

УДК 507.19:376.745 (547)

ВИКОРИСТАННЯ СТРАТЕГІЧНИХ МЕТОДІВ КОСМІЧНОГО ЗНІМАННЯ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

О. Гулько, к. е. н.

ORCID ID: 0000-0003-1476-6149

Національний університет «Львівська політехніка»

<https://doi.org/10.31734/architecture2023.24.209>

Гулько О. Використання стратегічних методів космічного знімання для моніторингу земель сільськогосподарського призначення

При врахуванні розвитку суспільства зростає вплив дій людини на екологічну систему Землі і водночас задоволення її життєдіяльності потребують нових методів в управлінні природними ресурсами.

Сьогодні першочерговим серед способів одержання відомостей є космічна зйомка, яка проводиться через різні носії з космосу при підтримці знімального устаткування. Відомості космічного і фотоаерознімання застосовують у картографії, під час розв'язку задач у всіх напрямках науки та техніки і створення геоінформаційних систем. Щорічно обсяг продукції, пов'язаної з картографуванням та геоінформацією, розширюється, з'являються новітні сфери для використання інформації з космічних зйомок. Специфікою космічної зйомки протягом декількох десятиріч є одержання даних з аерознімання з дуже високим просторовим розрізненням (<1 м), зростання у спектральному розрізненні систем для зйомки та здійснення спектральної зйомки.

Під моделлю дистанційного зондування розуміємо систему отримання та перетворення вхідних сигналів електромагнітного спектра на вихідні, які формують зображення або точкові вихідні дані про об'єкти на місцевості. Останніми десятиліттями особливо використовують дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) для одержання інформативних даних про поверхню Землі. Як результат ДЗЗ можна одержати природні характеристики про типи ґрунтів, рослинності тощо.

Інформацію, яку отримують за допомогою аерокосмічних засобів ДЗЗ, досить широко використовує багато країн світу, на її підставі успішно відшукують корисні копалини, оцінюють сільський потенціал регіонів і країн, проводять аналіз сільськогосподарських угідь, виділення типів і видів сільськогосподарських культур, здійснення прогнозу урожайності, контроль за станом ґрунтів та пасовищ, виконують його моніторинг.

Криза ґрунтознавчого характеру в Україні зумовлена функціонуванням адміністративно-командної економіки в минулому.

Ключові слова: земельний фонд, раціональне використання, агроландшафти, космічне знімання.

Hulko O. Using the strategic satellite imagery methods for agricultural land monitoring

With the development of society and the increasing impact of human activities on the Earth's ecological system, it is necessary to find new methods of managing natural resources while also satisfying human needs.

Nowadays, space imagery is the primary method of obtaining information through various carriers, with the support of survey equipment. This data is widely used in cartography to solve problems in all areas of science and technology, as well as to create geographic information systems. Every year, the volume of products related to mapping and geoinformation is expanding, and new areas for using this information are emerging. For several decades, space imagery has been characterized by acquiring aerial data with very high spatial resolution (<1 m), an increase in spectral resolution of imaging systems, and the implementation of spectral imagery.

A remote sensing model is a system that receives and converts input signals of the electromagnetic spectrum into output signals that form images or point source data about objects on the ground. In recent decades, remote sensing has been particularly useful for obtaining informative data about the earth's surface. Consequently, remote sensing can provide natural characteristics of soil types, vegetation, and more.

The information obtained through aerospace remote sensing is widely used in many countries around the world for finding minerals, assessing the rural potential of regions and countries, analyzing agricultural land, identifying types and species of crops, forecasting yields, and monitoring soils and pastures.

The soil science crisis in Ukraine was caused by the administrative-command economy in the past.

Key words: land fund, rational use, agrolandscapes, satellite imagery.

Постановка проблеми. Проблемою сьогодення є дослідження, розроблення та вдосконалення основних напрямів у застосуванні засобів космічного знімання при

проведенні моніторингу земель. Нині інтенсивно здійснюються запуски космічних систем, але просторова розрізненість зображень не може конкурувати з конструкціями більшості

супутникових оптико-електронних сенсорів для досліджень у проведенні моніторингу сільськогосподарських земель. Аналіз світового досвіду використання методів космічного знімання для моніторингу земель сільськогосподарського призначення засвідчив необхідність вдосконалення систем космічного знімання з високоточною розрізненістю зображень, за допомогою яких можна буде отримувати інформацію про рельєф земельного покриву та його певні фізичні й природничо-екологічні властивості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вагомий внесок у використання методів космічного знімання для моніторингу земель сільськогосподарського призначення зробили такі науковці, як В. С. Антоненко [1], Г. М. Бакан [2], С. М. Бор'ян, Х. В. Бурштинська [4], О. Л. Дорожинський, В. М. Глотов [7], Я. В. Гаврилко [8], М. В. Зосімович, С. А. Станкевич, А. Ю. Шелестов та ін.

