

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І  
АРХІТЕКТУРИ**

Факультет геоінформаційних систем і управління територіями

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра геоінформатики і фотограмметрії

(повна назва кафедри )

**Пояснювальна записка**

до дипломного проекту (роботи)

бакалавра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Моніторинг стану випалених сільськогосподарських земель  
Харківської області за використання даних ДЗЗ»

Виконав: студент 4 курсу, групи ГІСТ-20

напряму підготовки (спеціальності)

193 “Геодезія та землеустрій”

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Венгер М.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник: Нестеренко О.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: Плющ Т. М.

(прізвище та ініціали)

# КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Інститут, факультет Геоінформаційних систем і управління територіями

Кафедра Геоінформатики і фотограмметрії

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр

Напрямок підготовки 193 “Геодезія та землеустрій”

(шифр і назва)

Освітня програма “Геоінформаційні системи і технології”

(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ проф., д.т.н. Карпінський Ю. О.

“22” лютого 2024 року

## **ЗАВДАННЯ**

### **НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**

Венгер Максим Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи): Моніторинг стану випалених сільськогосподарських земель Харківської області за використання даних ДЗЗ

керівник проекту (роботи) доц., к. т. н. Нестеренко Олена Вікторівна

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “25” квітня 2024 року  
№712/3

2. Строк подання студентом проекту (роботи) “16” травня 2024 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) : тематичні дані із ЗМІ, щодо пожеж на сільськогосподарських землях у внаслідок влучань зброї, спричиненими бойовими діями російської федерації, космічні знімки супутника Sentinel-2.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

## ВСТУП

### РОЗДІЛ 1. Методи аналізу стану земель сільськогосподарського призначення

1. 1. Нормативно-правова база у сфері моніторингу стану земель

1. 2. Землі сільськогосподарського призначення як об'єкт дослідження

1. 3. Моніторинг стану сільськогосподарських земель, методи його проведення

### РОЗДІЛ 2. Технології дистанційного зондування землі та обробка даних для моніторингу випалених СГ земель

2. 1. Особливості технологій систем дистанційного зондування Землі

2. 2. Алгоритми обробки даних ДЗЗ для застосування в сільському господарстві

2. 3. Структурно-функціональна модель системи моніторингу СГ земель за даними ДЗЗ

2. 4. Використання даних ДЗЗ та інструментів ГІС у завданні оцінки масштабів випалених площ сільськогосподарських земель

### РОЗДІЛ 3. Аналіз територій випалених сільськогосподарських земель у харківській області за даними ДЗЗ

3. 1. Характеристика вихідних матеріалів ДЗЗ для території Харківської області

3. 2. Застосування індексу NDVI для виявлення випалених площ

3.3. Моніторинг стану випалених СГ земель Харківщини за космічними знімками

## ВИСНОВКИ

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

## ДОДАТКИ

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 22/02/2024

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
	Вступ	22.02.2024	
1.1	Нормативно-правова база у сфері моніторингу стану земель	26.02.2024	
1.2	Землі сільськогосподарського призначення як об'єкт дослідження	06.03.2024	
1.3	Моніторинг стану сільськогосподарських земель, методи його проведення	19.03.2024	
2.1	Особливості технологій систем дистанційного зондування Землі	21.03.2024	
2.2	Алгоритми обробки даних ДЗЗ для застосування в сільському господарстві	30.03.2024	
2.3	Структурно-функціональна модель системи моніторингу СГ земель за даними ДЗЗ	07.04.2024	
2.4	Використання даних ДЗЗ та інструментів ГІС у завданні оцінки масштабів випалених площ сільськогосподарських земель	16.04.2024	
3.1	Аналіз територій випалених сільськогосподарських земель у харківській області за даними ДЗЗ	18.04.2024	
3.2	Застосування індексу NDVI для виявлення випалених площ	28.04.2024	
3.3	Моніторинг стану випалених СГ земель Харківщини за космічними знімками	12.04.2024	
	Висновки	14.05.2024	
	Розробка графічного матеріалу	16.05.2024	
	Оформлення пояснювальної записки	21.05.2024	
	Подача проекту на попередній захист та рецензування	24.05.2024	

**Студент**

\_\_\_\_\_

Венгер М. В

( підпис )

( прізвище та ініціали )

**Керівник проекту (роботи)**

\_\_\_\_\_

Нестеренко О. В.

( підпис )

( прізвище та ініціали )

**3MICT**

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 МЕТОДИ АНАЛІЗУ СТАНУ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ .....	10
1.1. Нормативно-правова база у сфері моніторингу стану земель .....	11
1.2. Сільськогосподарські землі як об'єкт дослідження .....	14
1.3. Моніторинг стану сільськогосподарських земель, методи його проведення.....	17
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЇ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ТА ОБРОБКА ДАНИХ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ВИПАЛЕНИХ СГ ЗЕМЕЛЬ .....	21
2. 1. Особливості технологій систем дистанційного зондування Землі .....	22
2.2. Алгоритми обробки даних ДЗЗ для дослідження сільськогосподарських земель.....	26
2.3. Структурно-функціональна модель системи моніторингу СГ земель за даними ДЗЗ .....	30
2. 4. Використання даних ДЗЗ та інструментів ГІС у завданні оцінки масштабів випалених площ сільськогосподарських земель .....	33
РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ ТЕРИТОРІЙ ВИПАЛЕНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЗЕМЕЛЬ У ХАРКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ ЗА ДАНИМИ ДЗЗ .....	35
3. 1. Характеристика вихідних матеріалів ДЗЗ для території Харківської області.....	36
3. 2. Застосування індексу NDVI для виявлення випалених площ.....	38
3. 3. Моніторинг стану випалених СГ земель Харківщини за космічними знімками.....	42
ВИСНОВКИ .....	53
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ .....	56
ДОДАТКИ .....	62

## **ВСТУП**

У сучасному світі питання ефективного використання та охорони сільськогосподарських земель набуває все більшого значення в контексті сталого розвитку та збереження природних ресурсів. Одним із серйозних викликів, що стоїть перед аграрним сектором в країні де йде війна, є виникнення та поширення пожеж внаслідок збройної агресії, які призводять до великих втрат ґрунту, його родючості, рослинності.

Моніторинг стану випалених сільськогосподарських земель на території Харківської області за даними ДЗЗ є актуальною та важливою проблемою, яка потребує уваги як науковців, так і працівників ДСНС, які є відповідальними за нього. Проведення моніторингу за допомогою даних ДЗЗ, надзвичайно актуальний метод в умовах воєнного стану та відслідковування стану, попри те, що дана територія не під контролем ЗСУ. Даний регіон є одним з ключових аграрних центрів в Україні, і велике значення має збереження та відновлення родючого ґрунту та природних ресурсів.

Мета роботи – дослідити ефективність моніторингу стану випалених сільськогосподарських земель за допомогою даних дистанційного зондування Землі. Проаналізувати масштаби випалених земель на території Харківської області.

Об'єкт даного дослідження – випалені ділянки сільськогосподарських земель, в наслідок збройної агресії, на території Харківської області.

Предмет дослідження – аналіз стану випалених сільськогосподарських земель після пожеж.

Завданнями цієї роботи є:

- дослідження нормативно-правової бази, щодо моніторингу земель, пожеж в Україні;
- визначення методів проведення моніторингу стану земель, що були випалені;
- пошук вихідних тематичних даних, щодо пожеж на сільськогосподарських землях у Харківській області;
- пошук вихідних даних ДЗЗ для проведення моніторингу;

- обчислення індексу NDVI для знімків до та після пожежі;
- обчислення площ випалених ділянок сільськогосподарських земель за 2022 та 2023 роки.

Вихідними даними для роботи будуть космічні знімки супутника Sentinel-2, за 2022-2023 роки на території, що було визначено під час пошуку тематичних даних, щодо пожеж, у джерелах ЗМІ, внаслідок збройної агресії російської федерації.

**РОЗДІЛ 1 МЕТОДИ АНАЛІЗУ СТАНУ ЗЕМЕЛЬ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

## 1.1. Нормативно-правова база у сфері моніторингу стану земель

Моніторинг земель відіграє ключову роль у сфері використання та охорони земель. Його об'єктом є землі України незалежно від форм власності на землю, цільового призначення та характеру використання [24]. Моніторинг земель передбачає систематичне спостереження за їх станом, здійснення зйомок, обстежень та пошуків змін, а також проведення оцінок різноманітних аспектів: використання сільськогосподарських угідь, полів, ділянок; процесів, пов'язаних з родючістю ґрунтів, розширенням сільськогосподарських земель, забруднення токсичними речовинами; стану водних об'єктів та гідротехнічних споруд; явищ, таких як утворення ярів, селевих потоків, землетруси; а також стану земель у населених пунктах та на промислових територіях, включаючи нафтогазові та очисні споруди.

Моніторинг земель включає наступні завдання:

- Проведення довгострокових систематичних спостережень за станом земель;
- Аналіз екологічного стану земель;
- Своєчасне виявлення змін у стані земель, їх оцінка, прогнозування та формулювання рекомендацій з метою запобігання негативним процесам і усунення їх наслідків;
- Інформаційне забезпечення ведення державного земельного кадастру, землекористування, землеустрою, а також державного контролю за використанням та охороною земель, включаючи інформаційну підтримку власників земельних ділянок.

Моніторинг земель проводиться відповідно до загальнодержавних та регіональних (місцевих) програм. Інформація про стан земельних ресурсів та їх використання, отримана під час моніторингу, зберігається в архівах та банках даних автоматизованої інформаційної системи. На основі цієї інформації та результатів оцінки стану земель формуються оперативні зведення, наукові

прогнози та рекомендації, які надсилаються до місцевих органів державної виконавчої влади, органів місцевого самоврядування та інших державних установ для прийняття заходів з протидії негативним процесам та їх наслідкам. Отримані матеріали об'єктивно відображають фізичні, хімічні та біологічні процеси в навколишньому середовищі, рівень забруднення ґрунтів, що дозволяє державним установам накладати певні вимоги на землекористувачів у зв'язку з усуненням порушень у сфері використання та охорони земель [24].

