Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Географічний факультет
Кафедра геодезії та картографії

На правах рукопису
УДК 332:528.7

# ДИСТАНЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Галузь знань 19 – “Архітектура та будівництво”

Спеціальність 193 – “Геодезія та землеустрій”

Освітня наукова програма – “Землеустрій та кадастр”

Випускна кваліфікаційна робота магістра

студентки другого курсу ОР “Магістр”

Денисюк Надії Олегівни

Науковий керівник

кандидат географічних наук, доцент

Тітова Світлана Вікторівна

Допущено до захисту:

Протокол засідання кафедри № ___ від “___” _____2021 року

завідувач кафедри проф. Даценко Л.М.

Київ – 2021

# РЕФЕРАТ

Розглянуто питання дистанційного моніторингу земель сільськогосподарського призначення.

На основі аналізу методів дистанційного моніторингу земель сільськогосподарського призначення, а також визначення основних напрямків сучасних досліджень дистанційного моніторингу в європейських країнах, було встановлено та визначено шляхи вдосконалення дистанційного моніторингу земель сільськогосподарського призначення в Україні.

Застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) як дного з методів дистанційного проведення моніторингу може бути не лише одним із елементів точного землеробства, а дозволяє вирішити цілий ряд проблем, з якими стикається сучасне аграрне виробництво.

Застосування моніторингу сільськогосподарських земель допомагає вирішувати безліч питань, серед яких основними є: інвентаризація сільськогосподарських угідь, створення та систематичне оновлення карт, вимір якісних та кількісних показників ґрунту, оцінка та прогнозування обсягу врожайності, контроль якості збору врожаю, ведення моніторингу стану посівів тощо.

Визначено основні програмні засоби для ведення дистанційного моніторингу (Agisoft Metashape, ArcGis).

*Ключові слова*: земельні ресурси, безпілотні літальні апарати, моніторинг, програмно-технічне забезпечення, вегетаційні індекси.

**ЗМІСТ**

**ВСТУП** ..... **4**
**РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ** ..... **7**
1.1 Поняття, мета та завдання моніторингу земель сільськогосподарського призначення ..... 7
1.2 Аналіз основних показників родючості ґрунтів ..... 13
1.3 Методи проведення моніторингу земель ..... 17
1.4. Проведення аналізу та визначення напрямків сучасних досліджень моніторингу земель в Україні та європейських країнах ..... 22
1.5. Проблеми та перспективи розвитку моніторингу земель в сучасних умовах ..... 32
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1 ..... 35
**РОЗДІЛ 2. ПРАВОВЕ ПІДГРУНТТЯ ТА НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОВЕДЕННЯ МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ** ..... **36**
2.1 Законодавче і нормативне забезпечення моніторингу земель ..... 36
2.2 Шляхи вдосконалення моніторингу земель сільськогосподарського призначення в Україні ..... 39
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2 ..... 44
**РОЗДІЛ 3. ЗДІЙСНЕННЯ МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ БПЛА НА ПРИКЛАДІ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНКОК НА ТЕРИТОРІЇ МОСТІВСЬКОЇ ОТГ** ..... **45**
3.1 Можливості використання БПЛА в сільському господарстві ..... 45
3.2 Розрахунок вегетаційних індексів ..... 50
3.3 Використання результатів моніторингу земель сільськогосподарського призначення ..... 62
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3 ..... 64
**Висновки** ..... **65**
**Список використаної літератури** ..... **67**

# ВСТУП

Система моніторингу земель - це комплексна взаємодія спостережень, збору, обробки, передачі, збереження та аналізу інформації про стан земель, передбачення його змін, розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень щодо запобігання негативним змінам стану земель з урахуванням вимог екологічної безпеки. Для ефективного ведення земельного контролю необхідно мати актуальну базу даних земельних ділянок, землекористувачів, вести реєстр проведених перевірок і порушень, виявлених в ході перевірок. Також потрібно мати карти земельних ділянок з позначенням їх цільового призначення, карти земельних ділянок, призначених для сільськогосподарського виробництва, житлового чи іншого будівництва, карти земель, схильних до вітрової та водної ерозії або іншим процесам, що погіршують якісний стан земель.

Методи дистанційного зондування широко застосовуються в сільському господарстві та агрономії. Застосування дистанційного зондування є необхідним, оскільки моніторинг сільськогосподарської діяльності стикається з особливими проблемами, не характерними для інших галузей економіки.

Необхідність своєчасного отримання інформації щодо стану землі є основним фактором, що лежить в основі сільськогосподарської статистики та відповідних систем моніторингу. Інформація мало вартує, якщо вона стає доступною занадто пізно. Безпілотні літальні апарати як метод дистанційного зондування може суттєво сприяти створенню своєчасного та точного уявлення про аграрний сектор, оскільки вони є придатними для збору інформації на великих територіях з високою частотою повторних відвідувань.

Безпілотні літальні апарати є інноваційним інструментом у сільському господарстві, оскільки вони надають фемерам передові технології для керування рослинністю та врожаєм.

Використання безпілотних літальних апаратів для моніторингу земельної ділянки також приходить на заміну дорогим і порівняно повільним методам збору інформації з поверхні Землі, одночасно гарантуючи невтручання людини у природні процеси на спостережуваних територіях або об'єктах.

**Актуальність роботи** обумовлена тим, що по оцінкам дослідників до 2050 року населення Землі складатиме 9-10 млрд., аби прогодувати таку кількість людства уже на сьогодні постають глобальні задачі щодо підвищення ефективності використання земель, на яких можливо вирощувати продукти харчування (тобто мовою українського законодавця йдеться про землі сільськогосподарського призначення). У зв’язку з тим, що наземні способи оптимізації виробництва на ґрунтах уже вичерпані, постає питання щодо підвищення ефективності використання уже наявних і високоефективних засобів моніторингу земель сільськогосподарського призначення з повітря за допомогою поліпшення та розширення функціоналу зняття даних з безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та супутників, що здійснюють дистанційне зондування земної поверхні.

**Об’єктом** роботи є земельні ділянки на території Мостівської ОТГ. **Предметом** роботи є: моніторинг показників родючості земельних ділянок сільськогосподарського призначення на території Мостівської ОТГ.

**Метою** роботи є розкриття особливостей проведення моніторингу земель сільськогосподарського призначення із застосуванням безпілотних літальних апаратів.

Завдяки коректного визначення мети нашого дослідження нами було сформульвано наступні **завдання:**

1) визначити необхідність пошуку нових методів моніторингу земель з метою підвищення продуктивності використання ґрунтів та чому наявні системи моніторингу на сьогодні не справляються зі своїми задачами;

2) розкрити та оцінити сучасний рівень дистанційного зондування Землі;
3) проаналізувати міжнародні організації та проекти, що націлені на діяльність у сфері дистанційного зондування;
4) описати шляхи вдосконалення механізму дистанційного зондування;
5) дослідити європейський досвід у втіленні проектів у сфері дистанційного зондування, а також правовий режим охорони інформації отриманої в результаті реалізації таких проектів;
6) практично здійснити моніторинг земель сільськогосподарського призначення з використанням БПЛА на прикладі земель на території Мостівської ОТГ.

# РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

## 1.1 Поняття, мета та завдання моніторингу земель сільськогосподарського призначення

Ефективність здійснення управління земельним фондом, ухвалення рішення у сфері дотримання земельного законодавства, перш за все, залежить від того, чи наявні обґрунтовані та точні дані про якісний стан земель, відповідні зміни на них. Потужним джерелом таких даних є моніторинг земель.

Традиційно під моніторингом земель розуміють, певну систему спостережень за станом земель, аби своєчасно виявляти зміни, надавати їм певну оцінку, застерігати появі негативних наслідків та усувати їх. Оскільки моніторинг земель став реакцією на те, що інтенсивність виробництва на ґрунтах стала підвищуватись у зв'язку зі стрімким розвитком техніки, біо-хімічних досліджень, які надають ринку широкий вибір «пришвидшувачів» виробництва, що призводить до надмірного навантаження на ґрунти, а також засорення їх тяжкими металами, пестицидами, радіонуклідами, а також руйнівна дія ерозії, дегуміфікація, засолення, осолонцювання та інші деградаційні процеси на ґрунтах [1].

Розкриваючи сутність моніторингу, як процесу: це здебільшого робота, пов'язана із застосуванням технічних засобів та інформаційно-аналітичних методів, а саме: взяття проб ґрунтів, проведення грунтово-геоботанічних обстежень, аналізів і вимірів хімічного і біологічного складу ґрунтів, їх фізичного стану. Тобто, моніторинг – це поєднання попереджувального, поточного і наступного (спрямованого на майбутнє контролю).

На противагу земельному кадастру, моніторинг земель відрізняється тим, що реєструє нехтування закріпленими нормами антропогенного

навантаження на земельні ресурси, зосереджується на виявленні несприятливих ситуації у використанні та охороні земель.

Тема моніторингу земель цікавить і науковців, так в наукових працях Панаса Р. розкриваються численні переваги застосування дистанційного зондування землі (такі як: висока точність та швидкість виконання робіт, мобільність, здатність знімати масштабні і складні за конфігурацією ділянки та багато інших) при проведенні робіт з землеустрою і зокрема моніторингу земель [1].

Питання розвитку земельних відносин та моніторингу сільськогосподарських угідь із застосуванням систем дистанційного зондування земель досить актуальне, що й зумовлює значну кількість публікацій. Так, І.Ф. Букша досліджував досвід та перспективи застосування передових технологій для поліпшення інформаційного забезпечення про наявні земельні ресурси [2]; О.С. Дорош вивчав специфіку інвентаризації земель: методичні підходи до її проведення [3]; В.М. Жук аналізував особливості обігу земель сільськогосподарського призначення [4], тоді як В.І. Зацерковний досліджував використання геоінформаційних технологій в аналізі ґрунтового покриву [5], проводив аналіз можливості підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва при застосуванні ГІС-технологій у завданнях управління [6], аналізував геоінформаційні системи і системи дистанційного зондування земель для ефективного землекористування [7]. Європейський досвід розвитку земельних відносин досліджували Т.О. Зінчук і В.Є. Данкевич [8]; Ю.О. Лупенко та О.В. Ходаківська детально розглянули специфіку трансформації земельних відносин у сільському господарстві [9] та запропонували наукові засади запровадження обігу сільськогосподарських земель [10]; В.І. Лялько вивчала особливості використання матеріалів космічної зйомки на етапах створення гідрогеологічної моделі конкретної території [11]. Крім того, В.І. Лялько, О.І. Сахацький, Г.М. Жолобак та О.А. Апостолов окреслили специфіку застосування космічної зйомки для ідентифікації посівів основних

сільськогосподарських культур південних регіонів України [12]. Сучасні проблеми моніторингу грунтового покриву в Україні проаналізував М. Маланчук [13]; Ю.С. Петлюк вивчав правові аспекти моніторингу сільськогосподарських угідь [14].

Моніторинг здійснюється виключно державними органами управління, які опікуються земельним фондом. Порядок управління регламентується Урядом України.

Моніторинг земель не є відособлено існуючим явищем, а входить до складу загального моніторингу стану навколишнього природного середовища, що існує в рамках так званої Єдиної державної системи екологічного моніторингу. Моніторинг здійснюється відповіднодо загальнодержавних, регіональних та місцевих програмам.

Основу моніторингу складає нагляд за змінами, що відбуваються в грунтах, з метою встановлення першопричин (чинників), що призвели до негативних змін. В ході такого спостереження виникає необхідність в удосконаленні земельного законодавства, коригуванні вже діючих норм, сприючись на наявні дослідження та праці науковців у сфері моніторингу земель.

Моніторинг здійснюється на всій території щодо будь-яких земельних ділянках незалежно від форми власності, цільового призначення та характеру використання. Це свідчить про те, що перешкоджати співробітникам державної служби моніторингу земель користувачі земельних ділянок не мають права, оскіль нагляд є абсолютним та виявляється у праві представників державного органу проводити необхідні виміри, вивчення, огляд, щодо тих земельних ділянок, де вбачають необхідність в таких діях.

Метою моніторингу земель є встановлення та прогнозування змін у землекористуванні, які очікуються від господарської діяльності, та наслідків, що можуть виникнути при цьому [15].

Державний моніторинг залежно відглобальності проведення дослідження і територій, які включені до даного процесу, може бути:

- загальнодержавним (спостереження здійснюється на всій території України);
- регіональним (таким, що здійснюється в межах однієї чи декількох областей, або відповідно до існування певних економічних зон, або відповідних до меж існування певних фізико-географічних регіонів тощо);
- локальним, місцевим (здійснюється натериторіях, що менші аніж регіони: міста, райони тощо; в рамках даного типу моніторинту можливим є також встановлення нагляду за окремими землекористувачами).

Основним завданням моніторингу на сьогодні є наповнення і забезпечення функціонування інформаційних систем щодо становища земельних ресурсів, відповідний рівень їх включення у господарське чи інше використання.

Предметом здійснення моніторингу є цілісний земельний фонд, при чому не є визначальним встановлена на земельній ділянці форма власності чи її цільове призначення.

Об'єктом проведення моніторингу аналогічно є всі землі в країні, і незалежно від встановлених форм власності, цільового призначення та характеру використання.

Моніторинг земель проводиться окремо щодо земель різного цільового призначення. Так, здійснюється моніторинг земель сільськогосподарського призначення, земель населених пунктів та поселень, земель промисловості, транспорту, зв'язку та іншого несільськогосподарського призначення і т. д.