Наукові праці цих та інших учених частково охоплюють інформацію про рельєф земної поверхні, а також про її певні фізичні властивості. Радіолокаційне знімання, як свідчать праці цих науковців, дає змогу спостерігати об'єкти, приховані рослинністю і навіть розташовані неглибоко у приповерхневому шарі землі. Сьогодні розроблені алгоритми оброблення космічних знімків, на глобальному рівні створені системи супутникового моніторингу сільськогосподарських земель, які розташовано на сайтах Відділення служби аналізу світового сільськогосподарського виробництва при Міністерстві сільськогосподарства уряду США. Але водночас прикладні проблеми земельної реформи залишаються й надалі частково нерозв'язаними. Ротація культур у сівозміні, непередбачувані зміни у структурі посівних площ, варіативність ґрунтових характеристик полів та метеорологічних умов вегетаційного періоду – усе це зумовлює необхідність оперативного відстеження вказаних чинників з метою вчасного проведення відповідних агротехнічних заходів для забезпечення максимальної біопродуктивності угідь. Потреба такої новітньої та всебічної інформації сприяла впровадженню в агропромисловому комплексі України методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ).

Постановка завдання. Дослідження основних стратегічних напрямів у застосуванні засобів космічного знімання при проведенні моніторингу земель сільськогосподарського

призначення. Сучасне забезпечення дає можливість зробити прогноз негативних явищ та запобігти процесам антропогенного впливу на довкілля, дозволяє використовувати для контролю розмірів площ посіву, виявлення ерозійних площ, проведення моніторингу стану земель сільськогосподарського призначення та прогнозування врожайності ознаки наземних об'єктів, які отримують на підставі супутникових знімків. Визначено, що на сьогодні за допомогою певної методики інтенсивно здійснюються запуски космічних систем в Україні, але просторова розрізненість зображень не може конкурувати з конструкціями більшості супутникових оптико-електронних сенсорів для використання аерокосмічних знімків та досліджень для проведення моніторингу сільськогосподарських земель.

Виклад основного матеріалу. Відомості космічного і фотоаерознімання достатньо застосовують у картографії, при розв'язку задач у всіх напрямках науки та техніки і створення геоінформаційних систем. Специфікою космічного знімання протягом декількох десятиріч є одержання даних з аерознімання з дуже високим просторовим розрізненням (<1 м), зростання у спектральному розрізненні систем для здійснення спектральної зйомки.

У сучасному світі досить широко застосовуються системи для космічного знімання, за допомогою яких одержується велике просторове розрізнення: Quick Bird (США, Space Imaging); Ikonos (США, Geo Eye); IRS (Індія ISRO); EROS (Ізраїль, Image Sat International) [2].

Одним з основних джерел інфоданих про поверхню Землі і надалі залишаються карти, проте останнім часом досить потужно застосовуються космічні методики, пов'язані з цифровим поданням поверхні Землі і змін її динаміки [3]. Унаслідок запуску чималої кількості супутників для спостереження земної поверхні та присутністю достатніх обсягів різноманітних даних щодо дистанційних спостережень протягом останніх років ці показники доволі широко застосовуються органами державної влади різних держав для підтримки в ухваленні рішень у галузі екобезпеки. Під моделлю дистанційного зондування розуміємо систему отримання та перетворення вхідних сигналів електромагнітного спектра на вихідні, які формують зображення або точкові вихідні дані

електромагнітного спектра на вихідні, які формують зображення або точкові вихідні дані про об'єкти на місцевості. Інформацію, яку отримують за допомогою аерокосмічних засобів ДЗЗ, досить широко використовує багато країн світу, на її підставі успішно відшуковують корисні копалини, оцінюють сільський потенціал регіонів і країн, проводять аналіз сільськогосподарських угідь, виділення типів і видів сільськогосподарських культур, здійснення прогнозу врожайності, контроль за станом ґрунтів та пасовищ, виконують його моніторинг [2].

Загалом потреби світового ринку в космічних апаратах ДЗЗ оцінюються так: 65 % – з розрізненням менш ніж 1 м; 25 % – 1 м; 7 % – 2–3 м; 3 % – понад 5 м [2].

Сучасні засоби програмного забезпечення дозволяють використовувати для контролю розмірів посівних площ, виявлення ерозійних ділянок, моніторингу стану посівів та прогнозування врожайності чимало ознак наземних об'єктів, котрі отримуються на підставі супутникових знімків. До них належать спектральні характеристики, текстурні параметри та вегетаційні індекси, що розраховуються математичними методами. Нині напрацьовано чимало алгоритмів оброблення космічних знімків, створено системи супутникового моніторингу сільськогосподарських земель на глобальному рівні, які репрезентовано на сайтах Відділення служби аналізу світового сільськогосподарського виробництва при Міністерстві сільського господарства уряду США та проєкту MARS Об'єднаного дослідного центру Європейської Комісії [4].