Здійснення моніторингу земель регламентують [13]:

- ст. 22 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» [5];
- ст. 191, 192 Земельного кодексу України [7];
- ст. 5, 8, 9 Закону України «Про державний контроль за використанням та охороною земель» (щодо моніторингу ґрунтів земель сільськогосподарського призначення) [4];
- постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження положення про моніторинг земель» від 20 серпня 1993 №661 [6];
- «Про Положення про державну систему моніторингу довкілля» від 30 березня 1998 р. №391 [7].

Державна система моніторингу навколишнього природного середовища в цілому покладається на Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. Моніторинг земель є однією з компонент загального моніторингу довкілля. Структура, завдання та зміст моніторингу земель визначені у Положенні про моніторинг земель, затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 20 серпня 1993 року.

Ведення моніторингу земель покладається на Державний комітет України по земельних ресурсах за участю Міністерства охорони навколишнього природного середовища України, Міністерства аграрної політики України, національного космічного агентства України, інших зацікавлених міністерств та відомств. Органи Держгеокадастру забезпечують усіх зацікавлених суб'єктів

системи моніторингу інформацією про стан земельного фонду, структуру землевпорядкування, трансформацію земель, а також заходи щодо запобігання негативним процесам і ліквідації їх наслідків. Міністерство аграрної політики надає інформацію про фізичні, геохімічні та біологічні зміни якості ґрунтів сільськогосподарського призначення, а Національне космічне агентство України забезпечує архівну та поточну інформацію з дистанційного зондування Землі.

У літній період, коли спостерігається максимальна вегетація на сільськогосподарських землях, виникає підвищена пожежонебезпека, може бути підсилена низкою чинників, включаючи воєнні дії, особливо для ярових культур. Пожежі можуть швидко поширюватись через суху рослинність та сприятливі погодні умови, такі як висока температура та вітер. Ярові культури, такі як пшениця, ячмінь, кукурудза, соя та інші, стають особливо уразливими до пожеж, оскільки їхні легко вогнененасичені стебла та листя можуть швидко загорітися та поширювати вогонь.

Законом України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо посилення захисту лісів, запобігання пожежам на землях лісового та водного фонду, на торфовищах та землях інших категорій» від 19.02.2021 р. [2] було внесено зміни до Водного кодексу України, Земельного кодексу України, Законів України «Про рослинний світ» та «Про охорону земель».

З погляду на сучасне становище, воєнні дії провокують пожежі через використання вогнепальної та артилерійської зброї, бомбардування, а також контрольоване спалювання територій. Це призводить до швидкого поширення вогню через суху рослинність та сприятливі погодні умови, що характерні для літнього періоду. Такі пожежі призводять до великих втрат врожаю, знищення сільськогосподарської інфраструктури та забруднення ґрунтів та водойм.

Обстежувальні, вишукувальні та топографо-геодезичні роботи під час воєнного стану можуть виконувати тільки за умови отримання спеціального дозволу від Служби безпеки України [29].

Ліквідація пожеж на сільськогосподарських землях входить у обов'язки відповідного структурного підрозділу Державної служби надзвичайних ситуацій (далі – ДСНС) України, який прив'язаний до обласної військової адміністрації. Через бойові дії, замінованість територій та окупацію рятувальники та лісівники не завжди можуть повноцінно попереджувати та ліквідовувати джерело виникнення пожежі [28].

Разом з тим, у зв'язку з російським вторгненням в Україну, з міркувань безпеки було тимчасово призупинене функціонування більшості державних електронних реєстрів, в тому числі - Державного земельного кадастру та Державного реєстру речових прав. А без їх функціонування неможливо набувати у власність та постійне користування земельні ділянки за процедурою, яка передбачена чиним земельним законодавством України. Крім того, в умовах воєнного стану, мають місце і інші фактори, які обумовлюють необхідність запровадження на період воєнного стану особливого, спрощеного порядку доступу до земель для сталого функціонування економіки держави та виробництва сільськогосподарської продукції [8].

## **1.2. Сільськогосподарські землі як об'єкт дослідження**

Сільське господарство є одним із найважливіших структурних підрозділів національної економіки України, що формує її реальний сектор. У класичному трактуванні сільське господарство – це галузь економіки країни, яка виробляє сільськогосподарську продукцію, включає рослинництво і тваринництво та первинну переробку продукції. Ця галузь забезпечує потреби населення в продуктах харчування і сировині для текстильної, взуттєвої і харчової промисловості [10].

Землями сільськогосподарського призначення визнаються землі, надані для виробництва сільськогосподарської продукції, здійснення сільськогосподарської науково-дослідної та навчальної діяльності, розміщення

відповідної виробничої інфраструктури, у тому числі інфраструктури оптових ринків сільськогосподарської продукції, або призначені для цих цілей.

До земель сільськогосподарського призначення належать:

а) сільськогосподарські угіддя (рілля, багаторічні насадження, сіножаті, пасовища та перелоги);

б) несільськогосподарські угіддя (господарські шляхи і прогони, полезахисні лісові смуги та інші захисні насадження, крім тих, що віднесені до земель інших категорій, землі під господарськими будівлями і дворами, землі під інфраструктурою оптових ринків сільськогосподарської продукції, землі під об'єктами виробництва біометану, які є складовими комплексів з виробництва, переробки та зберігання сільськогосподарської продукції, землі тимчасової консервації тощо).

Більшість цих площ Земельного фонду України призначена для сільськогосподарського використання, що становить 41,5 млн га або 68,8% загальної площі країни. Серед них рілля займає 32,5 млн га, сіножаті - 2,4 млн га, пасовища - 5,4 млн га, багаторічні насадження - 0,8 млн га, і перелоги - 0,2 млн га. На рисунку 1.1. відображене відсоткове співвідношення цих типів земель.

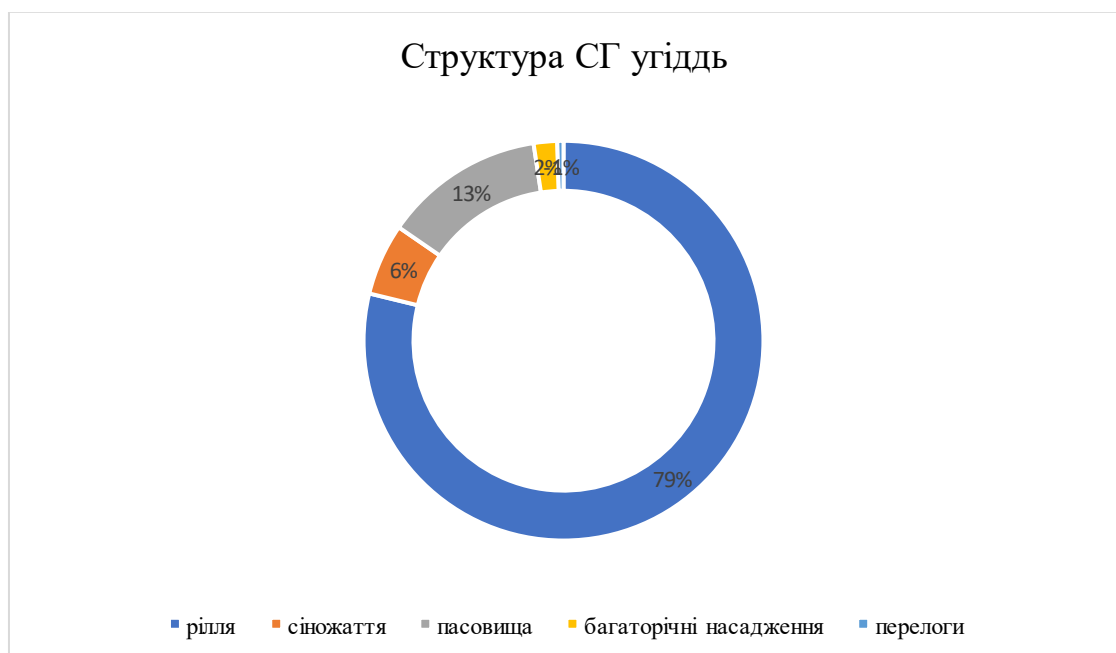


Рис. 1.1. Структура сільськогосподарських угідь України

Повномасштабне вторгнення росії в Україну, яке розпочалося 24 лютого 2022 року, призвело до серйозних викликів для сільськогосподарського сектору країни та новоутвореного ринку земель. Морська блокада, ініційована росією, зупинила експорт сільськогосподарської продукції, а ринок землі припинив свою діяльність з першого дня вторгнення. Незважаючи на ці виклики, завдяки підтримці міжнародної спільноти, Україні вдалося частково відновити експорт та залишитися одним з провідних світових експортерів зернових. Через два місяці після вторгнення ринок землі відновив активність, а ціни на землю стабілізувалися на рівні до конфлікту.

Аграрний сектор є одним із найбільших в економіці України. У 2021 році близько 14% населення країни було зайнято в сільськогосподарському виробництві, що становило 10,9% ВВП країни та 41% експорту [31]. Україна є одним із найбільших світових експортерів зернових, і її частка на світовому ринку виросла за останнє десятиліття. Станом на 2021 рік на Україну припадало понад 40% світового експорту соняшникової олії, понад 10% кукурудзи та ячменю та близько 10% пшениці та ріпаку (рис. 1.2).