Основними завданнями моніторингу земель (згідно зі ст. 192 Земельного кодексу України) є передбачати та запобігати еколого-економічним наслідкам деградації земельних ділянок з метою запобігання або усунення дії негативних процесів [16].

Згідно зі ст. 192. Земельного кодексу України ведення моніторингу земель направлено на виконання наступних завдань [16]:

- вчасне викриття щодо змін стану земельних ресурсів, оцінка тих змін, що вже відбулися, передбачення і розроблення рекомендацій про запобігання або про ліквідацію негативних наслідків, що відбуваються в ґрунтовому шарі земель. Задля її здійснення органи проводять систематичні спостереження за станом водної та вітрової ерозії ґрунтового шару земель, ймовірністю втрати гумусу або погіршення структури, за забрудненням земель пестицидами, іншими токсичними речовинами, за станом берегової лінії річок, морів, водосховищ, за рівнем забруднення земель звалищами, місцями поховання небезпечних радіоактивних відходів, автомобільними стоянками і т. д;
- інформаційна підтримка дії державного земельного кадастру, державного земельного контролю за раціональним використанням і охороною земельних ресурсів, землеустрою, а також здійсненням інших функцій державного і муніципального управління землями, забезпечення контролю за раціональним використанням і охороною земель;
- забезпечення населення даними щодо стану навколишнього середовища в частині реального становища земель. Користування даними, отриманими державними органами з моніторингу земель, представляється можливим як для громадян, так і для юридичних осіб, міжнародних організацій. З метою здійснення останніх двох завдань державного моніторингу земель застосовуються різні способи збирання необхідної інформації.

Збір інформації задля здійснення моніторингу може відбуватись з залученям:

-дистанційного зондування (зйомка і спостереження з космічних апаратів, літаків);

-мережі постійно діючих полігонів, еталонних стаціонарних та інших ділянок, межових знаків;

-наземних зйомок, спостережень і обстежень;

-відповідних фондів даних.

Зміст моніторингу земель складають різноманітні дослідження з різних аспектів: досліджуються процеси, пов'язані з погіршенням родючості ґрунтів, засоренням сільськогосподарських земель бур'янами і чагарниками, забрудненням земель пестицидами, важкими металами та іншими речовинами. Також спостереження стосується процесів утворення ярів, зсувів та інших природних явищ, станом земель, зайнятих господарськими об'єктами, включаючи місця захоронення токсичних промислових відходів і радіоактивних матеріалів.

Здійснюючи моніторинг земель ми звертаємо увагу на два напрями: природна якість та якість створена в процесі виробництва. Аналізуючи, що є складниками моніторингу при визначенні природної якістості, ми можемо назвати такі засоби: характеристика фізичних, хімічних біологічних ознак ґрунту; характеристика рельєфу; комплекс лабораторних досліджень. Такі показники встановлюється результаті здійснення бонітування ґрунтів. Що стосується встановлення якості грунту, яка створена в процесі виробництва, також необхідним є побудова оптимальної системи обробітку ґрунту; режим використання органічних і мінеральних добрив; система меліорації земель; системи заровадження новітніх технології; системи поліпшення ґрунтів. Вирішення цих питань має перспективний характер, хоча і потребує проведення геоботанічних обстежень, хімічних аналізів, встановлення методика їх проведення.

Проведення моніторингу земель залежно від періодичності їх здійснення може бути:

-базовим моніторингом (проводиться з метою отримання даних щодо стану земель на момент початку ведення моніторингу);

-періодичним монторингом (збір даних про стан земель на певний період – раз в декілька років);

-оперативні (дані про стан земель на теперішній момент).

Результати проведення моніторингів сприяють формуванню даних на основі яких приймаються рішенння про можливість чи неможливістьрозміщення того чи іншого об'єкта, визначаються дозволені види землекористування, тобто не допускається той вид землекористування, який може зашкодити конкретним землям. За допомогою моніторингу також вдається зафіксувати відхилення у поведінці землекористувачва, викриваючи правопорушення, пов'язані з забрудненням, зараженням і іншими видами деградації земель, а також такому випадку, є доказами вини правопрушників при притягнені їх до відповідальності.

## 1.2 Аналіз основних показників родючості ґрунтів

Проблеми щодо охорони земель викликанні тим, що система функціонування Держгеокадастру, а також система заходів щодо моніторингу земель об'єктивно функціонує на низькому рівні функціонування. Невпорядкована земельна документація та недосконале нормативно-правове регулювання також несе свій негативний вплив на охорону земель. Все ще актуальними постають питання організації освітньої роботи серед населення, з метою підвищення суспільної свідомості щодо охорони земель, а також слугування підвищенню ефективності праці у відповідних контролюючих органах державної влади, безпосереднім обов’язком яких є здійснення повноважень щодо охорони земель.

Однак позитивним явищем все ж можна вважати, що Кабінет Міністрів України розпорядженням від 5 січня 2021 р. № 6-р передав державну установу «Інститут охорони ґрунтів України» до сфери управління Держгеокадастру [21].

До того, як КМУ прийняв це рішення, дана держустанова була підпорядкована Міністерству розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України. Зараз же згідно з Положенням про Державну службу України з питань геодезії, картографії та кадастру, затвердженого

постановою Кабінету Міністрів України від 14 січня 2015 р. № 15, Держгеокадастр здійснює державну політику, наприклад, у сфері державного нагляду (контролю) в агропромисловому комплексі в частині дотримання земельного законодавства, використання та охорони земель усіх категорій і форм власності, родючості ґрунтів. Тому рішення Кабінету Міністрів України про передачу державної установи «Інститут охорони ґрунтів України» до сфери управління Держгеокадастру забезпечить вищу продуктивність виконання Держгеокадастром своїх повноважень.

Відповідно до положень Закону України "Про охорону земель" від 19 червня 2003 р. [40] визначаємо «охорону земель» як багатоаспектну систему, яка втілює в собі правові, організаційні, економічні, технологічні та інші механізми дій, метою яких є скерування діяльності землекористувачів на раціонально-свідоме використання земель, перешкоджання необґрунтованому втягенню земель сільськогосподарського призначення до різноманітних видів несільськогосподарської діяльності, протекція від шкідливого антропогенного впливу, відтворення і зростання родючості ґрунтів, поліпшення продуктивності земель лісового фонду, втілення особливого режиму використання земель природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного та історико-культурного цільового спрямуваня.

Прагнучи до високої якості ґрунтів, ми ставимо на меті забезпечення максимально можливої продуктивності виробництва, і в той же час оминути істотні деградаційні процеси та максимально мінімізувати забруднення навколишнього середовища. Визначальними характеристиками якісного стану ґрунтів на рівні закону в Україні виокремлено такі показники: прийнятний вміст поживних речовин, фізикохімічні властивості, рівень забрудненості та ін. [16].

В Україні діє декілька центрів, діяльність яких безпосередньо пов’язана з дослідженнями стану ґрунтів, мова йде про: обласні проектно-технологічні центри з охорони родючості земель Міністерство аграрної політики та продовольства України, Державне підприємство «Головний

науково - дослідний і проектний інститут землеустрою», Державна служба з питань геодезії, картографії та кадастру, також: спеціалізовані підприємства в областях, державні сільськогосподарські дослідні станції та інститути агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук, мережа пунктів спостережень Українського гідрометеорологічного ценру, гідрогеологолічні та меліоративні експедиції, обласні санепідеміологічні станції тощо. Всі вони використовують власні підходходи до застосування та аналізу, по суті, стандартних показників, що можуть бути зібрані.

Загальні показники родючості ґрунтів, що є найбільш використовуваними різними центрами досліджень є: pH водної і сольової витяжки, форми потенційної кислотності, окисно-відновний потенціал; загальний вміст гумусу і його якісний склад; активність іонів у системі ґрунт - ґрунтовий розчин структурно-агрегатний склад ґрунту та водотривкість агрегатів; вміст рухомих форм макро- та мікроелементів; ступінь нагромадження в ґрунтах важких металів як стосовно загального їх вмісту, так і форм сполук;водопроникність та польова вологість ґрунту; щільність складення в рівноважному стані;ємність вбирання і склад обмінних катіонів; і та ін. [8].

Застосовуючи такі показники ми маємо можливість повно та об’єктивно оцінювати нинішній стан ґрунтів, передбачати динаміки, що матимуть місце в найближчому майбутньому, а за деякими показниками навіть робити прогнози на віддалене майбутнє. Однак, все таки проблемою залишається той факт, що різні організації, різні структурні одиниці по-різному тлумачать комплексний результат отриманий за певними показниками, оскільки таким чином ми не можемо отримати цілісну картину щодо якості ґрунту, як в різних регіонах, так і побачити загальнодержавну картину.

Часто використовуваною системою аналізу родючості ґрунтів є так звана система комплексних показників, коли за допомогою низки різноманітних ознак, що є ключовими при дослідженні ґрунтів,

вираховується узагальнена оцінка родючості з урахуванням відображеної дослідженнями ефективності та ймовірної еволюції даної земельної ділянки. Недоліком такого підходу на думку спеціалістів є те що такий метод розрахунку може призвести до не об'єктивного відображення дійсності через те, що різні установи застосовують різну вибірку, а конкретно закріпленої вибірки не існує, а абсолютно різні вибірки, шляхом підбору вдалих показників можуть призводити до однакового значення в абсолютно різних на станом земельних ділянок.

Не містить такого недоліку метод оцінки родючості ґрунту, коли застосовується система розрахунку зведеного показника якості ґрунтів, в такій системі підрахунку першочергово обирають за бажанням показники, провадять відповідне функціональне перетворення виокремлених показників аграрно-хімічних та фізико-хімічних властивостей, а потім компелюють середнє геометричне вже змінених показників – виокремлених параметрів оптимізації [9].

Основним плюсом здійснення оцінювання якості сільськогосподарських земель вважається можливість здійснення такої оцінки на будь-якій території. Для підрахунку зведеного показника якості ґрунтів використовуються відомості агрохімічної паспортизації, в результаті проведення якої маємо змогу синтезувати та аналізувати дані про зміни в якісних характеристиках ґрунту за період між проведеннями чергових обстежень. Агрохімічну паспортизацію, за загальним правилом, здійснюють кожні 5 років, а коли виникає необхідність, може проводитись щорічно, - таким чином саме за такими циклами можна відстежувати стан земель.

Наведені вище системи аналізу показників родючості ґрунтів переважно беруть за основу виключно фізико-хімічні властивості ґрунтів, в той час, як бонітування, економіко-грошова оцінка враховують ще й результативність здійснення господарської діяльності на даній земельній ділянці (зазвичай таким показником є аналіз отримання сільськогосподарського урожаю на даній земельній ділянці). Наведені нами

системи аналізу показників спираються на виключно оцінку земельної ділянки як ресурсу, «матеріалу», абстрагуючись від соціальних та економічних чинників впливу на ефективність використання. Така оцінка урівнює всіх діючих землекористувачів та здатна продемонструвати дійсну якість самої землі. Такі критерії можуть активно застосовуватись при моніторингу ґрунтів, як засіб охорони ґрунтів, а також як агрохімічний доказ, що підтверджує порушення вимог закону щодо користування земельними ділянками, та наступному застосуванні санкцій до порушників. Так, якщо в ході перевірок буде встановлено, що рівень деградації ґрунтів значно перевищує допустиме критичне значення, це означатиме, що землям завдавалась значна шкода в ході виробничого використання, а констатування що показник деградації земель досягнув фатального значення, що свідчить про повну втрату можливості відновити показники родючості сільськогосподарських земель, має тягти за собою ще серйозніші санкції. В той час як у разі стабільної динаміки покращення стану ґрунту за різними показниками може бути підставою застосування різноманітних механізмів стимулювання таких землекористувачів.

### 1.3 Методи проведення моніторингу земель

Методи дистанційного зондування широко застосовуються в сільському господарстві та агрономії. Застосування дистанційного зондування є необхідним, оскільки моніторинг сільськогосподарської діяльності стикається з особливими проблемами, не характерними для інших галузей економіки.

Перш за все, сільськогосподарське виробництво дотримується сильних сезонних закономірностей, пов’язаних із біологічним циклом життя сільськогосподарських культур. По-друге, виробництво залежить від фізичного ландшафту (наприклад, типу ґрунту), а також змінних кліматичних факторів та практики управління сільським господарством. Усі змінні дуже

мінливі в просторі та часі. Більше того, оскільки продуктивність може змінюватися протягом коротких періодів, через несприятливі умови вирощування, системи моніторингу сільського господарства повинні бути своєчасними.

Таким чином, як зазначає Продовольча та сільськогосподарська організація ООН, необхідність своєчасності є основним фактором, що лежить в основі сільськогосподарської статистики та відповідних систем моніторингу - інформація мало вартує, якщо вона стає доступною занадто пізно. Дистанційне зондування може суттєво сприяти створенню своєчасного та точного уявлення про аграрний сектор, оскільки воно дуже підходить для збору інформації на великих територіях з високою частотою повторних відвідувань.

Необхідним є збільшення інвестицій у систему моніторингу сільського господарства через дистанційне зондування. Звідси випливає тверде переконання, що необхідний пильний контроль за системами сільськогосподарського виробництва, оскільки сільське господарство має сильно збільшити своє виробництво, щоб прогодувати дев'ять мільярдів людей, передбачених до середини століття. Такого збільшення виробництва необхідно досягти, мінімізуючи вплив сільського господарства на довкілля. Досягти цієї мети складно, оскільки сільське господарство має справлятися зі зміною клімату та конкурувати з землекористувачами, які не беруть участь у виробництві продуктів харчування (наприклад, виробництво біопалива, розширення міст тощо). Необхідно ретельно стежити за необхідними змінами та переходами, щоб забезпечити осіб, які приймають рішення, зворотній зв'язок щодо своєї політики та інвестицій.