На прикладі Європи проведення моніторингу фактичного використання земель здійснюється в межах реалізації Спільної сільськогосподарської політики (CAP – Common Agricultural Policy) [6].

Політика CAP призначена для підтримки фермерів у Європі, які забезпечують життєдіяльність понад 500 мільйонів європейців. Її основна мета полягає в забезпеченні стабільної, сталої підтримки виробників сільськогосподарської продукції, забезпеченні цін для споживачів та зростання стандартів праці фермерів і працівників сільського господарства.

Зокрема у межах ЄС розроблена та використовується єдина інтегрована система адміністрування та контролю (Integrated Administration and Control System – IACS). Систему IACS повинні підтримувати й

використовувати всі країни-члени ЄС. Ця система призначена для менеджменту субсидій, які можуть бути отримані конкретними фермерами або сільськогосподарськими господарствами безпосередньо (direct funding) або в межах програми розвитку сільських територій (rural development) від спеціалізованих агенцій (Paying Agency – PA).

Європейська система IACS використовує дані з різних спеціалізованих систем. Тому для забезпечення інтеграції та узгодженості зібраних протягом вегетаційного сезону даних між різними джерелами використовується структура даних. Зокрема при обміні даними щодо кадастрових парцелів (reference parcel), які відповідають класам земної поверхні (land cover), та системою LPIS із сільськогосподарськими парцелями (land use) використовується інфраструктура INSPIRE та низка стандартів ISO щодо обміну геопросторовими даними [10].

У межах цих документів на найвищому законодавчому рівні закріплено важливість операційної програми Landsat супутникових даних, що отримуються в її межах, та визначено основні компетенції різних відомств [9].

З 2009 р. в межах Програми CDL здійснюється моніторинг різних культур, таких як кукурудза, соя, пшениця, рис, бавовна, та надаються оцінки площ посівів протягом поточного вегетаційного сезону після того, як стають доступними звіти фермерів та супутникові дані [16].

Інформаційні продукти CDL використовують для отримання багатьох геопросторових продуктів на території США, у тому числі спільно з різночасовими даними MODIS (з геопросторовим розрізненням 500 м) для оцінки площ кукурудзи і сої, моніторингу сільськогосподарських земель у Північній та Південній Дакоті [18]. При цьому для побудови багатьох продуктів використовують наземні виміри, які щорічно збирають протягом червня в межах реалізації політики JAS (June Agricultural Survey). Для здійснення наземних досліджень вибирають близько 11 000 сегментів розміром 1 × 1 миль відповідно до національної стратегії побудови статистично стратифікованих вибірок [13].

Як основні джерела вхідної інформації для генерації продуктів CDL використовуються дані AWiFS (просторове розрізнення 56 м в надирі), Landsat TM та ETM+ (30 м), супутникові дані MODIS (250–500 м),

ретроспективні та актуальні наземні дані, національні набори даних по класах земної поверхні для несільськогосподарських територій, історичні дані та модель рельєфу агенції US Geological Survey (USGS) [10].

У Європейському Союзі в операційному режимі використовується система MARS [18].

З цією програмою тісно пов'язана міжміністерська ініціатива AMIS, призначена для моніторингу глобальних ринків сільськогосподарської продукції. Як вхідні дані система AMIS використовує дані системи GEO GLAM [15].

Висновки. Розглянувши найцікавіші вирішення, які можуть бути реалізовані, зауважимо, що світова практика свідчить про те, що найефективнішим засобом інформаційного забезпечення в разі вирішення проблем моніторингу земель сільськогосподарського призначення є космічні системи дистанційного зондування Землі, а також можемо зазначити, що світ перебуває на порозі надзвичайно масштабної революції з космічних знімачів. Це пов'язано з появою новітніх апаратів високого розрізнення, які матимуть комерційне призначення. Зараз на орбіті перебуває близько 200 комерційних супутників високої роздільної здатності, у тому числі до 60 радарних, зйомка з яких буде можлива незалежно від погодних умов і часу доби, із забезпеченням розрізнення не менш як 70 см, а три супутники гарантуватимуть ще вищу (40–50 см) роздільну здатність. Таке угруповання має бути оснащено відповідною телекомунікацією для отримання та передавання користувачам постійно оновлюваної інформації моніторингу земель сільськогосподарського призначення.