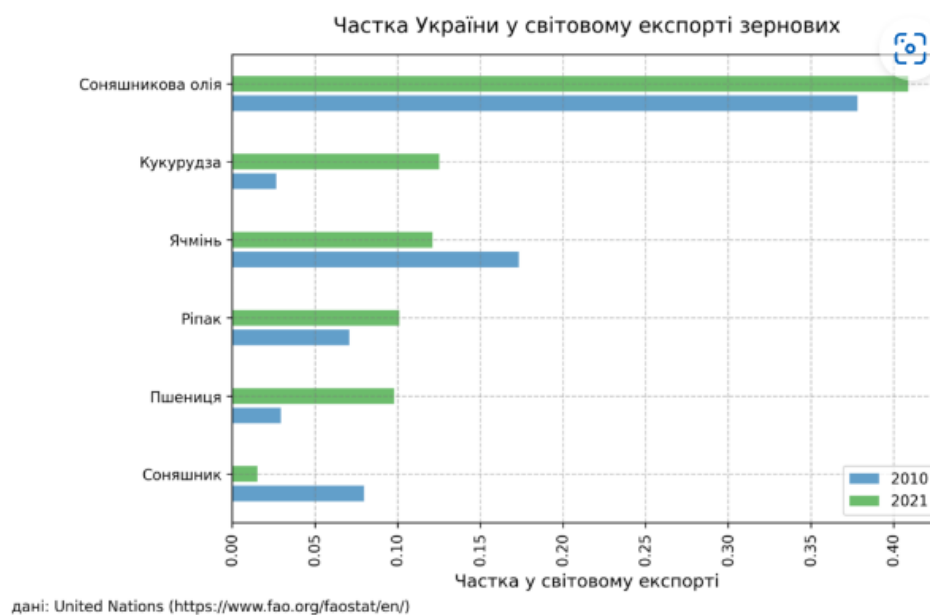


Рис. 1.2. Співвідношення у світовому експорті українського зерна

Повномасштабне вторгнення росії в Україну суттєво завдало шкоди аграрному сектору країни. Зони, що були прямо під бойовими діями, становили близько 36% зернових, вирощуваних до конфлікту [31]. До того ж, приблизно 30% території України може бути мінованою. Блокада Чорного моря та пошкодження сільгоспідприємств підвищили виробничі та експортні ризики та витрати на зерно. Українська влада та міжнародні партнери активно працюють над збереженням експортних логістичних шляхів. Наприклад, Чорноморська зернова ініціатива допомогла зняти обмеження на перевезення через Чорне море, що стимулювало відновлення зернового експорту. Проте, незважаючи на ці зусилля, згідно з даними Міністерства аграрної політики та продовольства, станом на квітень 2023 року експорт зернових зменшився на близько 13% у порівнянні з попереднім маркетинговим роком.

### **1.3. Моніторинг стану сільськогосподарських земель, методи його проведення**

Моніторинг земель - система спостереження за станом земель з метою своєчасного виявлення змін, їх оцінки, відвернення та ліквідації наслідків негативних процесів [6].

Моніторинг як новий напрям у контролі стану ґрунтового покриву почав розвиватися з кінця 70-80-х років минулого століття. Тоді проблема набула глобального характеру у країнах із розвинутим аграрним виробництвом, які стикнулися з деградацією ґрунтів після надмірного хімічного і механічного навантаження на них, що мав тимчасовий успіх. Саме тому в цих країнах з кінця минулого століття почали розвиватися новітні ґрунтозахисні системи землеробства [25, с. 8].

Вперше ведення моніторингу земель в Україні було передбачено Земельним кодексом, прийнятим 18.12.1990 р. № 561-XII. Фактично систематичні спостереження за станом земельних ресурсів розпочали здійснюватися в нашій країні після затвердження постановою Кабінету Міністрів України від 20.08.1993 р. № 661 Положення про моніторинг земель [6].

Згодом відбувається деталізація правового регулювання моніторингу земель. Так, Міністерство аграрної політики України своїм наказом від 26.02.2004 р. № 383/8982 затвердило Положення про моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення. Наказом Державного комітету України по водному господарству від 16.04.2008 р. № 108 затверджена Інструкція з організації та здійснення моніторингу зрошувальних та осушувальних земель.

На сьогодні, моніторинг земель як складова державної програми моніторингу докiлля ґрунтується на Положенні «Про державну систему моніторингу докiлля». Відповідно до Земельного кодексу України та Закону «Про охорону земель» моніторинг земель в Україні забезпечується Держгеокадастром України. Разом з ним, відповідно до законів «Про охорону земель» та «Про державний контроль за використанням та охороною земель», до повноважень Центрального органу виконавчої влади з питань аграрної політики належить проведення моніторингу земель сільськогосподарського призначення, а також ґрунтового покриття [11].

Проведення моніторингу земель здійснюється у такому порядку [6]:

- виконання спеціальних зйомок і обстеження земель;
- виявлення негативних факторів, вплив яких потребує здійснення контролю;
- оцінка, прогноз, запобігання впливу негативних процесів.

За результатами оцінки стану земель складаються звіти, прогнози та рекомендації, що подаються місцевим органам виконавчої влади, органам місцевого самоврядування та Держгеокадастру для вжиття заходів до запобігання і ліквідації наслідків негативних процесів.

Одним із розповсюджених методів моніторингу стану сільськогосподарських земель є бонітування ґрунтів шляхом здійснення порівняльної оцінки якості ґрунтів за їхніми природними властивостями, які

мають сталий характер та суттєво впливають на врожайність сільськогосподарських культур, вирощуваних у конкретних природно-кліматичних умовах. Бонітування ґрунтів проводиться за 100-бальною шкалою. Вищим балом оцінюються ґрунти з кращими властивостями, які мають найбільшу природну продуктивність [18].

З 1988 року Рада Міністрів ЄС почала розвивати новий метод моніторингу сільськогосподарських земель із застосуванням дистанційного зондування. Метою програми першопочатково була кількісна оцінка площ, зайнятих під різні зернові культури в даному регіоні або країні, контроль росту і стану СГ культур, своєчасний прогноз середньої урожайності на рівні ЄС і одержання попередньої інформації з Європи, щорічна зміна площ, зайнятих під конкретні культури [9].

Велика кількість методів моніторингу сільськогосподарських земель і культур також базується на використанні вегетаційних індексів (існує близько 160 варіантів таких індексів) [14], які визначаються емпірично і враховують фізичні властивості світла, відбиваючу здатність рослин та інші важливі характеристики. Серед всіх існуючих індексів найбільше розповсюдження отримав нормалізований різницевий вегетаційний індекс (індекс NDVI).

Але, під час визначення індексу NDVI необхідні дані двох спектральних каналів (ближнього інфрачервоного та червоного), що призводить до ускладнення обладнання для отримання вихідного зображення. А також, індекс NDVI у значній мірі залежить від кількості активної біомаси та стає неефективним в періоди, коли рослинність є послабленою або спостерігається низький рівень вегетації, саме тому дослідження з використанням цього індексу проводять за матеріалами відзнятими у пік вегетації, з травня по серпень.

До військових дій в Україні спочатку 2022 року, найчастіше випалення земель розглядали в контексті лісових пожеж. Достатньо поширена для проблематика з приходом всесвітнього глобального потепління та інших природних катаклізмів, які можуть бути чинником таких наслідків. На зараз,

моніторинг саме випалених сільськогосподарських земель у наслідок збройної агресії відсутній як зі сторони ДСНС так і Держгеокадастру, також відсутній порядок моніторингу таких земель.



Рис. 1.3. Випалення посівів внаслідок займання від снарядів[20]

Раніше Україна брала участь у виробі третини світового обсягу пшениці та ячменю, п'яту частину кукурудзи і понад половини соняшникової олії. Дві третини світового експорту соняшникової олії забезпечувала Україна. Через війну історично максимально зросли світові ціни на продовольство: ціна пшениці зросла на 19,7%, кукурудзи – на 19,1%, рослинних олій на 23,2%, цукру на 6,7%, м'яса на 4,8%.

Створення системи моніторингу випалених земель внаслідок бойових дій на території України є важливою складовою відновлення придатності до використання сільськогосподарських земель. Повернути фізико-хімічні властивості та родючість ґрунту, принаймні, до того стану який був до початку бойових дій на цих територіях – першопочаткова мета моніторингу. Відновлення сільськогосподарських земель дасть змогу вибудувати міцний фундамент для економічної стабільності країни після завершення війни.

**РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЇ ДИСТАНЦІЙНОГО  
ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ТА ОБРОБКА ДАНИХ ДЛЯ  
МОНІТОРИНГУ ВИПАЛЕНИХ СГ ЗЕМЕЛЬ**

## 2. 1. Особливості технологій систем дистанційного зондування Землі

Дистанційне зондування Землі з космосу (ДЗЗ) – отримання даних про Землю з космосу, використовуючи властивості електромагнітних хвиль, випромінюваних, відбиваних, поглинених чи розсіяваних об'єктами зондування, задля кращого розпорядження природними ресурсами, удосконалення землекористування та охорони навколишнього середовища [17].

Залежно від джерела сигналу виділяють два види дистанційного зондування — активне та пасивне [19]. Прибори активного ДЗЗ здатні самостійно випромінювати сигнал або мають власне джерело світла. У другому виді дистанційного зондування Землі використовується відбите сонячне світло. Випромінювання також різниться за довжиною хвиль та буває короткохвильовим (видимий, а також ближній та середній інфрачервоний діапазони) та довгохвильовим (мікрохвилі). Найбільш яскраві приклади активного методу дистанційного зондування Землі — радары та лідары.

Переваги активних методів дистанційного зондування Землі полягають у тому, що їх можна використовувати для різноманітних цілей та практично у будь-яких умовах. Наприклад, пристрої цього виду ДЗЗ повноцінно функціонують у будь-який час доби, оскільки не потребують сонячного світла, та майже не залежать від атмосферного розсіювання.