З того моменту, як людство активно почало засвоювати космічні простори, однією з основних задач стало – налагодження дистанційного спостереження за Землею. Вперше такі зображення на постійній основі став надавати американський супутник ERTS-1 (пізніше змінивший свою назву на Landsat - 1) ще в 1972 р.

Непередбачуваний сильний дефіцит пшениці в СССР наприкінці 60-х років 20 сторіччя звернув увагу на важливість своєчасного та точного прогнозування світових запасів продовольства. Як результат, у 1974 р. USDA спільно з Національним управлінням з аеронавтики і дослідженням космічного простору та Національним управлінням океанічних і атмосферних досліджень ініціювали експеримент з інвентаризації великих площ (LACIE). Метою цього експерименту було вдосконалення вітчизняних та міжнародних методів прогнозування врожаю. Завдяки вдосконаленням, які стали доступними з датчика Національного управління океанічних і атмосферних досліджень AVHRR (вдосконалений радіометр із дуже високою роздільною здатністю), що дозволяє здійснювати щоденний глобальний моніторинг, програма AgRISTARS (дослідження сільського господарства та ресурсів за допомогою аерокосмічного дистанційного зондування) була започаткована на початку 1980-х . Завдяки дослідженню, проведеному в рамках цих спільних програм Національного управління з аеронавтики і дослідженням космічного простору та Національного управління океанічних і атмосферних досліджень, було виявлено значний потенціал використання віддаленої інформації для моніторингу та управління сільськогосподарськими угіддями. Однією з останніх зусиль, яку розпочали NASA та Міністерство сільського господарства США (FAS), є проект Глобального моніторингу сільського господарства (GLAM) [19].

Проект GLAM зосереджений на застосуванні даних від приладу MODIS (Spectroradiometer Imaging Resolution Imaging Spectroradiometer) для забезпечення потреб системи підтримки прийняття рішень у сфері дистанційного зондування Землі.

Окрім системи GLAM USDA (FAS), в даний час існує кілька інших регіональних та глобальних оперативних систем моніторингу сільського господарства, що надають важливу сільськогосподарську інформацію в різних масштабах :

• Система раннього попередження про голод USAID (FEWS-NET);

• Глобальна система інформації та раннього попередження (GIEWS) Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН;

• Діяльність Європейського комітету з моніторингу сільськогосподарських ресурсів (MARS) в Іспра (Італія) з двома різними темами: оцінка сільськогосподарського виробництва країн ЄС (Agri4Cast) та оцінка продовольчої безпеки в країнах, що не забезпечують продовольство (FoodSec);

• програма Європейського Союзу з глобального моніторингу продовольчої безпеки (GMFS);

• Програма спостереження за врожаєм в Інституті програм дистанційного зондування (IRSA) Китайської академії наук (CAS).

На сьогодні людство має цілу низку супутникових систем, що запущені різними країнами, які безпосередньо націлені на дослідження природних ресурсів на поверхні Землі. Свідчення, які ми отримуємо із супутників дистанційного зондування землі застосовуються в різноманітних газулях щодо моніторингу Землі. Не є виключенням в рамках таких досліджень і застосування відповідної інформації задля вивчення стану сільськогосподарських земель. Найбільш широко використовуються для моніторингу рослинності ДДЗ у видимій, ближній ІЧ і середній ІЧ зонах електромагнітного спектра. Супутникові зображення в цих зонах спектру допомагають ефективно виокремлювати зелену рослинність від інших типів земного покриву. Створення моніторингу сільськогосподарських земель вимагає високого рівня знань про спектральні відбивні властивості об'єктів, що спостерігаються. До таких об'єктів, в першу чергу, належать сільськогосподарські культури,за якими ведуться спостереження. Відбивні властивості сільськогосподарських культур доволі високоякісно вивчені завдяки даними наземних служб та спостережень з літаків.

Вже на початку 80-х років Такер та його співробітники показали, що зелену рослинність можна контролювати за її спектральними властивостями відбиття. Сьогодні великий спектр супутникових датчиків регулярно надає

нам дані, що охоплюють широкий спектральний діапазон (від оптичного до мікрохвильового). Дані отримуються з різних орбіт та з різними просторовими та часовими роздільними здатностями. Для отримання шуканої інформації було розроблено велику кількість засобів спектрального аналізу. Окрім спектральної сигнатури, корисну інформацію можна також отримати, аналізуючи часову сигнатуру та властивості відбиття спрямованості рослинності. Подальшу корисну інформацію також можна отримати з просторового розташування пікселів, тобто текстури зображення, навіть із грубою роздільною здатністю[20].

Для кращого розуміння у чому полягає відмінність між різними типами даних дистанційного зондування Землі, слід усвідомити, що існує чотири категорії, які виокремлюються згідно з величиною просторового розрізнення: так існують дані низького розрізнення (близько 1 км), дані середнього розрізнення (150-300 м), високого розрізнення (20-80 м), надвисокого розрізнення (до 20 м).

Дані надвисокого розрізнення переважно не застосовуються для моніторингу та аналізу рослинності, як на регіональних, так і на національних рівнях, у зв’язку з тим: що вартість застосування таких супутників є надто високою, неможливо одержувати таку інформацію часто і в той же час забезпечувати охоплення великих територій.

Приладами, які застосовуються для дистанційного зондувння земель сільськогосподарського призначення може бути:

1) AVHRR (серія супутників NOAA1..17) спектральні канали і просторове розрізнення при зніманні в надір якого становлять: 0,58-0,68 мкм (1100 м) 0,73-1,00 мкм (1100 м) I, 58-1,64 мкм (1100 м) 3,55-3,93 мкм (1100 м) 10,3-11,3 мкм (1100 м) II, 5-12,5 мкм (1100 м); періодичність зйомки: 1-2 доби; активно діє 1973 р.; на сьогодні діючими є NOAA-12,15,16, 17.

2) Vegetation (SPOT-5) спектральні канали і просторове розрізнення при зніманні в надір якого становлять: 0,43-0,47 мкм (1100 м) 0,61-0,68 мкм

(1100 м) 0,78-0,89 мкм (1100 м) 1,58- 1,75 мкм (1100 м); періодичність зйомки: 1-2 доби; активно працює з березня 1998 р та ін [28].

Активне застосування даних дистанційного зондування з метою моніторингу земель сільськогосподарського призначення почалось 70-х роках минулого сторіччя.

Вибір приладу яким буде здійснюватись виконання конкретного завдання моніторингу обумовлюється характеристиками конкретного приладу. З метою проведення загального, глобального моніторингу зазвичай застосовують супутники з низьким розрізненням даних, оскільки вони є сприятливими для швидкого отримування даних щодо великих об'ємів поверхні землі, однак такі прилади не дозволяють отримати більш детальну інформацію, зокрема щодо відособлених сільськогосподарських полів.

Зазвичай отриманні зі супутників низького розрізнення дані застосовуються з метою прогнозування врожайності на великій земельних охопленнях, якісної оцінки стану посівів; щодо даних високого розрізнення то вони зазвичай отримуються з метою картографування посівів, визначення їх становища, прогнозування врожайності на локальному рівні; середньо розрізненні дані потрібні для картографування посівів, а також для відповідного регулярного їх моніторингу. Завдяки їм можна вирішувати завдання оцінки стану посівів і прогнозування врожайності.

## 1.4. Проведення аналізу та визначення напрямків сучасних досліджень моніторингу земель в Україні та європейських країнах

Діяльність із дистанційного зондування Землі провадиться на благо усього людства, що населяє Землю. Активно цим займається і спільнота Євросоюзу. Ключовою структурою, яка сприяє оптимізації співпраці науковців у рамках європейських дослідницьких проектів є Спільний дослідницький центр JRC (Joint Research Center), він склається з семи

різнонаправлених науково-дослідних інститутів, що розмістились в п’яти різних європейських країнах.

Метою їх функціонування є всебічне сприяння і забезпечення науковою підтримку проектної діяльності Євросоюзу та Єврокомісії. Очевидним є те, що вони застосовують дані дистанційного зондування земельних поверхонь у своїх цілях. Варто відмітити той факт, що цей напрям діяльності дійсно є досить «живим» та таким, що активно розвивається.

Моніторинг сільськогосподарських земель проводиться в JRC головним чином з метою виділення, виявлення та вимірювання основних площ рослинництва в Європі, оцінки виробництва на початку року та перевірки обґрунтованості заявок фермерів на отримання субсидій ЄС. Європейська комісія використовує дані супутникових спостережень за землею як економічно ефективний спосіб збору необхідної інформації про моніторинг.

JRC підтримує імплементацію Спільної сільськогосподарської політики (CAP) та її інструментів, таких як стандарти належних сільськогосподарських та екологічних умов (GAEC) та Система сільськогосподарських консультацій (FAS). Це також сприяє цифровій програмі для Європи та "Інтегрованій промисловій політиці в епоху глобалізації" щодо обміну екологічними спостереженнями та встановлення стандартів.

Моніторинг JRC за сільським господарством за допомогою дистанційного зондування розпочався у 1988 році з метою надання незалежної та своєчасної інформації про площі посівів та врожайність із використанням нових космічних технологій. JRC зосереджується на передбаченні та реагуванні на постійно розвиваються потреби, пов'язані з моніторингом сільського господарства.

Протягом багатьох років діяльність JRC призвела до декількох інноваційних розробок, таких як управління за допомогою дистанційного зондування (CwRS), Цифрова система ідентифікації земельних посилок

(LPIS) та вимірювання площі посилок за допомогою пристроїв Глобальної навігаційної супутникової системи (GNSS).

JRC надає наукову та технічну підтримку впровадженню Інтегрованої системи адміністрування та контролю (IACS), впровадженню перехресних збігів та управлінню інформацією, пов'язаних із положеннями CAP.

Досвід, розроблений в рамках JRC, включає дослідження та методи, що використовуються для проведення статистики, обробки та інтерпретації зображень (із супутникових або повітряних засобів збору інформації спостережень), управління геоінформаційною системою (ГІС) та веб-інформаційних технологій, геоматики та GPS (ортофото, масштабне картографування, вимірювання посилок), стандартизація та контроль якості.

Цифрова система ідентифікації земельних ділянок (LPIS)- система ідентифікації земельних ділянок (LPIS) була розроблена як основний інструмент для реалізації першого стовпа CAP, завдяки чому прямі платежі здійснюються фермеру після того, як земельна ділянка та площа, що підлягають виплатам, будуть визначені та визначені кількісно.

JRC бере участь у процесах стандартизації з метою підвищення взаємодії просторових даних за допомогою базової моделі LPIS та підтримує розробку зручних програм для документування даних. Крім того, він підтримує держави-члени ЄС, надаючи настанови щодо виготовлення ортозображень.

JRC адаптує нещодавно розроблені методології, практики та шаблони, щоб допомогти вдосконалити програми LPIS та IACS-GIS (Інтегрована система адміністрування та управління - Географічна інформаційна система).

JRC робить внесок у процеси стандартизації шляхом розробки та гармонізації методів контролю LPIS для перевірки заявок на CAP.

Він також надає державам-членам ЄС робочі документи, навчальні курси та консультаційні послуги, а також допомагає їм перевірити ефективність роботи своїх систем шляхом впровадження системи забезпечення якості.

JRC розробляє веб-портал забезпечення якості LPIS та інтегрує консолідовані рекомендації на своєму веб-сайті MARS WikiCAP.

Вживаються два основні підходи: управління за допомогою дистанційного зондування (CwRS), яке виконується із використанням супутникового дистанційного зондування, та вимірювання посилок глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS, GPS), які виконуються за допомогою супутникової навігаційної системи, що забезпечує автономне геопросторове позиціонування з охоплення.

Для здійснення контролю за фондовою допомогою, виділеною в рамках САР, всі адміністрації держав-членів ЄС потребують ІКТ та ГІС (Системи ідентифікації земельних ділянок - LPIS).

Основною метою є запобігання дублюванню вимог щодо надання допомоги на той самий відрізок землі, який називається «сільськогосподарські посилки». Це робиться шляхом надання унікальних ідентифікаторів на основі географічних координат. Загалом ЄС-27 містить близько 100 мільйонів сільськогосподарських посилок.

Протягом останніх двох десятиліть JRC надав технічні вказівки та / або підтримку для створення, вдосконалення та, коли це можливо, гармонізації цих інструментів, особливо в нових державах-членах та країнах-кандидатах. На сьогодні JRC продовжує надавати дані для оцінки якості LPIS, що також допомагає зменшити потребу в контролі на місці, тим самим допомагаючи державам-членам економити фінансові ресурси.

JRC відповідає за збір зображень у контексті CAP Controls with Remote Sensing. Отримуються два типи зображень: супутникові знімки та аерофотознімання. Вони використовуються для управління техніко-економічними обґрунтуваннями. JRC також виробляє специфікації збору зображень та проводить порівняльні дослідження нещодавно запущених супутникових датчиків.

Головною перевагою аерофотозйомки щодо супутникових знімків з дуже високою роздільною здатністю (VHR) є те, що вона може охоплювати

набагато більші території (наприклад, великі адміністративні одиниці, такі як повні провінції) за обмежений період часу. Однак придбання аерофотозйомки має також деякі обмеження, такі як обмеження щодо військових зон та смуг повітряного руху.

