотограмметричні камери, встановлені на пілотованих літаках або БПЛА, дозволяють швидко та ефективно отримувати великі обсяги даних про земну поверхню. Залежно від типу камери (плівкова, цифрова, мультиспектральна, гіперспектральна) та висоти польоту можна отримувати зображення різного просторового розрішення та спектрального діапазону. Ефективність аерофотозйомки полягає у можливості охоплення значних територій за відносно короткий час, що робить її незамінною для картографування, моніторингу навколишнього середовища, сільського господарства та інших великомасштабних завдань [2].

Останнім часом все більшої популярності набувають малоформатні камери, встановлені на БПЛА. Ці системи поєднують мобільність та гнучкість БПЛА з доступністю та високою роздільною здатністю сучасних цифрових фотокамер. Завдяки можливості низьковисотної зйомки, БПЛА дозволяють отримувати деталізовані ортофотоплани та тривимірні моделі