У цій роботі буде використано пасивний вид дистанційного зондування Землі. Пасивні датчики не мають власного джерела енергії, щоб направити її на об'єкт, що досліджується або поверхню Землі. Тому цей вид дистанційного зондування залежить від природної енергії — сонячних променів, які відбиває об'єкт. Через це даний вид дистанційного зондування Землі можливий лише за достатньої кількості сонячного світла. Тому пошук супутникових знімків буде відбуватися, в ідеалі, безхмарної погоди, або ж майже безхмарної.

У пасивному ДЗЗ використовують мультиспектральні або гіперспектральні датчики. Вони вимірюють інтенсивність сигналу за допомогою комбінацій каналів, які різняться за їхньою кількістю (смуги двох або більше видів довжини). Діапазон каналів включає спектри в межах та за межами людського зору (видимий, ближній та тепловий інфрачервоний, а також мікрохвилі).



Рис. 2.1. Технологія пасивного виду ДЗЗ [19]

Застосування даного виду дистанційного зондування Землі у сільському господарстві полягає на відбивних здібностях рослин. Вимірювання інтенсивності відображення дозволяє оцінити якість культур за допомогою вегетаційних індексів. Їхні значення відповідають стану певних рослин на конкретній стадії розвитку. Наприклад, платформа EOSDA Crop Monitoring допомагає фермерам у всьому світі виконувати повсякденні завдання, а також своєчасно інформує про зміни стану полів. Це дозволяє зберегти та підвищити врожайність.

За останній час зростає тенденція доступності до даних дистанційного зондування, а поліпшення їх просторового та часового дозволу робить ці дані все більш корисними для вирішення завдань аналізу та моніторингу

земельних покривів та випалювання сільськогосподарських земель. Однією з програм, що надає доступ до такого роду даних є програма Європейського космічного агентства Sentinel-2 [12].

Метою програми є забезпечення безперервного отримання мультиспектральних супутникових даних земельних покривів та водних поверхонь, які мають високу просторову роздільну здатність. Отримані дані, в свою чергу, нададуть можливість розробити та адаптувати існуючі алгоритми оцінки стану сільськогосподарських культур, які відповідають потребам виробників сільськогосподарської продукції [12].

Супутники Sentinel-2A і Sentinel-2B призначені для гіперспектральної зйомки середньої просторової роздільної здатності. Вони особливо перспективні для картографування, моніторингу землекористування, спостереження за змінами рослинності, контролю водних ресурсів [34].

Оптико-електронний мультиспектральний сенсор, забезпечує зйомку з роздільною здатністю від 10 до 60 м у видимому, ближньому інфрачервоному (VNIR) і короткохвильовому інфрачервоному (SWIR) діапазонах спектру, включаючи 13 спектральних каналів. Цей сенсор дозволяє виявляти різноманітність у стані рослинності, включаючи тимчасові зміни, та мінімізує вплив атмосферних умов на якість зображень. Супутники проекту розміщені на орбіті в середньому на висоті 785 км, а наявність двох супутників дозволяє проводити повторні зйомки кожні 5 днів на екваторі та кожні 2–3 дні на середніх широтах. Характеристики супутників серії Sentinel-2 представлена у таблиці 2.1.

*Таблиця 2.1*

#### Основні технічні характеристики

Назва	Опис
Кількість супутників	2 шт
Дата запуску	23 червня 2015 року (Sentinel-2A), 7 березня 2017 року (Sentinel-2B)

Стартовий майданчик	космодром Куру (Французька Гвіана)
Засіб виведення	РН Vega (Франція)
Розробник	EADS Astrium Satellites (Франція) (нині - Airbus Defence and Space)
Оператор	Європейське космічне агентство (ESA)
Маса	1200 кг
Тип орбіти	Сонячно-синхронна
Висота орбіти	786 км
Нахил орбіти	98,5 град.
Розрахунковий термін функціонування	7 років
Просторова роздільна здатність (в надирі), м	10
Радіометрична роздільна здатність, біт/піксель	12
Ширина смуги зйомки, км	290
Періодичність зйомки, діб	10

Характеристика параметрів сенсорів супутників Sentinel 2 наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

## Мультиспектральні канали Sentinel-2

Канали Sentinel-2	Центральна довжина хвилі (μм)	Роздільна здатність (м)	Ширина смуги каналу (нм)
Канал 1 – Прибережні аерозолі	0,443	60	20
Канал 2 – Синій	0,490	10	65
Канал 3 – Зелений	0,560	10	30
Канал 4 – Червоний	0,665	10	30

Канал 5 – Вегетаційний червоний край	0,705	20	15
Канал 6 – Вегетаційний червоний край	0,740	20	15
Канал 7 – Вегетаційний червоний край	0,783	20	20
Канал 8 – NIR	0,842	10	115
Канал 8А – Вузький NIR	0,865	20	20
Канал 9 – Водяна пара	0,945	60	20
Канал 10 – SWIR – Cirrus	1,375	60	20
Канал 11 – SWIR	1,610	20	90
Канал 12 - SWIR	2,190	20	180

Комбінація каналів зображення буде відповідати індексу за алгоритмом яким буде проведено аналізування випалених територій. У цій роботі буде розглянуто комбінування 7 та 8 каналів, для обчислення нормалізованого диференційованого вегетаційного індексу – NDVI.

## **2.2. Алгоритми обробки даних ДЗЗ для дослідження сільськогосподарських земель**

Обробка даних дистанційного зондування Землі поділяється на два основних етапи : попередня та тематична обробки космічних знімків. Кожен з них є обов'язковими в дослідженні випалених сільськогосподарських земель, для отримання достовірної інформації під час можливого дешифрування, експертних заключень, висновків та іншої документації.

Попередня обробка космічних знімків — це набір операцій, спрямованих на виправлення різних спотворень зображення. Такі спотворення можуть

виникати через недосконалість реєстраційного обладнання, вплив атмосферних умов, перешкоди при передачі зображень по каналах зв'язку, геометричними спотвореннями під час космічних зйомок, освітлення підстильної поверхні, процеси обробки зображень та інші чинники. Попередня обробка даних з дистанційного зондування включає геометричні, радіометричні та атмосферні корекції, а також геопросторову прив'язування знімків [32].

Тематична обробка космічних знімків — це розпізнавання об'єктів і явищ на космічних знімках на основі дешифрувальних ознак [16].



Рис. 2.2. Схема обробки даних ДЗЗ

Алгоритм який буде застосовано у розділі 3 для дослідження випалених земель базується на тематичній обробці під назвою «індексні зображення». NDVI – індекс та алгоритм обробки даних ДЗЗ, який буде використано.

NDVI – найпопулярніший вегетаційний індекс, для оцінки рослинного покриву. Він базується на різниці між відбитим від землі червоним та ближнім інфрачервоним світлом. Поля, які були випалені або деградовані, матимуть низький NDVI порівняно з незайманими землями.

Узагальнюючи, нормалізований диференційований вегетаційний Індекс (NDVI) вимірює щільність зеленої маси рослинності, зафіксованої на супутниковому знімку. Здорова рослинність має дуже характерну криву спектрального відбиття, яку ми можемо використовувати для обчислення різниці між двома діапазонами — видимим червоним та ближнім інфрачервоним. NDVI відображає цю різницю у вигляді числа від -1 до 1 [33].

NDVI культури або рослини, що регулярно вимірюється протягом певного проміжку часу, може багато розповісти про зміни в їхньому стані здоров'я. Інакше кажучи, ми можемо використовувати вегетаційний індекс NDVI для дистанційної оцінки здоров'я рослин.

У нашому випадку дослідження буде відбуватися по знімкам знятих у найбільш вегетативний період – травень – липень, тому падіння значень будемо оцінювати як випалення земель на цих територіях знімку. Коректне розшифрування значень NDVI може допомогти моніторингу подібних пожеж для ДСНС, також аграріям які постраждали від воєнної агресії.

Алгоритм обробки даних включає в себе:

- вибір вихідних даних;

На цьому етапі відбувається пошук космічних знімків обраного мною супутника – Sentinel 2.

- попередня обробка зображення;

Якщо знімок має спотворення, шуми, потребу в атмосферній корекції, використовується спеціальне програмне забезпечення для обробки даних ДЗЗ, наприклад, ERDAS IMAGINE, SNAP (особливо поширений для обробки знімків з супутників Sentinel), ENVI та інші.

- прив'язка зображення;

Зазвичай всі супутникові знімки вже йдуть геопросторово прив'язані, тому даний етап може бути пропущено.

- зшивання каналів;

Такий етап виконується для зручності подальшої обробки знімків, так як при завантаженні знімку кожен канал йде окремим файлом.

- обчислення індексу;

Майже в усіх програмних забезпеченнях обробки даних ДЗЗ йде за замовчуванням обрахунок індексу NDVI, необхідно лише вказати вірні канали на зшитому знімку.

- дешифрування виявлених ділянок випалених сільськогосподарських земель.

Таку операцію можна автоматизувати за допомогою класифікації показників пікселя, або ж векторизувати по візуальним показникам класифікації.



Рис. 2.3. Схема алгоритму обробки даних ДЗЗ для дослідження випалених земель

У обчисленні індексу використовується традиційна його формула (1):

$$NDVI = (NIR - Red)/(NIR + Red) , \quad (1)$$

де NIR - відображення в ближній інфрачервоній області спектра; RED – відображення у червоній області спектра.

Поверхня листя майже прозора для сонячних променів у видимому та ближньому інфрачервоному діапазонах. Після проходження через зовнішній шар листка, промені потрапляють в багатошарову м'яку тканину листка, де відбувається взаємодія з електромагнітними хвилями: поглинання сонячної енергії, її перетворення та вибіркоче відбиття.