Хмарний покрив не настільки обмежений для аерофотозйомки, як для супутникових знімків, але метеорологічні умови впливають на радіометричну якість фотографій.

Більше того, час обробки аналогової аерофотозйомки (що вимагає розробки, друку, сканування) може бути довшим, ніж час для обробки супутникових знімків. Тому аерофотозйомка повинна бути організована достатньо заздалегідь, а періоди зйомки мають бути відносно на початку року.

Використання природних або інфрачервоних кольорових зображень дозволяє легше ідентифікувати земельний покрив, тим самим значно зменшуючи необхідність подальших відвідувань на місцях для ідентифікації культур.

Мета перехресного дотримання - сприяти розвитку стійкого сільського господарства та зробити Спільну сільськогосподарську політику (ССП) більш сумісною з очікуваннями суспільства в цілому. Перехресне дотримання є частиною базової лінії для визначення агроекологічних зобов’язань та для розрахунку відповідних платежів.

Фермери, які отримують виплати для підтримання своїх доходів, а також підтримку в реалізації певних заходів з розвитку сільських територій, тобто покращення навколишнього середовища та сільської місцевості, повинні дотримуватися перехресних вимог у цілому господарстві. В іншому випадку фінансова підтримка, яку вони отримують, зменшується або скасовується.

В рамках перехресного дотримання стандарт Добрих сільськогосподарських та екологічних умов (GAEC) розглядає питання щодо ґрунту (ерозія, органічні речовини та структура), мінімальних рівнів

утримання, захисту та управління водними ресурсами та утримання постійних пасовищ.

Система консультування у фермерських господарствах (FAS) - це система консультування фермерів щодо управління землею та фермами, яка також може охоплювати вимоги щодо перехресного дотримання.

JRC сприяє використанню дистанційного зондування та ГІС при впровадженні, управлінні та моніторингу / контролі GAEC. Він також працює над оптимізацією визначення та контролю за загальноприйнятими стандартами добробуту через обмін найкращими практиками та підтримує розробку та просування методів із використанням простежуваності, якості, сертифікації та ведення обліку на рівні ферми / посилки.

JRC також працює на підтримку низьковуглецевих методів ведення сільського господарства. Це сприяє розробці ефективних низьковуглецевих фермерських заходів в ЄС, щоб допомогти адаптуватися до зростаючих рівнів CO2 та зменшити вплив сільського господарства на рівень парникових газів, забезпечуючи при цьому стійке виробництво.

JRC допомагає Європейській Комісії та країнам-членам ЄС зрозуміти, як взаємопов'язані сільське господарство та навколишнє середовище, надаючи наукові знання, отримані в результаті геопросторових та модельних оцінок.

Водозабір для зрошення складає в середньому 24% від загального водозабору в Європі. Тиск на водні ресурси досягає кульмінації в літній період, коли попит на зрошення з боку сільського господарства є найвищим. Інтенсивне сільське господарство також відповідає за погіршення якості поверхневих та підземних вод, включаючи забруднення пестицидами та нітратами.

JRC бере активну участь у вивченні впливу сільського господарства на кількість та якість водних ресурсів.

Обмежені кількості опадів та нестача води мають важливий вплив на наявність продуктів харчування та продовольчу безпеку в ряді регіонів Європи та світу.

Очікується, що зміна клімату посилить вимоги до зрошення та нестачу води, поклавши додаткове навантаження на водозабір та землекористування.

JRC розробив низку інструментів для кількісної оцінки виробництва рослинництва в контексті сталого використання водних ресурсів та бере участь у різних суміжних областях досліджень.

JRC досліджує можливість поєднання моделей прогнозу врожайності, які використовують, наприклад, супутникові показники стану рослинності або індекси задоволеності водою, отримані з агрометеорологічних моделей. Він також проводить просторовий аналіз вразливості, поєднуючи соціально-економічні дані та біофізичні показники.

Більше того, JRC розробляє використання зображень із середньою та високою роздільною здатністю для отримання масок врожаю (тобто карт, що використовуються для фільтрації супутникових показників із низькою роздільною здатністю) та статистичних даних про оброблені площі.

Так, наприклад, представника JRC Гвідо Лемойна, який очолює один з діючих європейських проектів, який носить назву MARS (Monitoring Agriculture with Remote Sensing) активно просуває в маси усебічну інформацію щодо проекту, з метою залучення нових дослідників до проекту.

Починаючи з 1993 року, ця діяльність сприяла більш ефективному та результативному управлінню спільною аграрною політикою (КСП) шляхом надання більш широкого спектру послуг технічної підтримки для Генерального управління сільського господарства та адміністрацій держав-членів. З 2000 року досвід врожайності сільськогосподарських культур застосовується за межами ЄС. Послуги були розроблені для підтримки політики ЄС щодо допомоги та допомоги та забезпечують основи для європейського потенціалу для глобального моніторингу сільського господарства та оцінки продовольчої безпеки.

JRC розробляє методи, інструменти та системи для використання в рамках моніторингу сільського господарства, що застосовується в Європі, Африці на південь від Сахари та інших регіонах світу. Прогнозування врожайності сільськогосподарських культур проводиться для щомісячних бюлетенів, що прогнозують врожайність культур, на підтримку Спільної сільськогосподарської політики ЄС (CAP). Забезпечення раннього попередження про дефіцит врожаю або невдачу дає швидку інформацію про діяльність ЄС з надання допомоги у розвитку на підтримку країн, що не мають безпеки продовольства, як частину роботи JRC щодо глобальної продовольчої безпеки. В рамках CAP постійно вдосконалюються методи та настанови щодо стандартизованого вимірювання площ полів, ідентифікації типів культур, геолокації особливостей ландшафту та оцінки впливу на навколишнє середовище. Такі методи моніторингу сільського господарства є ключовою частиною Інтегрованої системи сільськогосподарського контролю (IACS), яка є основою впровадження CAP в Європі: JRC надає методи та технічні вказівки на підтримку цього впровадження.

У тісно пов’язаних областях JRC проводить оцінку ефективності, результативності, відповідності та стійкості заходів політики, пов’язаних із розвитком сільських територій, адаптацією до кліматичних змін та можливим пом’якшенням наслідків сільськогосподарської політики. Увага приділяється новим заходам, що сприяють розвитку сільськогосподарського біорізноманіття, екосистемних послуг, якості навколишнього середовища та ефективності використання ресурсів.

У роботі з моніторингу сільськогосподарських ресурсів використовується цілий ряд джерел даних, включаючи метеорологічні дані та прогнози, існуючі карти та статистичні дані, позиційну інформацію та дані з дистанційного зондування (із супутників та повітряних джерел). В рамках останньої роботи з моніторингу сільськогосподарських ресурсів успішно розроблені оперативні методи, пов'язані з спостереженням за землею. Діяльність моніторингу базується на досвіді моделювання

сільськогосподарських культур, агрометеорології, методів відбору проб, геопросторового екологічного аналізу, економетрики та використання європейських та глобальних інфраструктур даних. Ця діяльність часто вимагає розробки систем контролю, таких як управління земельними ділянками та перевірки дистанційного зондування, для ефективної реалізації спільної сільськогосподарської політики, включаючи "екологічні" аспекти.

Діяльність MARS розподілена за такими тематичними напрямками:

- Моніторинг сільського господарства
- Прогнозування врожайності сільськогосподарських культур
- Глобальна продовольча безпека
- Сільськогосподарське біорізноманіття
- Сільський розвиток
- Зміна клімату
- Спостереження за Землею.

Проект MARS – це один з компонентів програми Європейської космічної асоціації Copernicus. Вагомим чинником, що сприяв її реалізації, став новий європейський супутник, оснащений апаратурою для радарного сканування Землі Sentinel-1A.Однак, це лише перший супутник програми моніторингу навколишнього середовища Copernicus, яка розрахована більш як на десять років. Наступного року планується вивести на орбіту Sentinel-1B, наступними мають бути два супутники з оптико-електронною апаратурою Sentinel-2 (A і B), потім – ще два з оптико-електронною та радарною апаратурою Sentinel-3 і наостанок – Sentinel-4 та Sentinel-5, призначені, насамперед, для нагляду за станом атмосфери. Усі вни сприятимуть ефективному отриманню та постійному надходженню різноманітних даних, необхідних для захисту навколишнього середовища та задоволення інших потреб в інформації для забезпечення сталого розвитку.

Кожен наступний супутник з запронованої низки спритиме отриманню більшого об’єму даних– від 1 Тбайт/день, до 4 Тбайт/день. Включаючи те, що спутник передбачає можливість досліджувати великі райони такі, як

країни, або виокремлені їх зони. З2015 року до числа територій, які охоплюються дистанційним зондуванням з європейських супутників, входить і Україна.

Важливим напрямом діяльності українських розробників є також створення наземних технологій обробки даних, які одержуються зі супутників. Вагомі кроки у розвитку космічних досліджень зробили й фахівці НТУУ «КПІ», які створили і запустили на орбіту перший український наносупутник. Враховуючи те, що нині, європейські колеги сконцентрувалося на супутниках середньої розрізненності (приблизно у тридцять метрів), і випустили з виду наносупутники з їх високою розрізненністю та значними можливостями, співпраця в цьому сегменті могла б бути дуже цікавою. Платформу наносупутника фахівцями КПІ вже створено, і якщо ми в PolyITAN-3, або PolyITAN-4 закладемо можливості дистанційного зондування Землі, то матимемо можливість мобільної зйомки земної поверхні і розробки сервісу високої розрізненності від одного до п’яти метрів, яка сьогодні відсутня в проектах Єврокомісії.

Однією з базових в українській космічній галузі організацій є НТУУ «КПІ», свідченням чого є запуск у космос першого вітчизняного наносупутника PolyITAN-1. Розробка його проводилася в рамках космічної програми університету. Програма реалізується по п’яти напрямах: перший – розробка в найближчі п’ять років серії п’яти наносупутників; другий – забезпечення участі університету в створенні міжуніверситетського мікросупутника, який розробляється трьома вишами-партнерами – КПІ, Харківським аерокосмічним університетом і Дніпропетровським національним університетом; третій – розробка та реалізація проектів супутникових телекомунікацій; четвертий – участь у всеукраїнському консорціумі з орбітального сервісного обслуговування і п’ятий – це, як і раніше, виконання конкретних замовлень вітчизняних та іноземних компаній у сфері космічних досліджень.

## 1.5. Проблеми та перспективи розвитку моніторингу земель в сучасних умовах

Огляд демонструє сильну роль дистанційного зондування в аграрному секторі. Інформація, що надається дистанційно, терміново потрібна різним особам, які приймають рішення. Запити на об'єктивну інформацію зростатимуть у майбутньому в результаті очікуваних змін у сільськогосподарському секторі (наприклад, задоволення вимог до продуктів харчування та екологічних обмежень).

Наприклад, у випадку максимально ефективного використання даних дистанційного зондування, ця інформація може призвести до великого збільшення виробництва.

Паралельно можна було визначити екологічно чутливі райони з метою їх захисту. Виявлення фенологічних показників не лише допомагає визначити різні покриви ґрунту та сільськогосподарських культур (та умови вирощування сільськогосподарських культур), але в той же час дає докази постійних глобальних / кліматичних змін.

За умови відповідної попередньої обробки часових рядів такі фенологічні показники, як початок вегетаційного періоду, можуть ймовірно, оцінюватись з точністю ± 7–10 днів. Аномалії рослинності, пов’язані з місцевими метеорологічними умовами (наприклад, посуха), можна легко виявити з космосу та поєднати з іншими джерелами даних, щоб вказати на регіони, що зазнають стресу. Ця інформація не тільки важлива для організацій, які займаються продовольчою безпекою, але також може допомогти визначити вразливість регіону до стресу (посухи). Нарешті, виявлення та моніторинг (постійних) змін земельного покриву є, наприклад, важливим для встановлення зв’язків між політичними рішеннями, регуляторними діями та подальшою діяльністю із землекористування.

Завданням на майбутнє буде інтегрування вищезазначених показників, щоб можна було отримати додаткову інформацію. Хоча описані приклади в

основному базувались на загальнодоступних наборах даних (від середньої до низької роздільної здатності), очевидно, що додаткова інформація з високою просторовою роздільною здатністю доступна і повинна бути інтегрована для широкого використання. Таким чином, окрім інвестицій у сільськогосподарський сектор слід посилити, зокрема акцентуючи увагу на відповідні компоненти моніторингу, а також на елементах необхідного моніторингу, що забезпечують ефективне функціонування приладів дистанційного зондування.

Подібно цілям ініціативи GEOGLAM (ГЕО Глобального агрокультурного моніторингу), можна виокремити ти наступні рекомендації:

• Сільське господарство сильно залежить від своєчасності наданої інформації. Інформація нічого не вартує, якщо вона надходить (занадто) пізно. Отже, питання своєчасності слід вирішувати в усіх подіях тим паче якщо в майбутньому така інформація почне продаватись.

• Розробники приладів, які прагнуть долучитись до глобальних проектів, мають обмежений доступ до інформації щодо специфіки роботи супутників, які здійснюють дистанційне зондування, щоб об’єктивно оцінювати свою продукцію в різних екологічних умовах. Потрібні міжнародні зусилля для створення таких мереж сайтів перевірки. Це також потребує значного фінансування з боку космічних агентств або екологічних установ. Цікавими спробами є, наприклад, GeoWiki та JECAM, щодо фінансування таких розробок.