Бібліографічний список

1. Антоненко В. С. *Агрометеорологічний моніторинг посівів в Україні аерокосмічними методами*: навч. посіб. Київ: «АртЕк», 2002. 308 с.
2. Бакан Г. М., Кусуль Н. Н. Алгоритм нечіткої еліпсоїдної фільтрації стану статичного об'єкта. *Проблеми управління та інформатика (Автоматика)*. 1996. 5. С. 77–92.
3. Борян Ч. М. Моніторинг сільськогосподарства США: Міністерство сільськогосподарства США, Національна служба сільськогосподарської статистики. *Програма*

рівня даних сільськогосподарських угідь С. 2011. Т. 26, № 5. С. 341–358.

4. Бурштинська Г. В., Станкевич С. А. Система аерокосмічного знімання: навч. посіб. Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2013. 316 с.

5. Гулько О. Р., Перович Л. М., Лудчак О. Ю. Аналіз світового досвіду використання космічних методів моніторингу використання земель сільськогосподарського призначення. *Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва*: зб. наук. праць Західного геодезичного товариства УТГК. Львів, 2018. № 1 (35). С. 64–70.

6. Дешам Б. Н. На шляху до класифікації типів культур тільки за допомогою радіолокатора: порівняння традиційного дерева рішень з класифікатором випадкових лісів. *Canadian Journal of Remote Sensing*. 2012. Т. 38, № 1. С. 60–68.

7. Дорожинський О. Л., Бурштинська Г. В., Глотов В. М. *Геоматика в екологічному моніторингу та оцінці загрозливих ситуацій*: монографія. Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2016. 400 с.

8. Економічний моніторинг землі за допомогою супутникових телекомунікаційних систем і мереж / ред. Є. В. Гаврилко. *Зв'язок*. 2014. № 5. С. 3–5.

9. Жолобак Г. М. Використання методів дистанційного зондування для моніторингу аграрних ресурсів України. *Космічна наука і техніка*. 2010. Т. 16, № 6. С. 16–27.

10. Класифікація та виявлення змін за даними Landsat TM: коли і як коригувати атмосферні ефекти? / К. Сонг, К. Е. Вудкок, К. К. Сето, М. П. Ленні, С. А. Макомбер. *Дистанційне зондування навколишнього середовища*. 2001. 75 (2). С. 230–244.

11. Колотій А. Порівняння біофізичних та супутникових предикторів для прогнозування врожайності пшениці в Україні. *Міжнародний архів фотограмметрії, дистанційного зондування та наук про просторову інформацію*. 2015. Т. XL-7/W3. С. 39–44.

12. Максвелл С. К. Використання супутникових та бортових даних дистанційного зондування поверхні землі для оцінки впливу на навколишнє середовище в дослідженнях раку. *Журнал експозиції та епідеміології навколишнього середовища*. 2010. Т. 20, № 2. С. 176–185.

13. Оцінка ефективності багаточасової інтенсивності радіолокаційного радіолокатора С-діапазону 2 та супутникових зображень відбиття поверхні Landsat-8 для класифікації сільськогосподарських культур в Україні /
14. С. Скакун, Н. Куссул, А. Шелестов, М. Лавренюк, О. Куссул. *Журнал вибраних тем IEEE з прикладних спостережень Землі та дистанційного зондування*. 2015. Т. 9, № 8. С. 3712–3719. doi: 10.1109/JSTARS.2015.2454297.
15. Пал М., Мазер П. М. Оцінка ефективності методів дерева рішень для класифікації ґрунтового покриву. *Дистанційне зондування навколишнього середовища*. 2003. Т. 86, № 4. С. 554–559.
16. Сиротенко О. Б. Вибіркове обстеження сільськогосподарських культур. «Регіональна нарада «Можливості дистанційного зондування Землі та геоінформаційні технології у вирішенні проблем Київщини» (м. Київ, 20–21 берез. 2007 р.). Київ, 2007.
17. Фіоре С., Алоїзіо Г. Grid та сітка управління Cloud Database Grid. *Springer*. 2011. С. 279–306.
18. Фізетті Т. Методологія канадської класифікації сільськогосподарських угідь. *1-а Міжнародна конференція з об'єктно-орієнтованого аналізу зображень*, Зальцбургський університет, Австрія, 4–5 лип. 2006 р. Зальцбург, 2006.
19. Фізетті Т. Щорічна інвентаризація космічних культур для Канади. 2009–2014. С. 5095–5098. doi: 10.1109 / IGARSS.2014.6947643.
20. Чанг Дж. Картування кукурудзи та сої в Сполучених Штатах з використанням наборів даних часових рядів MODIS. *Агрономічний журнал*. 2007. Т. 99, № 6. С. 1654–1664.
21. Шелестов А. Ю., Яйлімов Б. Я. Стан моніторингу фактичного використання земель сільськогосподарського призначення у провідних країнах на основі супутникових даних. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2017. № 12. С. 59–66.

Стаття надійшла 13.08.2023