Спектральні характеристики рослин можуть змінюватися протягом різних сезонів року, і ці зміни можуть бути як виразними, так і менш помітними. Це викликає необхідність вивчення спектральної яскравості рослинних об'єктів на протязі всіх сезонів, від їх виростання та проростання у формі сходів до їх відмирання, руйнування і розкладу, щоб зрозуміти природну динаміку їхньої життєдіяльності та фенологічних фаз.

### **2.3. Структурно-функціональна модель системи моніторингу СГ земель за даними ДЗЗ**

Сільськогосподарські землі все частіше піддаються змінам, це може бути, обумовлено такими факторами, як деградація ґрунтів, ерозія, засуха, заболочення, інтенсивна урбанізація, виснаження земель, із-за посівів монокультур та безумовно, випалення земель.

Пожежі на сільськогосподарських землях бути спричинені різними чинниками. Ось деякі з найбільш поширених:

– Паління сухої рослинності: Високі температури, сухе повітря та вітер можуть сприяти швидкому поширенню вогню через висушену рослинність на полях.

- Спалювання сміття або відходів: Незаконне спалювання сміття або стерні може призвести до неочікуваного вибуху пожежі.
- Самозаймання в різних матеріалах: Сільськогосподарські машини, солома, комбайни та інші матеріали можуть спалахнути самі по собі через неправильне використання або погане зберігання.
- Блискавка: У разі грози блискавка може вдарити в сільськогосподарські поля та спричинити пожежу.
- Несправність техніки або обладнання: Відмова сільськогосподарської техніки або обладнання, такого як електрична система трактора, також може призвести до загоряння.
- Піротехніка: Незаконне використання піротехніки або піротехнічних засобів може призвести до непередбачуваної пожежі.
- Небезпечні умови погоди: Сильний вітер, спека та сухе повітря можуть створювати ідеальні умови для розповсюдження пожежі.
- Воєнні дії: Збройна агресія із застосуванням будь-яких боєприпасів. В Україні найпоширеніше – артилерійські снаряди, міни, гранати, реактивні системи залпового вогню, крилаті ракети та інші.

Моніторинг таких пожеж покладено на ДСНС України. Складовою моніторингу, який проводять ДСНС є системи геоінформаційного моніторингу, як за допомогою даних ДЗЗ, так і за допомогою інших джерел вихідних(опорних) даних.

Геоінформаційний моніторинг – це технологія та автоматизована система планування й проведення моніторингу на основі інтегрування даних з різних джерел, моделювання, оцінювання та прогнозування стану об’єктів моніторингу в середовищі геоінформаційних систем із застосуванням баз геопросторових даних і баз знань [15].

Моніторинг випалених земель включає збір інформації про стан земель та проведення попередніх та повторних спостережень через певні інтервали часу з метою виявлення динаміки зміни їх стану. Для виконання порівняльного аналізу

використовуються космічні знімки даної території за рік до пожежі, під час випалення землі та через 2-3 місяці після випалення. Порівняльний аналіз доповнюється відомостями про поточні або майбутні зміни з різних відомств, а також спеціальними наземними спостереженнями.

Головною метою системи моніторингу сільськогосподарських земель є розробка сучасних комп'ютерних технологій для оперативного збору інформації про зміни на об'єктах моніторингу з використанням даних ДЗЗ, встановлення якісних та кількісних показників і розробка принципів відстеження змін у стані земель. База даних ДЗЗ є важливою складовою бази даних моніторингу випалених СГ земель Харківської області, оскільки космічне зондування є основним інструментом для оцінки стану земель в умовах воєнного конфлікту в Україні.

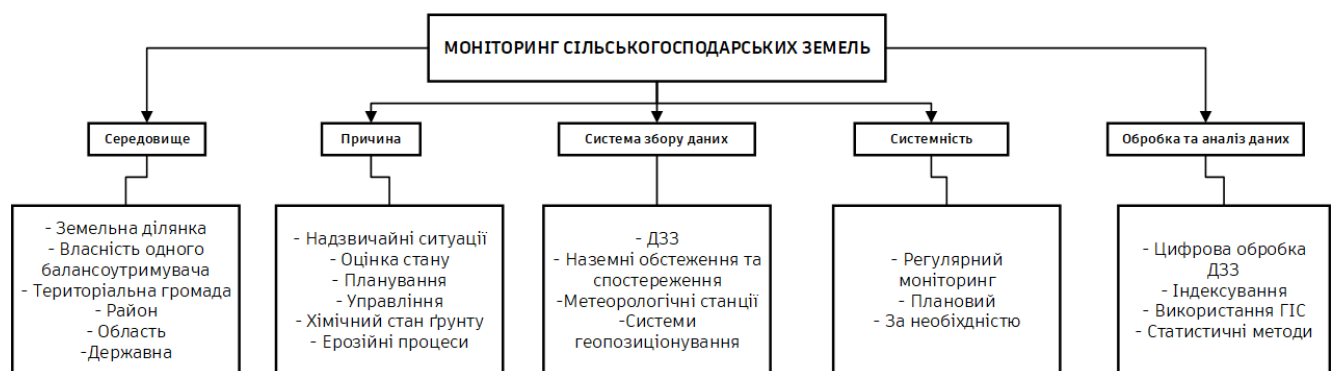


Рис. 2.4. Загальна структурно-функціональна модель моніторингу СГ земель

Класифікування сільськогосподарських земель під час моніторингу буде відбуватися лише на 3 рівні:

- Земля у стані найвищої вегетації (густа рослинність);
- Земля у стані середньої вегетації (присутня рослинність);
- Випалені землі або рослинність.

Таким чином зменшується кількість інформації для обробки, та операції які автоматизовані будуть оброблюватися швидше, що надзвичайно важливо при моніторингу наживо та оцінки критичності ситуації.

## **2. 4. Використання даних ДЗЗ та інструментів ГІС у завданні оцінки масштабів випалених площ сільськогосподарських земель**

Найпоширенішим ресурсом з відкритим кодом по обробці зображень супутників Sentinel є EO Browser Sentinel Hub - це веб-платформа, що надає доступ до різноманітних даних дистанційного зондування.

Однією з ключових можливостей EO Browser є можливість застосовувати різні індекси до зображень, такі як NDVI, NDBI, NDWI та інші. Ці індекси допомагають в аналізі та визначенні різних аспектів земельного покриття, таких як рівень рослинності, наявність водоймищ, забудованість та інші.

Платформа також надає можливість візуалізувати та порівнювати зображення з різних часових періодів та джерел, що сприяє аналізу змін у природному середовищі та земельному покритті. Користувачі можуть ефективно виявляти та аналізувати зміни, які відбуваються у вибраних регіонах протягом часу.

Використання інструментів ГІС для створення системи моніторингу є обов'язковим етапом подальшої автоматизації цього процесу. Програма QGIS – забезпечує як обробку даних ДЗЗ, створення та ведення бази геопросторових даних та включає також в собі аналітичні інструменти підрахунку різних напрямків запитів, як з растрових зображень так і з векторних даних.

Для обробки даних ДЗЗ у QGIS можна скористатися різними плагінами та інструментами. Наприклад, плагіни для обробки растрових даних дозволяють виконувати операції, такі як покращення контрастності, видалення хмар, розрахунок індексів та інше. Крім того, QGIS має вбудовані інструменти для геопросторового аналізу, які можуть бути застосовані до оброблених даних ДЗЗ.

Для оцінки масштабів випалених площ, у даній роботі, буде використано прийом дешифрування у EO Browser, де є включена функція виміру площі заданої ділянки полігонально. Також, дану операції можливо виконати у QGIS,

як за допомогою дешифрування, так і за допомогою класифікації зображення обрахованого індексу. Таким чином інструменти створять окремий раст, який можна векторизувати автоматично і за цими полігонами визначити площі тих, які підпадають під категорію випалених земель. У загальному масштаб випалених земель буде визначатися, як відсоткове відношення до даних які зазначало ЗМІ у статтях, та відсоткове відношення до вегетативної ділянки до випалення.

**РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ ТЕРИТОРІЙ ВИПАЛЕНИХ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЗЕМЕЛЬ У ХАРКІВСЬКІЙ  
ОБЛАСТІ ЗА ДАНИМИ ДЗЗ**

### **3. 1. Характеристика вихідних матеріалів ДЗЗ для території Харківської області**

У цьому проєкті будуть використовуватися дані дистанційного зондування Землі для аналізу випалених сільськогосподарських земель у Харківській області внаслідок збройної агресії російської федерації. Вихідними матеріалами будуть знімки Sentinel 2, які будуть розглядатися на веб-ресурсі Sentinel Hub EO Browser, що був створений компанією Sinergise, яка є партнером Європейської космічної агенції (ESA).

Головною метою EO Browser є надання користувачам зручного та швидкого інструменту для візуалізації та аналізу геопросторових даних для різних цілей, включаючи наукові дослідження, моніторинг довкілля, геопросторове планування, а також для прийняття рішень у сфері сільського господарства, лісівництва, геології та інших галузях.

Космічні знімки було обрано з 2021 по 2023 роки, для того щоб відслідкувати зміни, які відбулися із землями з довоєнного періоду та у роки коли були влучання, пожежі та інші наслідки збройної агресії на цих територіях. Вибір знімків відбувається у періоди за алгоритмом – до влучання та після спалювання. Інформацію про дати влучань, що спричинило випалення, було взято з джерел засобів масової інформації. Також вибір знімків уже у визначені періоди буде відбуватися за відсутності задимлення та хмарності, під час періоду найбільшої вегетації.