• Космічні агентства та розробники датчиків витрачають величезні кошти на точне радіометричне калібрування розгорнутих приладів, однак ці зусилля мають незначний позитивний ефект, якщо не усунути набагато сильніші радіометричні спотворення, внесені атмосферою. Оперативні реалізації точних алгоритмів корекції атмосфери є обов’язковими, розроблення нових алгоритмів, які будуть враховувати місцеві атмосферні властивості на сьогодні є особливо актуальним.

• У майбутньому мультисенсорні дослідження стануть частими. Таким чином, терміново необхідні дослідження калібрування датчиків.

• Доступ до даних та похідних продуктів часом буває надто складним. Необхідні зусилля, щоб дозволити користувачам дуже просто візуалізувати (і, можливо, завантажити) інформаційні продукти з супутників (наприклад, за допомогою Google Earth).

• Підходи все ще дуже розрізнені і не завжди застосовуються в оперативних ланцюгах обробки. Організації, що фінансують, повинні сприяти міжнародному співробітництву, одночасно обмежуючи адміністративні тягарі при розробці програмних забезпечень для роботи супутників.

• Для потенційних користувачів такими інформаційними послугами, широкий вибір продуктів може виявитись занадто заплутаним. Необхідні зусилля, щоб чітко пояснити мету та специфіку діяльності кожного зі супутників.

• Розробки у сфері космосу на національному та міжнародному рівнях мають бути тими, що заохочуються, та позбавляються від зайвих (зокрема податкових) витрат. Таке рішення посилить зацікавленість в наукових та комерційних програмах дистанційного зондування.

# ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

Враховуючи важливість моніторингу земель як одного з елементів впорядкування земельними ресурсами, що націлене на відвернення та ліквідацію наслідків негативних процесів, можемо констатувати, що постає нагальна необхідність у застосування даних ДЗЗ у веденні моніторингу земель. Оскільки, використання таких інструментів надасть можливість покращити підходи до технології моніторингових досліджень. На сьогодні, геоінформаційні системи і нова технічна база моніторингу земель сприяють підвищенню рівня прогнозування та розробленню науково обґрунтованих рекомендацій, оперативного прийняття рішень із запобігання негативним змінам стану земель і дотримання вимог екологічної безпеки, у зв'язку з гострою необхідністю отримання об'єктивної інформації про стан і використання земель, а також для запобігання негативним змінам їх стану та дотримання вимог їх екобезпечного використання. Наведені в нашому дослідженні приклади програм, а також проаналізовані типи засобів, якими здійснюється дистанційний моніторинг, свідчить про те, що, пе-перше, платформа для вдосконалення дистанційного моніторингу земель вже закладена, а програми щодо таких змін вже активно починають впроваджуватись. Тобто, Україні залишається лише долучитись до цієї загально світової ініціативи.

# РОЗДІЛ 2. ПРАВОВЕ ПІДГРУНТТЯ ТА НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОВЕДЕННЯ МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

## 2.1 Законодавче і нормативне забезпечення моніторингу земель

Щодо особливостей правового регулювання дистанційних методів моніторингу земель, які більш ґрунтовно врегульовані в країнах Європейського Союзу, і саме з їхнього досвіду, який Україна має запозичувати, хотілось би розпочати.

Діяльність європейських операторів з дистанційного зондування ставить питання про те, як захистити дані супутникових спостережень Землі.

Дослідження, проведене від імені Європейської комісії, підтвердило плутанину щодо того, які форми захисту слід застосовувати: авторське право, комерційну таємницю або права власності, а також те, що чинне європейське законодавство не охоплює дані дистанційного зондування.

Фактично більшість європейських операторів використовували захист авторських прав на свої дані. Однак закон про авторське право не ідеально підходить для цієї діяльності, оскільки захист є недостатнім з кількох причин, зокрема, тому що він не застосовується до необроблених даних. Крім того, існував ризик того, що захист може відрізнятися між державами-членами ЄКА через тлумачення національного законодавства про авторське право.

Ідеальним рішенням для дистанційного зондування був захист sui generis, який буде прийнятий на рівні Європейського Співтовариства. Право sui generis означає, що законодавець може "запозичити" принципи зі схожих нормативних актів для захисту даних супутникового дистанційного зондування.

У 1996 році, за участі ЄКА, була введена в дію Директива ЄС про бази даних, яка згодом була транспонована у національне законодавство

державами-членами ЄС. Ця Директива захищає творчі бази даних згідно із законодавством про авторське право та створює унікальний захист - право sui generis - для баз даних, які не відповідають вимогам оригінальності, але які вимагають значних інвестицій. Іншими словами, право sui generis поширює захист на бази даних, що містять матеріали, не захищені авторським правом.

Як результат, дані дистанційного зондування, зібрані в оригінальній базі даних, захищені європейською директивою. Право sui generis надається, якщо база даних є індивідуально доступною та вимагає значних інвестицій.

Що ж до українського законодавства, то дійснення моніторингу земель впорядковує:

– ст. 22 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» [22];

– ст. 191, 192 Земельного кодексу України [23];

– ст. 5, 8, 9 Закону України «Про державний контроль за використанням та охороною земель» (щодо моніторингу ґрунтів земель сільськогосподарського призначення) [24];

– постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження положення про моніторинг земель» від 20 серпня 1993 р. № 661 [25];

– «Про Положення про державну систему моніторингу довкілля» від 30 березня 1998 р. № 391 [26].

Моніторинг земель презюмує дослідження технічної та інформаційно-аналітичної роботи із використання технічних засобів контролю та через контроль якості стану земель, взяття проб і здійснення ґрунтовогеоботанічних та інших обстежень, що є необхідними, а також аналіз та виміри хімічного й біологічного складу ґрунтів, їх фізичного стану. Також під час проведення моніторингу проходить оцінювання та аналіз стану земель, надання на цій базі прогнозів щодо перспектив появи основних негативних процесів на землях, які входять до різних категорій, а також в подальшому розроблення заходів щодо їх відвернення.

Окрім того, здійснення моніторингу включає в себе виконання спостережень за використанням земель, виявлення випадків зловживання, які особливо погіршують якість землі, а також екологічну ситуацію в цілому. Моніторинг земель має виконувати базову роль усіх інших моніторингів та кадастрів природних ресурсів. Тобто дані, отримані при моніторингу земель, повинні бути інформаційною основою для моніторингу інших видів природних ресурсів, а також для ведення державних кадастрів різних видів ресурсів, особливо державного земельного кадастру.

Загалом, ведення моніторингу земель здійснює: Держгеокадастр, якому на сьогодні підпорядкована державна установа «Інститут охорони ґрунтів України», а також певий вплив мають Міністерство охорони навколишнього природного середовища, Міністерства аграрної політики та продовольства тощо.

Так, згідно розпорядження Кабінету Міністрів України від 30.11.2016 № 910-р «Питання Державної служби з питань геодезії, картографії та кадастру» [38] Уряд угодив пропозицію щодо можливості забезпечення здійснення покладених на Держгеокадастр постановою Кабінету Міністрів України від 14.01.2015 № 15 «Про Державну службу України з питань геодезії, картографії та кадастру» [39] функцій і повноважень Державної інспекції сільського господарства, що припиняється, із здійснення державного нагляду (контролю) в агропромисловому комплексі в частині дотримання земельного законодавства, використання та охорони земель усіх категорій та родючості ґрунтів. Власне з моменту прийняття Урядом України цього розпорядження слід вважати, що Держгеокадастр отримав усі функції та повноваження із: «здійснення державного нагляду (контролю) в агропромисловому комплексі в частині дотримання земельного законодавства, використання та охорони земель усіх категорій і форм власності, родючості ґрунтів» [39], передбачені Законом України від 19.02.2003 № 963-IV «Про державний контроль за використанням та охороною земель» [37], які раніше здійснювала Держсільгоспінспекція.

Слід відзначити, що інформація, отримана в ході спостережень за земельними ресурсами, ототожнюється за районами, містами, областями, а також за окремими природними комплексами та передається в пункти збору автоматизованої системи обласних (регіональних) управлінь земельних ресурсів.

Базуючись на результатах оцінювання стану земель готуються звіти, прогнози та рекомендації, які подаються до місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування та Держгеокадастру для вжиття заходів щодо запобігання та усунення наслідків негативних процесів. Незважаючи на достатньо розвинене правове регулювання, але зважаючи на низку об'єктивних та суб'єктивних чинників, спостереження за станом земель сьогодні не складають всеохопної системи. Моніторингу земель досі фактично немає. Існуюча система збирання інформації про стан земель ні за обсягом, ні за змістом не відповідає сучасним вимогам та завданням державного управління у зазначеній сфері.

## 2.2 Шляхи вдосконалення моніторингу земель сільськогосподарського призначення в Україні

Україна володіє значним (найбільшим в Європі) земельним масивом, більшою частиною якого є високоякісні за своїм потенціалом землі сільськогосподарського призначення, які, безумовно, визнанні і на рівні Конституції, і на законодавчому рівні національним багатством, однак все ж нагальною лишається проблема неефективного використання даного земельно фонду. В значній кількості областей доволі частим явищем стало констатування досягнення критичної позначки негативного вливу на землі, і це враховуючи той факт, що моніторинг явно знаходиться на невисоку рівні. Постає зарогроза навіть якщо і не досягнення фатальної позначки, то надто серйозного виснаження, а також засмічення земель. Не слід забувати також, що втрата будь-якого об'єкму земельного масиву з активного і

продуктивного використання для України як все ще аграрної держави може стати вагомим ударом по економіці.

Дані моніторингу земельних ресурсів засвідчують, що останніми роками ґрунти України помітно збідніли і втрачають свої якісні та продуктивні показники.

Стан земельних ресурсів України викликає дедалі більше занепокоєння у зв'язку із прискореним зниженням родючості грунтів: зменшується вміст і погіршується якість гумусу; підсилюються процеси ерозії, вторинного засолення й осолонцювання; розростаються ареали техногенно забруднених і порушених земель [29].

Сучасний стан використання земельних ресурсів України не відповідає вимогам раціонального природокористування. Сільськогосподарська освоєність земель перевищує екологічно допустиму. Так, із загальної площі (60354,9 тис. га) 42726,4 тис. га або 70,8% займають землі сільськогосподарського призначення, в тому числі рілля — 32541,3 тис. га (53,9%); природні кормові угіддя — 7840,5 тис. Га (12,9%); перелоги — 233,7 тис. га (0,4 %); багаторічні насадження — 892,4 тис. га (1,5%) [29].

Щороку площа деградованих і малородючих грунтів збільшується на 80—90 тис. га, внаслідок чого поширюються процеси деградації грунтів. За даними Держгеокадастру України загальна площа сільськогосподарських угідь в Україні, які зазнали згубного впливу водної та вітрової ерозії становить 30,7%, дефляційно-небезпечні грунти займають 19,1% від загальної площ [30].

Рис. 2.2.1 - Деградація земель України в 2020 році

На сьогодні в Україні є актуальним питання проведення повторного (або коригування наявного) суцільного ґрунтового обстеження, тому що матеріали попереднього, проведеного більш 50 років тому, застаріли. Нове обстеження треба проводити на нових методологічних засадах. Потребують вирішення і інші важливі питання: організація моніторингу ґрунтового покриву з урахуванням європейського досвіду, удосконалення національної системи агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення, що діє в країні з 60-х років минулого століття, із залученням засобів дистанційного зондування. Сполучення нових картографоаналітичних матеріалів, одержаних у результаті повторного ґрунтового обстеження, з даними агрохімічної паспортизації і моніторингу – це й буде той самий зразковий світовий рівень інформації про ґрунти країни. Потребує вирішення питання законодавчого та нормативно-правового забезпечення охорони ґрунтів; поліпшення інформаційного забезпечення через формування баз ґрунтових даних з розширеними оцінювальними, картографічними й прогностичними можливостями, активізації діяльності Українського ґрунтового інформаційного центру; розробка й прийняття

Національної програми охорони ґрунтів і регіональних програм охорони ґрунтів; істотна зміна управління використанням і охороною ґрунтів через створення Державної служби охорони і моніторингу ґрунтів; проведення бонітування ґрунтів за удосконаленою методикою і визначення об’єктивної ціни земель (нормативна грошова оцінка); використання міжнародного досвіду природоохоронної (ґрунтоохоронної) діяльності і землекористування. У світі накопичено чимало прикладів прогресивного землекористування, які заслуговують вивчення і максимально можливого поширення в Україні [27].

Провідну позицію в системі нагляду за становищем та ефективним використанням земель повинно бути відведено отриманню належної та актуальної інформації щодо їхньої якості завдяки втіленню на практиктиці новітніх технологій і методів моніторингу, що пов'язанні з дистанційним зондуванням, яке сприяє належним втіленням тематичного картографування змін якості земель, швидко та ефективно реагує на зміни, здійснюючи аналіз, оцінку і прогноз проявів ймовірних негативних процесів на землях, на основі опрацьованих наявних даних та вживає превентивні дії з метою їх запобігання та ліквідації, на постійній основі забезпечує роботу щодо державного моніторингу земель задля збирання постійно потрібних та оновлених даних, що вносяться до державного земельного кадастру, створює об'єктивну характеристику земельного фонду країни, забезпечує роботу щодо державної оцінки земель, створює систему земельних платежів в залежності від стану та якості земель, а також досягає реалізації інших завдань, що забезпечують належний державний нагляд та безпеку.