Роздільна здатність знімків супутника Sentinel 2 складає 10 м, 20 м і 60 м, у залежності від каналу які наведено у таблиці 2.2. У вегетаційному індексі будуть використовуватися канали з роздільною здатністю 10 м, що дозволить якомога точніше оцінити масштаб випалених земель. При цьому системою супутників забезпечується систематичне спостереження за всіма континентальними сухопутними поверхнями (включаючи внутрішні води) між 56° пд. та 84° пн. широти, а також за всіма прибережними водами до 20 км від

берега та всіма островами більше 100 км<sup>2</sup>, тобто забезпечується практично повне просторове охоплення північної півкулі Землі, включаючи всю територію України [12]. Але, два діючих на сьогоднішній час супутника Sentinel-2 здійснюють повторне спостереження однієї й тієї ж території тільки через п'ять днів. Крім того, через накладання зон між суміжними орбітами, частота спостережень за деякими територіями може збільшуватися.

Дані сенсору MSI у Sentinel-2 доступні як типи різних продуктів та систематично обробляються від Level 0 до Level 1C та Level 2A [35].

Рівень Level 1 відповідає рівню обробки Level 1C. Результати використовуються як під час створення цифрової моделі рельєфу (ЦМР), так проектування зображення в картографічних координатах. Попіксельні радіометричні вимірювання надаються в режимі відображення у верхній частині атмосфери (ТОА) з усіма параметрами для перетворення їх у яскравість. Продукти Level 1C повторно обробляються з постійною роздільною здатністю знімка в 10, 20 і 60 метрів, залежно від вихідної роздільної здатності різних каналів спектру. У продуктах Level 1C координати пікселів починають відраховуватись від кута верхнього лівого пікселя.

Level 2 – це відповідає рівню обробки Level 2A (рівня 2A), що складається з класифікації сцени та атмосферної корекції, яка застосовується до продукту ортозображення Level-1C (рівня 1C). Level-2A – продукт відображення з ортотрансформованою нижньою частиною атмосфери (BOA). Продукти Level-2A перераховуються аналогічно продуктам Level-1C з постійною величиною GSD (GroundSampling Distance) 10 м, 20 м та 60 м відповідно до власної роздільної здатності різних спектральних діапазонів. Дані класифікації сцени підтримуються як растрового продукту. Характеристику сенсору MSI наведено в таблиці 3.1.

## Характеристика знімального сенсору MSI

Характеристика	Значення
Розробник	ESA, EADS Astium
Діапазон довжин хвиль	443 – 2190 нм
Роздільна здатність	10, 20 та 60 м
Кількість каналів	13
Роздільна здатність рядків	1200
Швидкість знімання	290 км
Призначення	Моніторинг змін в рослинності, земельному використанні, водних ресурсах, а також надання підтримки у надзвичайних ситуаціях та катастрофах

Сенсор MSI може використовуватися й в моніторингу випалених земель внаслідок збройної агресії на території Харківської області. У обрахунку вегетаційного індексу будуть використані канали 4 і 8, із роздільною здатністю 10 м. Дані червоного каналу отримуються за рахунок фільтру у сенсорі, який пропускає лише світло червоного діапазону, а інфрачервоний – лише світло інфрачервоного діапазону, таке світло відбивається від земної поверхні. Інші канали сенсору не будуть використовуватися в цьому дослідженні.

### 3.2. Застосування індексу NDVI для виявлення випалених площ

Спершу розглянемо знімок на територію селища Золочів, де 20 липня 2022 року було спалено близько 66 гектар пшениці за даними джерела [26]. Пошук знімків відбувався на веб-платформі EO Browser, із заданням параметрів супутника, проміжку часу за яким буде пошук знімків, а також у вікні пошуку зони інтересу вводимо назву населеного пункту, поблизу якого є випалені землі (рис. 3.1).

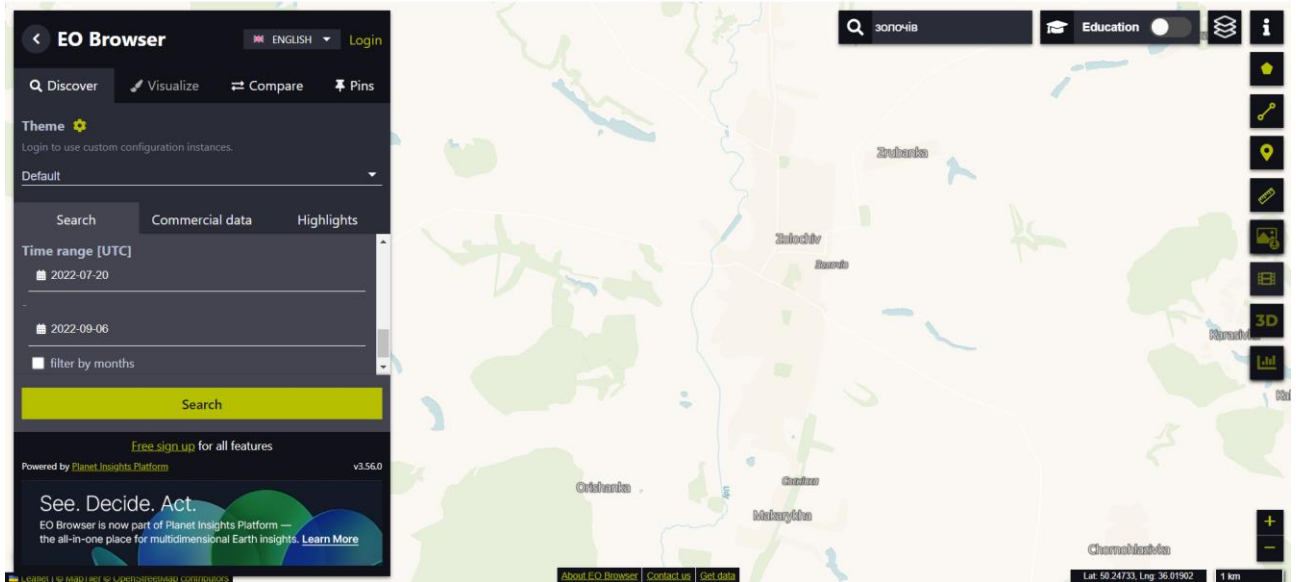


Рис. 3.1. Зона інтересу у вікні EO Browser

Знімки мають задовольняти умову хмарності до 10%, а чіткість відображення об'єктів має бути в допуску розпізнавання контурів об'єктів, вигорілих площ. Також, вибір знімків відбувається лише за інформації випалених сільськогосподарських земель у періоди найвищої вегетації (травень-початок вересня), що дозволить спостерігати контраст на зображенні індексу між здоровою рослинністю, та тою яка випалена.

У даному дослідженні ми не будемо розглядати процес попередньої обробки зображень, а будемо використовувати дані обробки L2A, які вже мають атмосферну корекцію враховуючи рівень обробки L1C. Тому у списку знімків метадані про знімок будуть містити:

- Назва супутника та рівень обробки зображення;
- Дата знімання;
- Всесвітній час (UTC) знімання;
- Відсоток хмарності наявної на знімку;
- MGRS location.

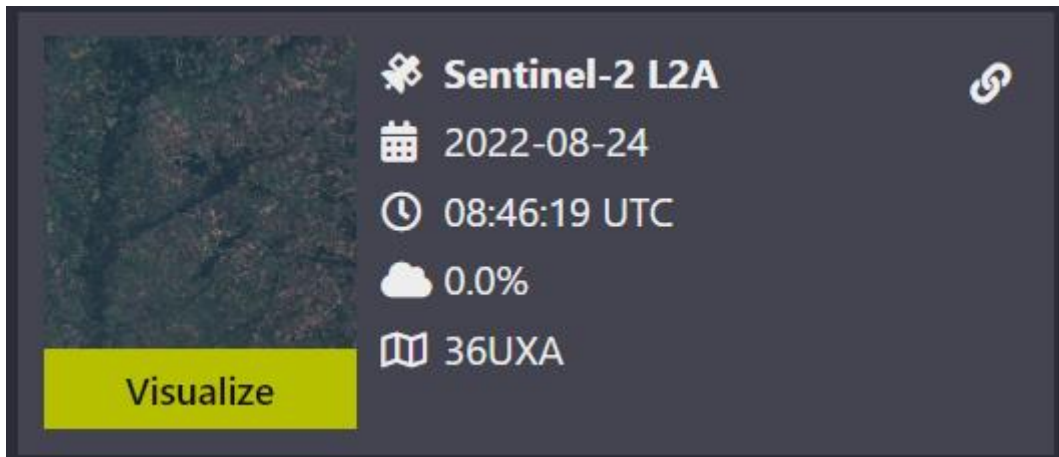


Рис. 3.2. Відображення коротких метаданих знімку на веб-ресурсі EO Browser

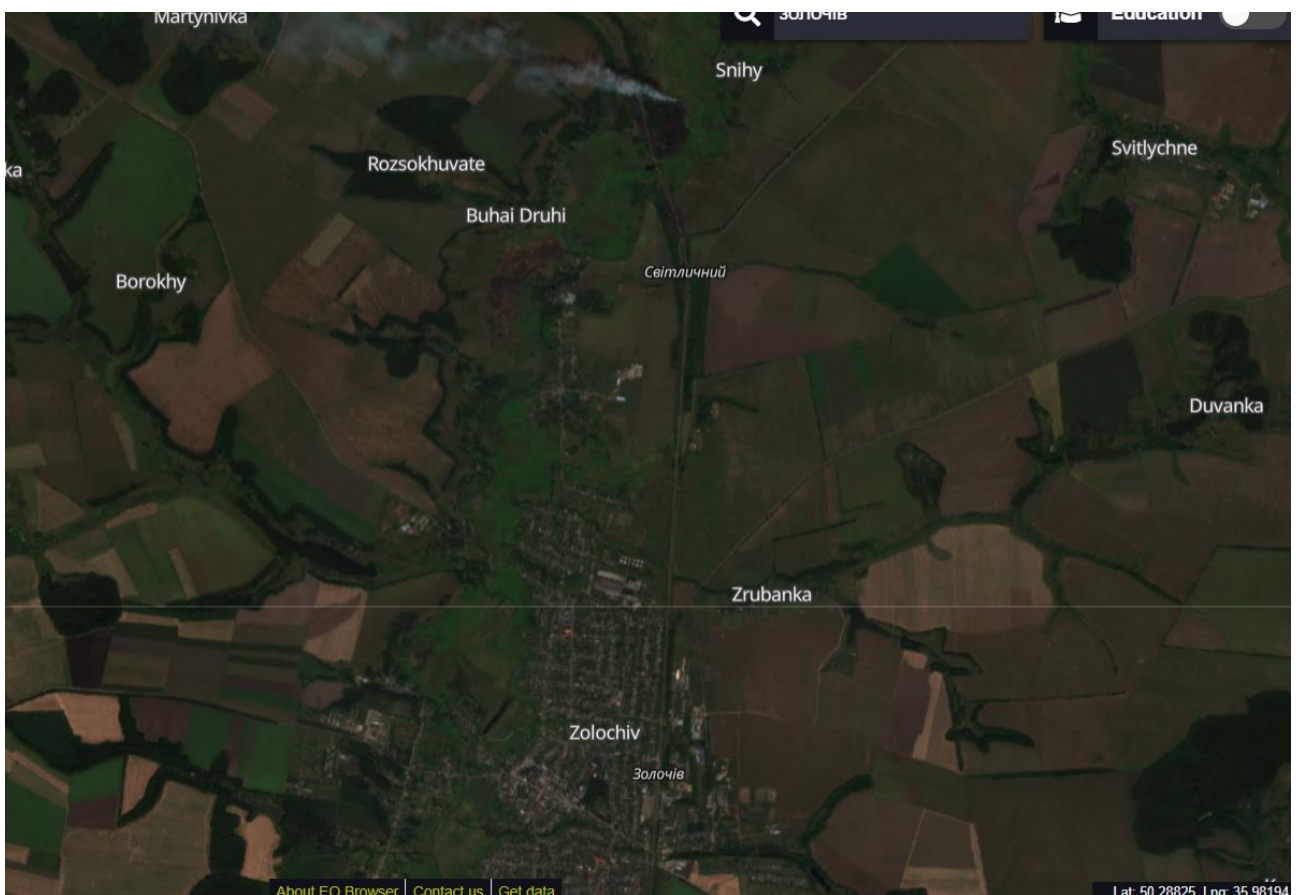


Рис. 3.3. Обраний знімок у True color

За замовчуванням на веб-ресурсі EO Browser уже є представлений обрахований індекс NDVI, за формулою:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Як видно, зі знімку у верхній частині селища є чіткі контури випаленої ділянки, з-поміж середньовеgetативних ділянок. Зображення індексу NDVI на зону інтересу представлено на рисунку 3.4.

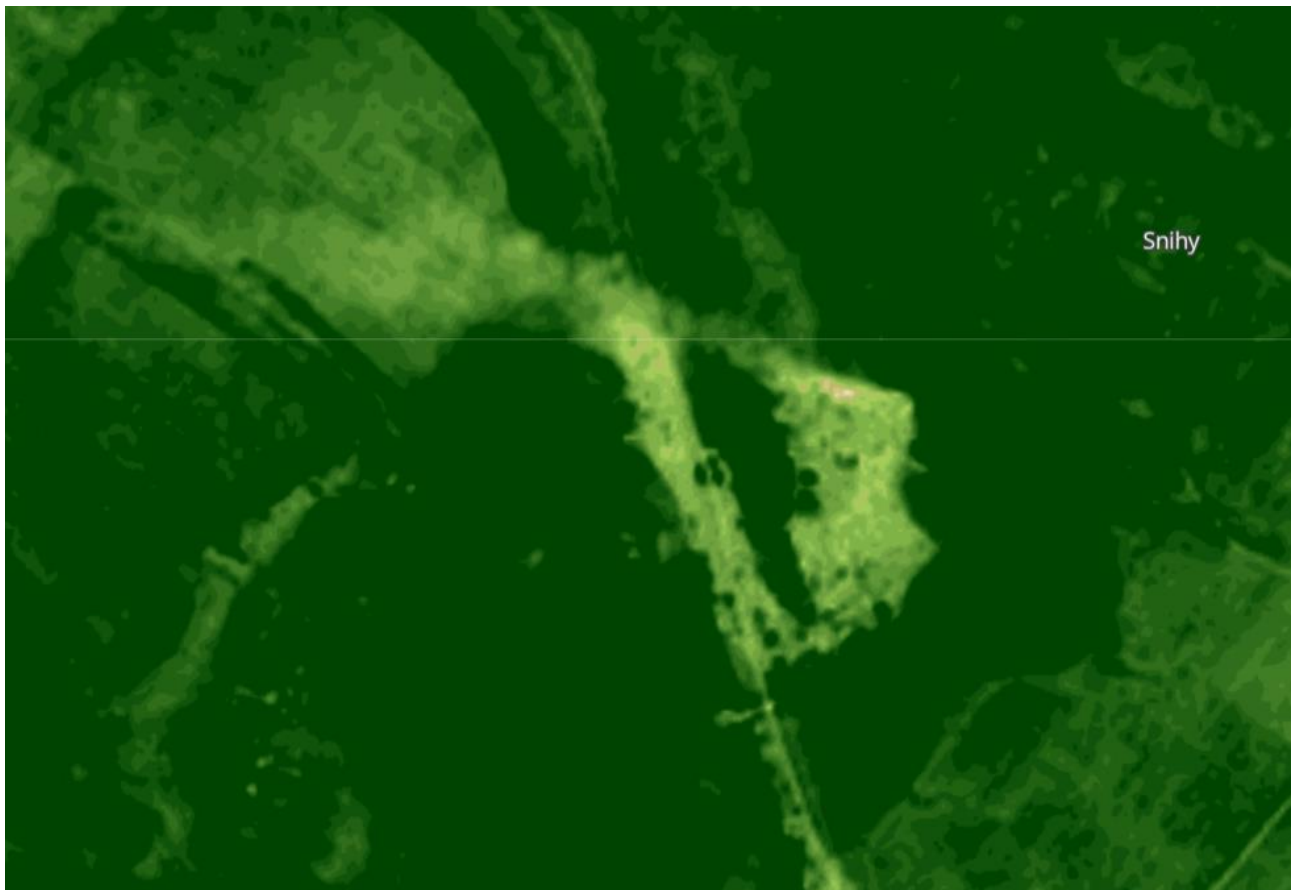


Рис. 3.4. Обрахований NDVI на зону інтересу біля селища Золочів

Випалена сільськогосподарська земля має чіткий контур об'єкту та визначається блідо-жовтим кольором. Також варто зазначити, що на східній стороні випаленої ділянки, перешкодою для розповсюдження вогню стала річка Уди.

Порівняємо ту саму ділянку станом на 7 липня 2022 року (рис. 3.5). Майже вся зона інтересу відображає високий рівень вегетації темно-зеленим кольором.

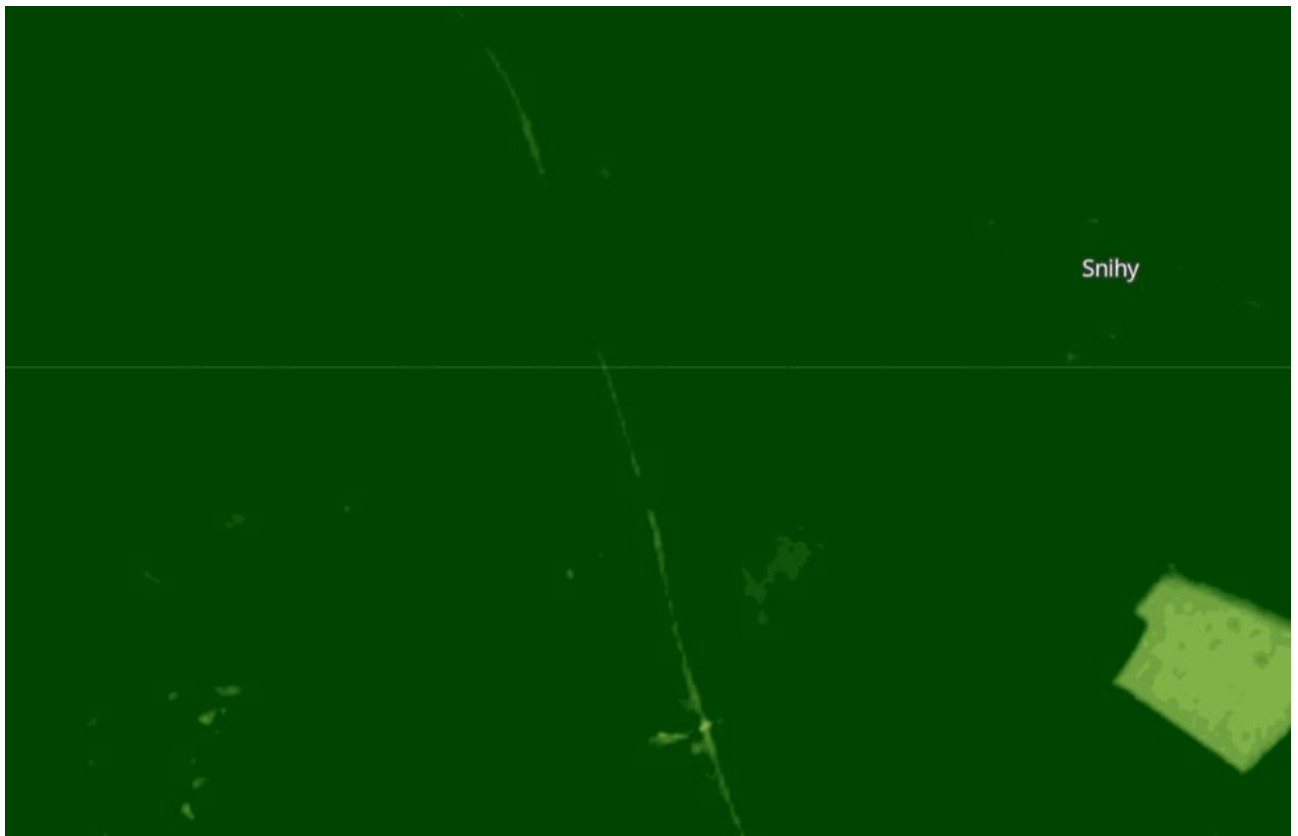


Рис. 3.5. Обрахований індекс NDVI на 07.07.2022

Отже, індекс NDVI якісно відображає місця де відбувалися пожежі на сільськогосподарських землях. Далі буде обраховано індекси для зон інтересу, що було взято із джерел [21-23, 27]. Переважна більшість обстрілів в області сільськогосподарських земель припала на 2022 рік, так як окупація Харківської області продовжувалась до кінця вересня такого ж року. У 2023 році, пожежі на полях були здебільшого локальні із-за підбивання сільськогосподарської техніки на мінах, а також прикордонні території.