Наявність актуальної та об'єктивної інформації - визначальний чинник при здійсненні розпорядських та управлінських рішень. Окрім керівної засади в державному регулюванні земельними ресурсами належне інформативне забезпечення щодо стану і рішення про залучення до використання земель необхідним також є задля інфозабезпечення ринку земель, а також з метою для передачі Державному земельному кадастру,

який встановлює  кадастрову вартость. Недолік інформації про властивості землі як товару, що купується, якісна характеристика якого є визначальною, призведе до невиправданого заниження (або завищення) вартості земельних ділянок, створить численні прецеденти для виникнення судових спорів відповідно до існуючого земельним і екологічним законодавством.

Система моніторингу передбачає роботу з великими масивами різноманітної інформації, що включають різні дані: структуру регіону, гідрометеорологічні вимірювання, концентрацію шкідливих речовин в навколишньому середовищі; підсумки картографування та аерокосмічного зондування, результати біологічних досліджень та ін.

# ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

В контексті проведеного дослідження можемо зазначити, що цікавим є досвід європейських колег, які використовують захист авторських прав для захисту даних, що отримуються за допомогою супутників, що здійснюють дистанційний моніторинг. Однак такий підхід є недосконалим, оскільки законодавство про авторське право не ідеально підходить для цієї діяльності, бо такий захист є недостатнім з кількох причин, зокрема, тому що він не застосовується до необроблених даних. Ідеальним рішенням для дистанційного зондування став захист sui generis.

Для України нагальним питання є проведення суцільного ґрунтового обстеження, оскільки матеріали попереднього, проведеного більш 50 років тому, застаріли. Нові дослідження треба проводити на нових методологічних засадах. Потребують вирішення і інші важливі питання: організація моніторингу ґрунтового покриву з урахуванням європейського досвіду, удосконалення національної системи агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення, що діє в країні з 60-х років минулого століття, із залученням засобів дистанційного зондування.

# РОЗДІЛ 3. ЗДІЙСНЕННЯ МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ БПЛА НА ПРИКЛАДІ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНКОК НА ТЕРИТОРІЇ МОСТІВСЬКОЇ ОТГ

## 3.1 Можливості використання БПЛА в сільському господарстві

Дуже складно проводити щоденне обстеження та огляд стану кожної рослини на полі, навіть на одному гектарі. У випадку великих господарств, якщо їх площа складає сотні гектарів, підприємства мають контролювати стан посівів лише на основі встановлених норм, розрахованих за усередненими даними. Наслідком такого підходу є те, що рослини в одній частині поля можуть регулярно недотримувати добрива та вологу, а в інших частинах кількість добрив і обсяги поливу будуть надмірними.

Причинами цього, насамперед, буде різниця в ґрунтовому покриві, який є неоднорідним у різних частинах поля, але також значний вплив має рельєф, якість насіння, специфічний обробіток ґрунту.

Рішенням цієї проблеми може стати моніторинг за допомогою БПЛА, складання оперативних карт стану посівів регулювання добрив та зрошення на їх основі.

Для такого моніторингу в основному використовуються зображення не тільки у видимому, але і в інфрачервоному спектральному діапазоні, які робляться з інтервалом часу від одного дня до тижня.

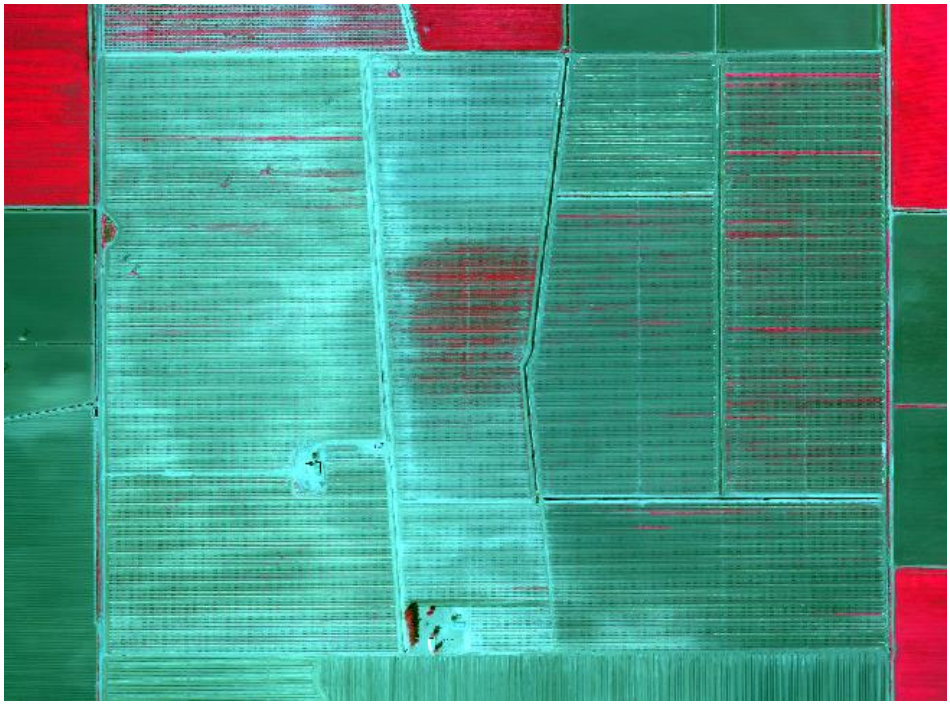


Рисунок 3.1.1 - Знімок виноградного поля у інфрачервоному спектральному діапазоні

Поєднання цих зображень за допомогою спеціальних алгоритмів дозволяє розрахувати різноманітні індекси рослинності, найпопулярнішим з яких є NDVI.

Застосування тепловізорів, які сприймають випромінювання в тепловому діапазоні, також дозволяє швидко складати теплові карти ґрунтового покриву, що є особливо актуальними для фермерів у період сівби, або для контролю зрошувальних систем.

Рисунок 3.1.2 - Тепловий знімок виноградного поля

Моніторинг земель сільськогосподарського призначення на території Мостівської ОТГ було здійснено підприємством «IGIS».

Методологія моніторингу передбачає наступні етапи:

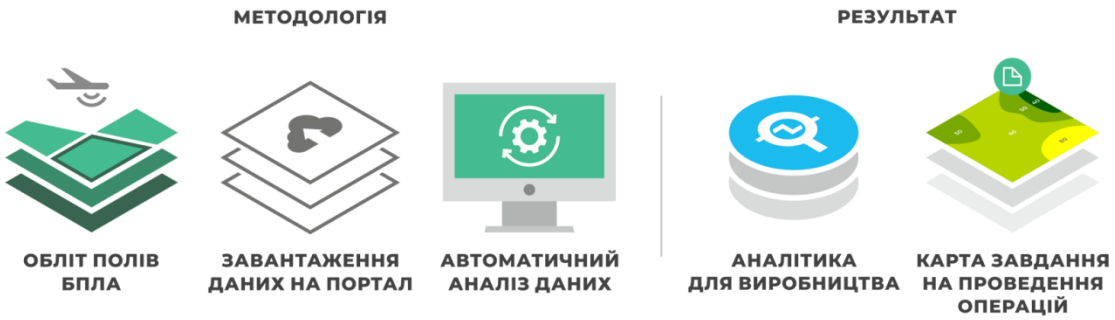



Рисунок 3.1.3 – Етапи проведення моніторингу земель

1) Побудова маршрутів для БПЛА. Наразі існує безліч програмних засобів для побудови маршруту аерофотозйомки. Розглянемо можливості однієї з таких програм «Pix4DCapture». Для того, щоб отримати маршрут БПЛА, достатньо ввести площу земельної ділянки та задати значення поперечного та повздовжнього перекриття

знімків. Програмний засіб автоматично побудує маршрут польоту, який можна корегувати, змінюючи висоту зальоту.

2) Обробка отриманих знімків та побудова ортофотоплану.

Для побудови ортофотоплану використовується програмний засіб «Agisoft Metashape Professional».

Agisoft Metashape Professional - це передове програмне забезпечення, максимально розкриває можливості фотограмметрії, а також включає в себе технології машинного навчання для аналізу і пост-обробки, що дозволяє отримувати максимально точні результати.

Metashape дозволяє обробляти зображення, отримані за допомогою RGB- або мультиспектральних камер.

Обробка знімків проходить декілька етапів [36]:

1. Визначення параметрів зовнішнього і внутрішнього орієнтування камер. На першому етапі Metashape знаходить спільні точки фотографій і по ним визначає всі параметри камер: положення, орієнтацію, внутрішню геометрію. Результатами є розріджена хмара спільних точок в 3D просторі моделі і дані про стан і орієнтацію камер.

2. Побудова щільної хмари точок. На другому етапі Metashape виконує побудову щільної хмари точок на підставі положень камер, розрахованих на першому етапі обробки, і використаних фотографій. Після цього починається вирівнювання кадрів, воно ж - фототріангуляція.

3. На третьому етапі Metashape будує тривимірну поверхню: полігональну модель і / або карту висот. Тривимірна полігональна модель описує форму об'єкта на підставі щільної хмари точок. Також можлива швидка побудова моделі на основі тільки розрідженої хмари точок.

Крім того Metashape дозволяє вказати класи точок, для яких буде будуватися карта висот (якщо щільну хмару було класифіковано на попередньому етапі).

4. На фінальному етапі в Metashape доступна побудова текстури для полігональної моделі (якщо вона була побудована), а також побудова

ортофотоплану. Ортофотоплан проектується на поверхню, зазначену користувачем, це може бути карта висот або полігональна модель.

Після експорту ортофотопланів, отримані знімки прив’язуються до базової карти у програмному забезпеченні ArcGis. Точність прив’язки має бути до 1м.

Прив’язка знімків здійснюється за допомогою інструменту Просторова прив’язка в системі координат WGS-84. Для прив’язки знімка необхідно набрати необхідну кількість опорних точок, змінити метод трансформації знімків на Project Transformation.

Рисунок 3.1.4 – Прив’язка знімка в програмному забезпеченні ArcGis

На основі прив’язаних знімків виконується аналіз даних та обчислення різноманітних вегетаційних індексів.

## 3.2 Розрахунок вегетаційних індексів

Вегетаційний індекс - показник, що розраховується в результаті операцій з різними спектральними діапазонами даних дистанційного зондування, і має відношення до параметрів рослинності в даному пікселі знімка. Ефективність вегетаційних індексів визначається особливостями відображення. Розрахунок більшості вегетаційних індексів базується на двох найбільш стабільних ділянках кривої спектральної відбивної здатності рослин.

NDVI (англ. Normalized Difference Vegetation Index) - нормалізований відносний вегетаційний індекс [31]. NDVI часто використовується в усьому світі для моніторингу посухи, прогнозування сільськогосподарського виробництва, надання допомоги в прогнозуванні зон пожеж і наступальних карт пустелі. NDVI переважніше використовується для глобального моніторингу рослинності, оскільки він допомагає компенсувати зміни умов освітлення, ухилу поверхні, експозиції і інших зовнішніх факторів.

Показники індексу формуються через аерознімки зеленої маси, яка поглинає електромагнітні хвилі у видимому червоному діапазоні та відображає їх у ближньому інфрачервоному. На червону зону спектра (0,62 - 0,75 мкм) припадає максимум поглинання сонячної радіації хлорофілом, а на ближню інфрачервону зону (0,75 - 1,3 мкм) максимальне відбиття енергії клітинною структурою листа. Тобто висока фотосинтетична активність веде до більш низьких значень коефіцієнтів відбиття в червоній зоні спектра і великим значенням в ближній інфрачервоній [32]. Співвідношення цих показників один до одного дозволяє чітко відокремлювати рослинність від інших природних об'єктів. Індекс помірно чутливий до змін грунтового і атмосферного фону, крім випадків з бідною рослинністю, і може перенасичуватися в умовах густої рослинності, коли рівень індексу листкової поверхні (LAI) стає високим.

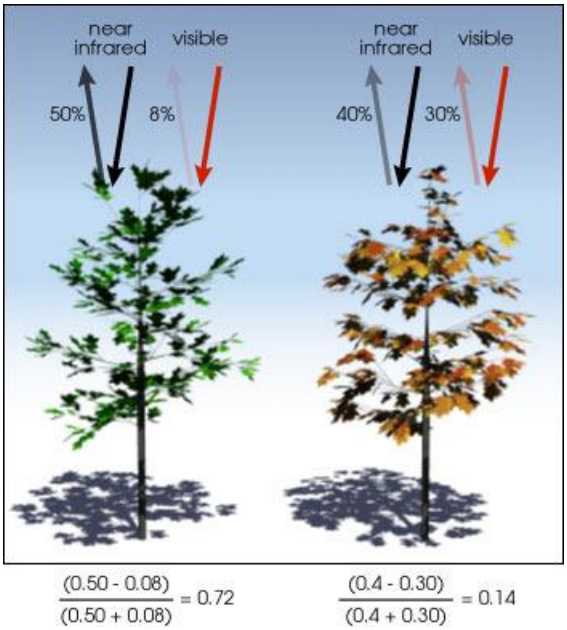



Рисунок 3.2.1 – Приклад відображення світла в різних діапазонах хвиль

Розрахунок індексу NDVI здійснюється за формулою [33]:

$$NDVI = \frac{(NIR-Red)}{(NIR+Red)} \quad (3.2.1)$$

Спостерігаючи за зміною значень NDVI з плином часу, користувач може бачити, як модель сівозміни вплинула на стан поля (рисунок 3.1.2).

• Безпліддя грунту

• Зараження шкідниками

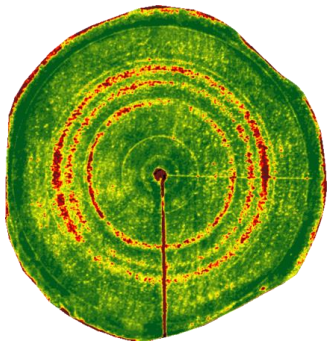
• Ерозія. Посадка однієї і тієї ж культури робить грунт більш схильним до ерозії.

Результат:

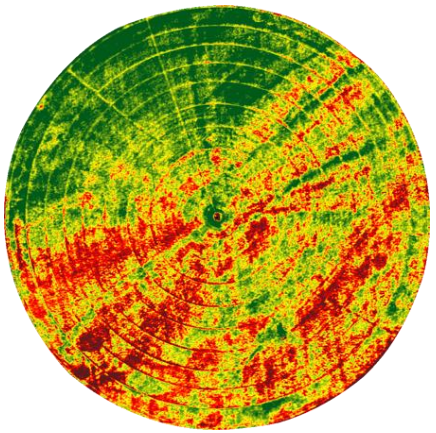
• Користувач має можливість розробити план сівозміни для поля.

• Користувач може відстежувати історію поля, щоб прогнозувати врожайність.

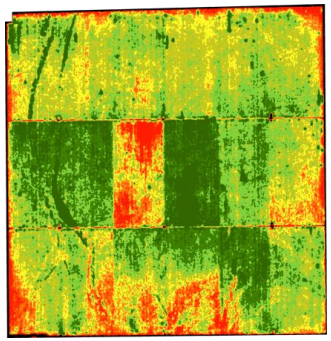
• Моніторинг стану поля після сівозміни



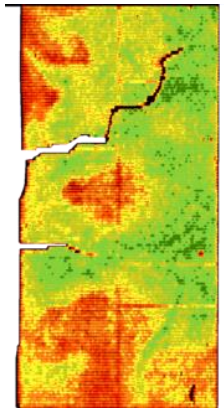
Червоні кільця показують, де закупорений механізм живлення призвів до дефіциту зволоження



На цьому полі видно, що червоні райони відповідають областям з гіршим типом ґрунту.



Червона зона в центрі цього поля була спричинена неправильно встановленими регуляторами зрошення.



Пошкодження крапельної лінії в цьому полі призвело до появи значних проблемних площ зменшення потужності крон дерев.

Рисунок 3.2.2 – Індекс NDVI

EVI (англ. Enhanced Vegetation Index) - вдосконалений вегетаційний індекс. Розроблено як поліпшення NDVI шляхом оптимізації сигналу рослинності в областях з високим індексом листкової поверхні (LAI) [34]. Індекс використовує синю область відображення для корекції фонових сигналів грунту і зменшення атмосферних впливів. Найбільш корисний в регіонах з високим рівнем LAI, де NDVI може перенасичуватися. Значення EVI для вегетаційних пікселів повинні знаходитися в діапазоні від 0 до 1. Використовується для оцінки мінливості розвитку культур як в умовах густого рослинного покриву, так і в умовах розрідженої рослинності.

$$EVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + 6 * Red - 7.5 * Blue + 1)} \quad (3.2.2)$$

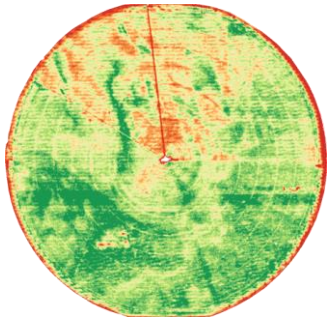
GNDVI (англ. Green Normalized Difference Vegetation Index) - зелений нормалізований відносний вегетаційний індекс. Схожий на NDVI за винятком того, що він замість червоного спектра вимірює зелений в діапазоні від 0,54 до 0,57 мкм. Це показник фотосинтетичної активності рослинного покриву, найбільш часто використовуваний при оцінці вмісту вологи та концентрації азоту в листках рослин. Застосовується при оцінці ослабленої і старіючої рослинності.

$$GNDVI = \frac{(NIR - Geen)}{(NIR + Geen)} \quad (3.2.3)$$

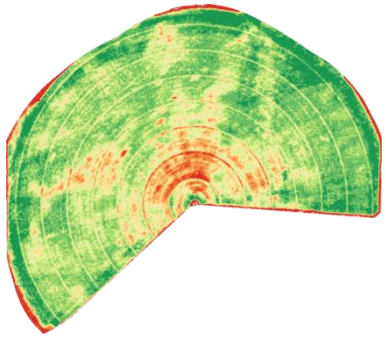
CVI (англ. Chlorophyll Vegetation Index) - вегетаційний індекс хлорофілу. Має підвищену чутливість до вмісту хлорофілу в листяному покриві. Використовується з початку і до середини циклу зростання культур для широкого діапазону грунтів і умов посіву шляхом аналізу великого набору даних, отриманих з використанням моделі відображення листкової поверхні.

$$CVI = \frac{NIR}{Green} * \frac{Red}{Green} \quad (3.2.4)$$

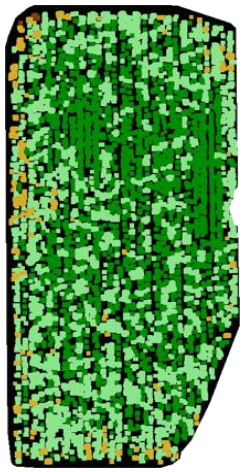
Індекс хлорофілу, більш чутливий до відмінностей в поживних речовинах, ніж зображення NDVI, дає інформацію для ранніх прогнозів урожайності культур і управління родючістю (рисунок 3.2.3).



Зображення індексу хлорофілу виявляють усувні порушення, не видимі для польових розвідників (неоднорідно засаджене поле).



Визначення проблемних ділянок на знімках може керувати цільовою стратегією відбору проб тканин.

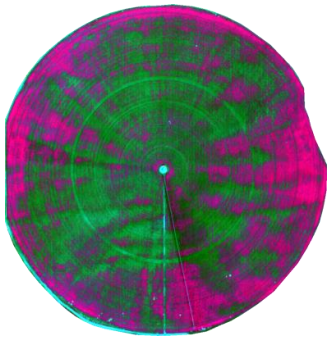


У садах індекс хлорофілу дозволяє фермерам відслідковувати проблемні ділянки на рівні окремих рослин.

На цьому полі дефіцит поживних речовин був наслідком лужного ґрунту та несправності зрошувального обладнання.

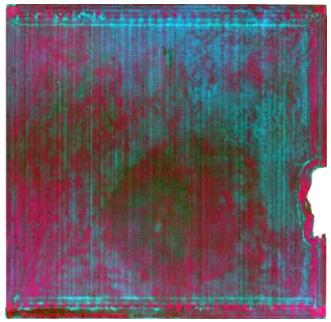
Рисунок 3.2.3 – Індекс CVI

True Color - справжній колір. Візуальна інтерпретація земного покриву. Метод представлення і збереження зображення, що дозволяє відобразити велику кількість кольорів, півтонів і відтінків. зображення включають ближнє інфрачервоне (NIR), зелене та червоне відбиття, що призводить до більш чіткого відображення рослинності та ґрунту, ніж кольорові зображення RGB. Користувачі використовують зображення CIR для моніторингу появи сходів, щільності рослинного покриву та складу ґрунту або вмісту води в ранньому сезоні (рисунок 3.2.4).



Кольорові інфрачервоні зображення можна використовувати для оцінки зрошувальних систем перед посадкою.

Лінійні візерунки на цьому кольоровому інфрачервоному зображенні відповідають пошкодженій крапельній лінії в полі.



Кольорові інфрачервоні зображення особливо корисні для оцінки умов на полі, коли крони рослин зовсім малі.

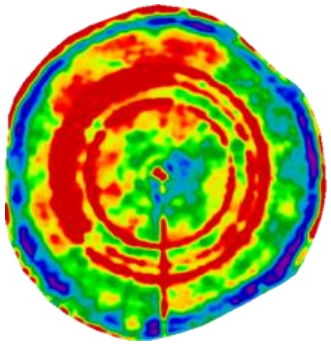
Рисунок 3.2.4 – Індекс True Color

Вегетаційний індекс водного дефіциту (англ. Water Stress Index) - індекс водного дефіциту поєднує в собі мультиспектральні зображення, включаючи тепловий шар (рисунок 3.2.5).

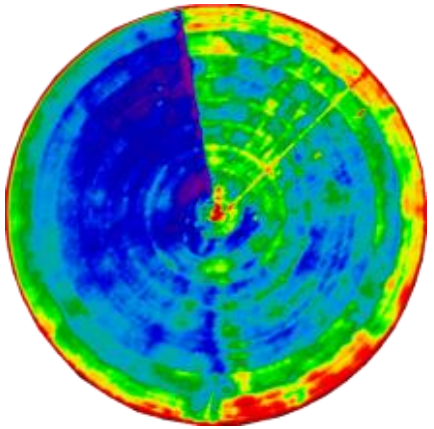
Використовується для:

- Визначення загальних проблем як у крапельній, так і в круговій зрошувальній системі, включаючи течі, засмічення та проблеми з тиском;
- Оптимізація проектування та планування зрошувальної системи під рельєф місцевості та ґрунтові умови;
- Покращення рівномірності розподілу зрошувальних систем.

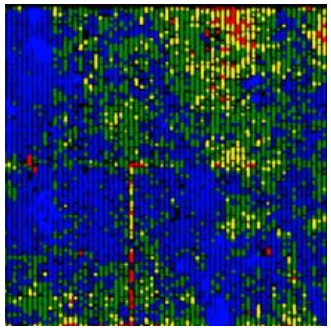
Результат: точний та інтуїтивно зрозумілий показник дефіциту врожаю в режимі реального часу, що є ключовим для виявлення проблем зрошення до того, як вони вплинуть на врожайність.



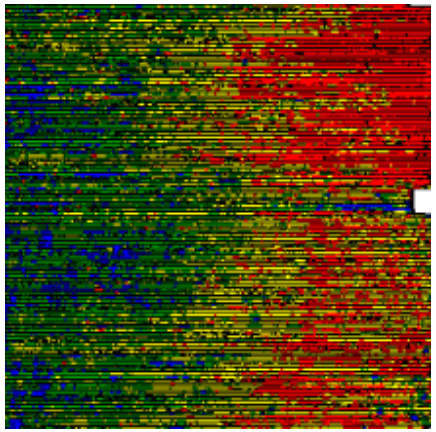
Червоні кільця показують, де закупорений механізм поливу призвів до дефіциту вологи.



Проблема тиску в зрошувальних системах зображена поступовим збільшенням дефіциту вологи до краю поля.



Було виявлено, що в зоні дефіциту вологи на цьому полі крапельна лінія пошкоджена гризунами.



Зрошувальна система на цьому полі потребує вдосконалення, щоб відповідати рельєфу місцевості: зображення показує дефіцит вологи на підвищенні рельєфу на краю поля.

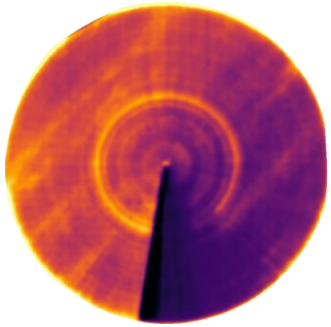
Рисунок 3.2.5 – Індекс Water Stress

Термальні знімки - на відміну від аналогічних зображень, отриманих на основі супутникових даних, зображення, отримані з тепловізійних камер, виявляють найдрібніші відмінності в температурі на рівні рослин (рисунок 3.2.6).

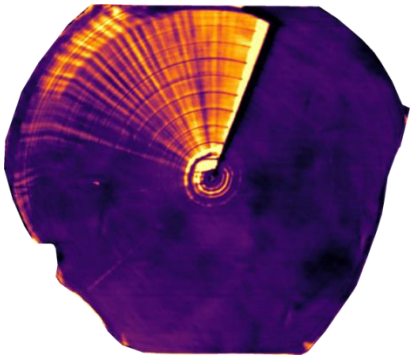
Використовуються для:

- Виявлення та контроль проблем з шкідниками та хворобами ще до візуального прояву;
- Визначення загальних проблем як у крапельній, так і в круговій зрошувальній системі, включаючи течі, засмічення та проблеми з тиском;
- Оцінка родючості та засоленості ґрунту;
- Оптимізація планування зрошення та проектування зрошувальних систем під рельєф та ґрунтові умови.

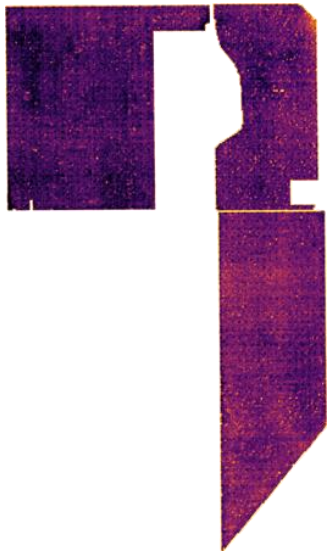
Завдяки дистанційному моніторингу можливо визначити проблеми з врожаєм за 2-3 тижні до того, як вони з’являться візуально.



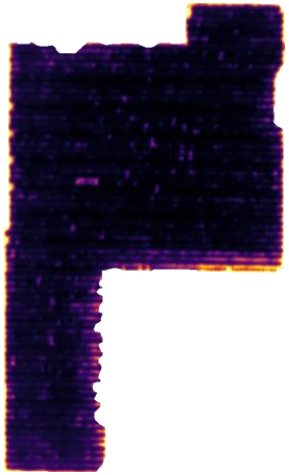
Яскраве внутрішнє помаранчеве кільце показує, де закупорений механізм поливу призвів до дефіциту вологи.



Теплові знімки можуть виявити збої в зрошувальному тиску, які легко пропустити при розвідці.



В цьому полі, що зрошується крапельним способом, виявлено, що дефіцит вологи дерев зростає із віддаленням від фільтрувальної станції.



Теплові знімки показали, що дерева на сусідній ділянці сприяють погіршенню стану дерев на краю поля.

Рисунок 3.2.6 – Термальні (теплові) знімки

## 3.3 Використання результатів моніторингу земель сільськогосподарського призначення

На основі зібраної інформації та результатів оцінки земель складаються та подаються до місцевих державних органів виконавчої влади, органів місцевого та регіонального самоврядування та інших державних органів оперативні зведення, наукові прогнози та рекомендації для вжиття заходів щодо запобігання та усунення наслідків негативних процесів.

Економічний ефект від використання БПЛА в аграрному секторі залежить від того, хто з якою метою їх використовує [35].

Для виробника сільськогосподарської продукції економічний ефект полягає у наступному :

- економії палива за рахунок оптимізації кількості обробок та траєкторії проходження техніки;
- мінімізації використання насіння, добрив та поливної води, запобігаючи їх непродуктивним витратам;
- збереженні та збільшенні об’єму врожаю за рахунок своєчасного посіву та збору врожаю, диференційованого, залежно від потреб сільськогосподарських культур в умовах конкретного поля, підживлення, зрошення, обробки хімікатами;
- запобіганні втратам урожаю внаслідок неякісних технологічних операцій, пошкоджень хворобами та шкідниками, крадіжок тощо;
- оптимізація виробничих витрат та підвищення якості планування виробничої діяльності сільськогосподарських підприємств;
- уточненні прогнозів врожайності та прибутку від реалізації.

Для страхових компаній полягає у наступному:

- запобігання ризикам у страхуванні сільськогосподарських підприємств.

Для органів державного контролю полягає у наступному:

- отримання надійних прогнозів врожаю поточного року;
- запобігання кредитуванню недобросовісних виробників сільськогосподарської продукції;
- контроль за дотриманням земельного та природоохоронного законодавства та своєчасне попередження порушень та застосування штрафних санкцій.

# ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

Ефективність роботи сільськогосподарських підприємств залежить від інформованості про стан земель і посівів та здатності системно аналізувати наслідки проведених робіт та заходів. Для цілей забезпечення найточнішою та оперативною інформацією здійснюється моніторинг земель із використанням безпілотних літальних апаратів.

Вегетаційний індекс - це показник здатності рослин відображати і поглинати світлові хвилі. Для моніторингу показників родючості використовуються наступні вегетаційні індекси: NDVI, EVI, GNDVI, CVI, True Color, Water Stress Index, а також термальні знімки.

Технології дистанційного зондування земель надають великий спектр можливостей для сільськогосподарського землекористування, таких як: ідентифікація та облік площ посівів; прогноз урожайності агрокультур; оцінка стану посівів агрокультур; визначення площ посівів; визначення ділянок, що потребують внесення добрив та агрохімікатів; контроль сівозмін та якості проведення агротехнічних заходів; визначення площ вимерзання агрокультур; площ пасовищ; аналіз результатів субсидіювання; оцінка снігового покриву, вологості; визначення уражених ділянок та багато іншого.

## Висновки

За результатами дослідження, проведеного в кваліфікаційній роботі магістра, були зроблені наступні висновки:

1. Методи дистанційного зондування широко застосовуються в сільському господарстві та агрономії. Необхідним є збільшення інвестицій у систему моніторингу сільського господарства через дистанційне зондування. Необхідний пильний контроль за системами сільськогосподарського виробництва, оскільки сільське господарство має сильно збільшити своє виробництво, щоб прогодувати дев'ять мільярдів людей, передбачених до середини століття. Такого збільшення виробництва необхідно досягти, мінімізуючи вплив сільського господарства на довкілля.
2. На сьогодні людство має цілу низку супутникових систем, що запущені різними країнами, які безпосередньо націлені на дослідження природних ресурсів на поверхні Землі. Найбільш широко використовуються для моніторингу рослинності хвилі у видимій, ближній ІЧ і середній ІЧ зонах електромагнітного спектра.
3. Наведені в нашому дослідженні приклади світових програм моніторингу земель, а також проаналізовані типи засобів, якими здійснюється дистанційний моніторинг, свідчить про те, що, по-перше, платформа для вдосконалення дистанційного моніторингу земель вже закладена, а програми щодо таких змін вже активно починають впроваджуватись. Тобто, Україні залишається лише долучитись до цієї загально світових програм.
4. Було здійснено моніторинг земельних ділянок сільськогосподарського призначення на території Мостівської ОТГ та виявлені наступні проблеми показників родючості: дефіцит вологи (пов’язаний з особливостями рельєфу та з пошкодженням систем зрощення), виявлено неоднорідність у засаджені полів,

виявлено райони з гіршим типом грунту, виявлено негативний вплив сусідніх культур на стан поля.

## Список використаної літератури

1. Панас Р.М. Основи моніторингу та прогнозування використання земель: Навчальний посібник. Львів: Новий Світ, 2007. 183 с.

2. Букша І. Ф. Досвід та перспективи застосування передових технологій для покращення інформаційного забезпечення лісового сектору Закарпаття / І. Ф. Букша, В. П. Пастернак, М. І. Букша. // Харків. – 2012. – С. 21–26.

3. Дорош О. С. Інвентаризація земель: методичні підходи до її проведення / О. С. Дорош. // Агросвіт. – 2015. – №11. – С. 24–30.

4. Жук В. М. Обіг земель сільськогосподарського призначення в селозберігаючій моделі аграрного устрою України : наук. доп. Київ : ННЦ «ІАЕ», 2017. 128 с.

5. Зацерковний В. І. Використання геоінформаційних технологій в аналізі ґрунтового покриву / В. І. Зацерковний, С. В. Кривоберець, Ю. С. Сімакін. // Інженерна геодезія. – 2010. – №56. – С. 162–168.

6. Зацерковний В. І. Аналіз можливості підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва при застосуванні ГІТ у задачах управління / В. І. Зацерковний, С. В. Кривоберець. // Вісник ЧДТУ. Сер. «Технічні науки». – 2013. – №3(67). – С. 174–183.

7. Зацерковний В. І. Геоінформаційні системи і системи дистанційного зондування землі в задачах ефективного землекористування / В. І. Зацерковний. // Математичне моделювання в економіці. – 2014. – №1. – С. 40–48.

8. Зінчук Т. О. Європейський досвід формування ринку сільськогосподарських земель / Т. О. Зінчук, В. Є. Данкевич. // 2016. – №12. – С. 84–92.

9. Лупенко Ю. О. Трансформація земельних відносин у сільському господарстві (аналітичний огляд) / Ю. О. Лупенко, О. В. Ходаківська. // ННЦ «ІАЕ». – 2015. – С. 52.

10. Лупенко Ю. О. Наукові засади запровадження обігу земель сільськогосподарського призначення : наукова доповідь. / Ю. О. Лупенко, О. В. Ходаківська. // Київ : ННЦ «ІАЕ». – 2016. – С. 44.

11. Лялько В. І. Використання матеріалів космічної зйомки на етапах створення гідрогеологічної моделі для оцінки водного балансу та ресурсів підземних вод. Комплексне моделювання управління безпечним використанням продовольчих, водних і енергетичних ресурсів з метою стало / В. І. Лялько, О. І. Сахацький. // Київ : Академперіодика. – 2013. – С. 137–149.

12. Застосування космічної зйомки для ідентифікації посівів основних сільськогосподарських культур південних регіонів України / В. І. Лялько, О. І. Сахацький, Г. М. Жолобак, О. А. Апостолов. // Київ : Академперіодика. – 2013. – С. 86–89.

13. Маланчук М. Сучасні проблеми здійснення моніторингу грунтового покриву в Україні. / М. Маланчук, Р. Панас. // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2013. – №78. – С. 201–204.

14. Петлюк Ю. С. Правові аспекти здійснення моніторингу земель в Україні / Ю. С. Петлюк. // Правові аспекти здійснення моніторингу земель в Україні. – 2011. – №2 (21). – С. 246–247.

15. Моніторинг земель / Тишковець В.В., Пересадько В.А., Опара, В.М..Квіташ М. І -Х.: ХНУ імені в. Н. Каразіна, 2009. 26 с.

16. Булигін С. Ю. Формування екологічно сталих агроландшафтів. Харків : Вид-во ХДАУ, 2001. 116 с.

17. Булигін С.Ю. Оцінка земель. Видавничій центр НАУ. К. 2005. 110 с.

18. Добряк Д. С. Класифікація та екологобезпечне використання сільськогосподарських земель. К. : Ін-т землеустрою, 2001. 308 с.

19. Frey, Thomas H. Remote sensing with special reference to agriculture and forestry. Washington

20. Vintrou, E.; Sourmare, M.; Bernard, S.; Begue, A.; Baron, C.; Lo Seen, D. Mapping fragmented agricultural systems in the Sudano-Sahelian environements of Africa using Random Forest and ensemble metrics of coarse resolution MODIS imagery. Photogramm. Eng. Remote Sensing 2012, 78, 839–848.

21. ГарнецьС.В. Можливості приладів дистанційного зондування із супутників для вирішення завдань моніторингу земель сільськогосподарського призначення. *Теорія і практика будівництва*. №11, 2013. С.31-35

22. Про охорону навколишнього природного середовища [Електронний ресурс] : Закон України від 25.06.1991 р. № 1264-XII : станом на 1 січ. 2021 р. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12 (дата звернення: 01.04.2021). – Назва з екрана.

23. Земельний кодекс України [Електронний ресурс] : Кодекс України від 25.10.2001 р. № 2768-III : станом на 17 берез. 2021 р. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14 (дата звернення: 01.04.2021). – Назва з екрана.

24. Про державний контроль за використанням та охороною земель [Електронний ресурс] : Закон України від 19.06.2003 р. № 963-IV : станом на 16 жовт. 2020 р. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/963-15 (дата звернення: 01.04.2021). – Назва з екрана.

25. Про затвердження Положення про моніторинг земель [Електронний ресурс] : Постанова Каб. Міністрів України від 20.08.1993 р. № 661 : станом на 17 верес. 2020 р. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-93-п (дата звернення: 01.04.2021). – Назва з екрана.

26. Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля [Електронний ресурс] : Постанова Каб. Міністрів України від 30.03.1998 р. № 391 : станом на 17 верес. 2020 р. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-п (дата звернення: 01.04.2021). – Назва з екрана.

27. Доповідь професора НААН Віталія Медведєва. URL: http://naas.gov.ua/newsall/newsnaan/6484/ (дата звернення: 02.04.2021)

28. Про передачу цілісного майнового комплексу державної установи “Інститут охорони ґрунтів України” до сфери управління Державної служби з питань геодезії, картографії та кадастру [Електронний ресурс] : Розпорядж. Каб. Міністрів України від 05.01.2021 р. № 6-р. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/6-2021-р (дата звернення: 01.04.2021). – Назва з екрана.

29. Бурлака Н. І. Екологічні наслідки деградації грунту та інноваційні шляхи її подолання / Н. І. Бурлака. // АГРОСВІТ. – 2020. – С. 80–86.

30. Саблук П. Т. Аграрна реформа в Україні (здобутки, проблеми і шляхи їх вирішення) / П. Т. Саблук, В. Я. Месель-Веселяк, М. М. Федоров. // Економіка АПК. – 2009. – С. 3–13.

31. Rouse, J. W., R. H. Haas, J. A. Schell, and D. W. Deering (1973) 'Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS', *Third ERTS Symposium,* NASA SP-351 I, 309-317.

32. Drone Mapping Helps Catch a Major Aphid Infestation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://medium.com/aerial-acuity/drone-mapping-helps-catch-a-major-aphid-infestation-2aaefe1faa93 (дата звернення: 01.04.2021). – Назва з екрана.

33. Understanding NDVI [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://support.dronedeploy.com/docs/understanding-ndvi-data (дата звернення: 01.04.2021). – Назва з екрана.

34. Plant Health **[**Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://support.dronedeploy.com/docs/plant-health_(дата звернення: 01.04.2021). – Назва з екрана.

35. Ачасова А. Дрони для аграріїв [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.50northspatial.org/ua/drones-in-agriculture/ (дата звернення: 01.04.2021). – Назва з екрана.

36. Agisoft Metashape. – Режим доступу: https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_5_ru.pdf (дата звернення: 01.04.2021). – Назва з екрана.

37. «Про державний контроль за використанням та охороною земель» [Електронний ресурс] : Закон України від 19.02.2003 р. № № 963-IV. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/963-15#Text (дата звернення: 01.04.2021). – Назва з екрана.

38. Питання Державної служби з питань геодезії, картографії та кадастру [Електронний ресурс] : Розпорядж. Каб. Міністрів України від 30.11.2016 р. № 910-р. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/910-2016-р (дата звернення: 01.04.2021). – Назва з екрана.

39. Про Державну службу України з питань геодезії, картографії та кадастру [Електронний ресурс] : Постанова Каб. Міністрів України від 14.01.2015 р. № 15 : станом на 20 лют. 2021 р. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/15-2015-п (дата звернення: 01.04.2021). – Назва з екрана.

40. Про охорону земель [Електронний ресурс] : Закон України від 19.06.2003 р. № 962-IV : станом на 17 берез. 2021 р. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15 (дата звернення: 01.04.2021). – Назва з екрана.