### **3. 3. Моніторинг стану випалених СГ земель Харківщини за космічними знімками**

Для проведення моніторингу випалених сільськогосподарських земель виконується пошук за населеним пунктом, поблизу якого сталась пожежа та яких зазначено у статтях опублікованих ЗМІ. Пошук земельної ділянки швидко можливо зробити за допомогою поля «Пошук», що є інструментом веб-ресурсу EO Browser.

Загалом пошук території пов'язаних з географічною назвою населеного пункту, яку внесено до бази даних веб-ресурсу. Тому в даному полі пошуку, ключем для переміщення «на льоту» є саме домен, що був внесений перелік у це поле.

Повертаючись, до розгляду масштабу випалених земель внаслідок збройної агресії російської федерації, біля селища Золочів за допомогою інструменту «Вимірювання», що позначено іконкою у вигляді лінійки, виміряємо площу випаленого поля. На рисунку 3.6 видно, що площа складає 0,12 км<sup>2</sup>, що дорівнює 12 гектарам землі.

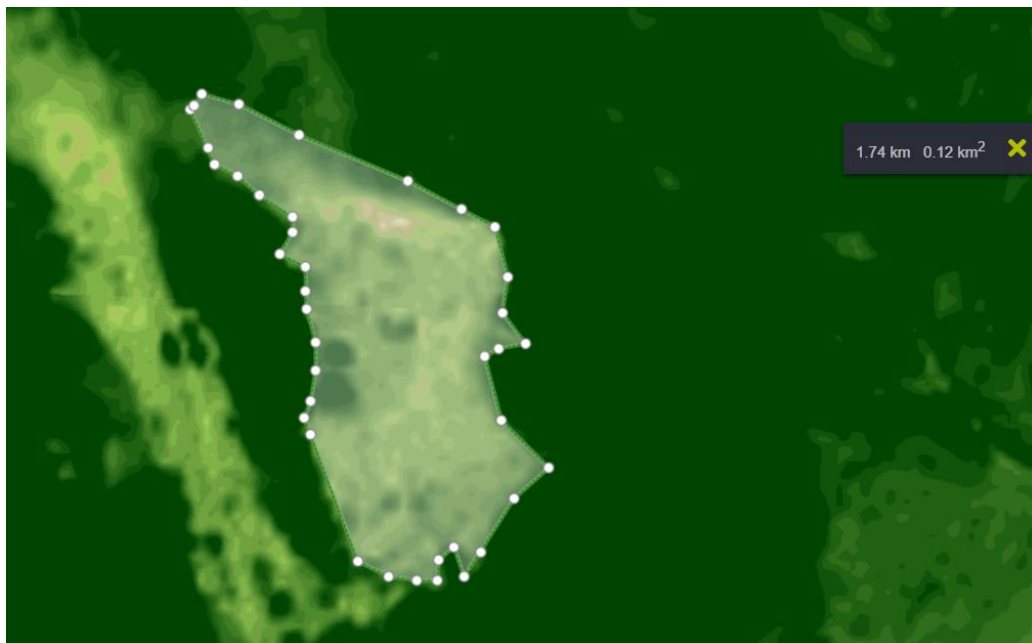


Рис. 3.6. Виміряна площа випаленої землі поблизу селища Золочів

На території села Барвінкове, також було влучання бойових снарядів у поле пшениці. Вигляд зони інтересу за 2 дні до застосування зброї мав вигляд, який відображено на рисунку 3.7, а через 3 дні після пожежі – на рисунку 3.8.



Рис. 3.7. Поле станом на 02.07.2022 року, до пожежі



Рис. 3.8. Поле станом на 07.07.2022 року, після пожежі

За інформацією [22] пожежа сталась внаслідок ворожого обстрілу на території Барвінківської територіальної громади Ізюмського району. Горіло поле пшениці на площі 30 га. До ліквідації пожежі був залучений підрозділ ДСНС з селища Барвінкове. Як видно вигорілі частини поля не мають чіткої геометрії

контуру, та випалена частина складає близько 40% від всієї площі земельної ділянки.

Обрахований індекс NDVI, також показав зони де вегетативної рослинності більше немає. Площа випалених ділянок склала – 48 га або 0,48 км<sup>2</sup>.



Рис. 3.9. Обрахований індекс NDVI на знімок станом на 07.07.2022 року

Найбільша концентрація випалених земель у 2022 році на території Ізюмського району. Тут відбувалися артилерійські обстріли, застосування ракет, мін, гранатометів, стрілецької зброї та іншої. Вигляд земель біля міста Ізюм станом на 2021 рік, відображено на рисунку 3.10.

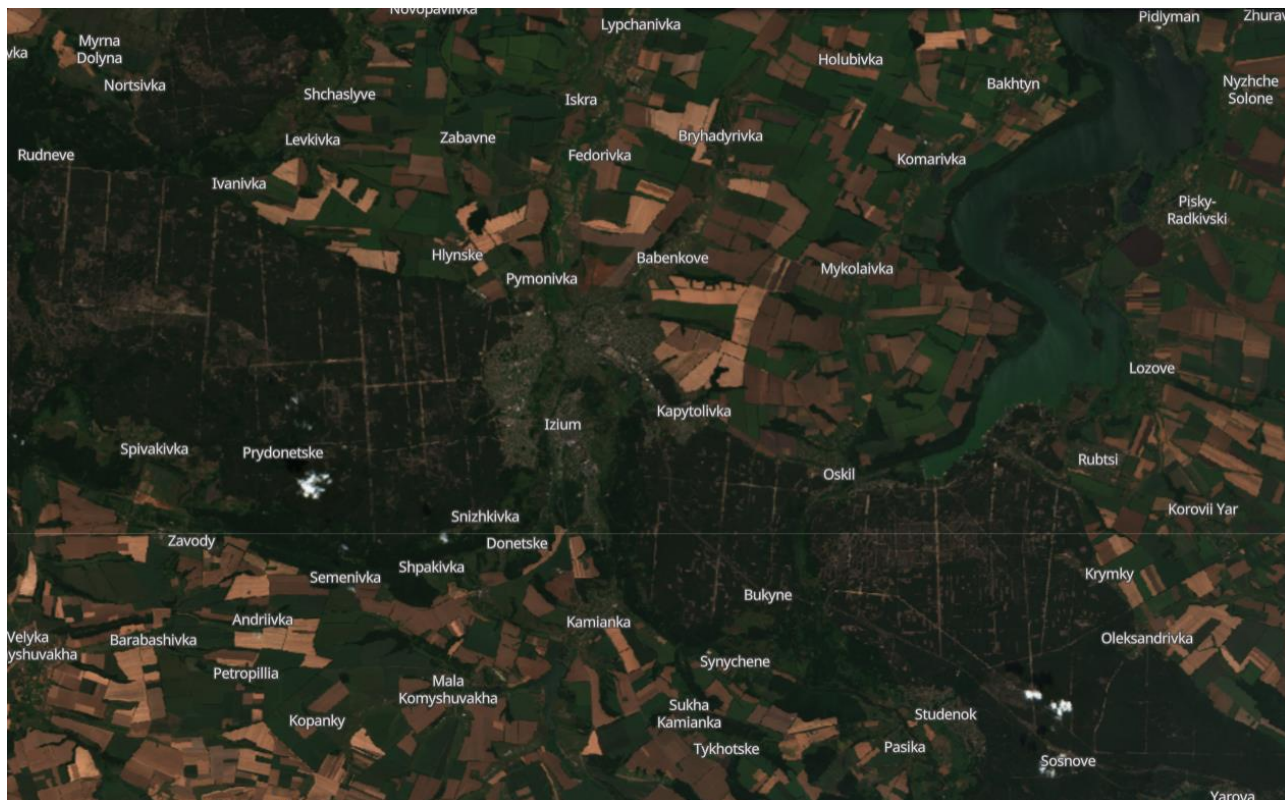


Рис. 3.10. Територія інтересу поблизу міста Ізюм, станом на липень 2021 року

Як видно, території сільськогосподарських земель здебільшого засіяні яровими культурами, але є і ділянки які спустелені, деградують або не обробляються. Спустелення, вирубка лісу особливо помітно на ділянках за засаджених деревами. Це важлива примітка, так як такі ділянки не будуть стосуватися пожеж та збройної агресії.

У 2022 році, після початку повномасштабного вторгнення, засівання полів на цій території майже відсутнє, спостерігається випалення лісових ділянок, та помітний дим після влучання на територіях сільськогосподарських земель.

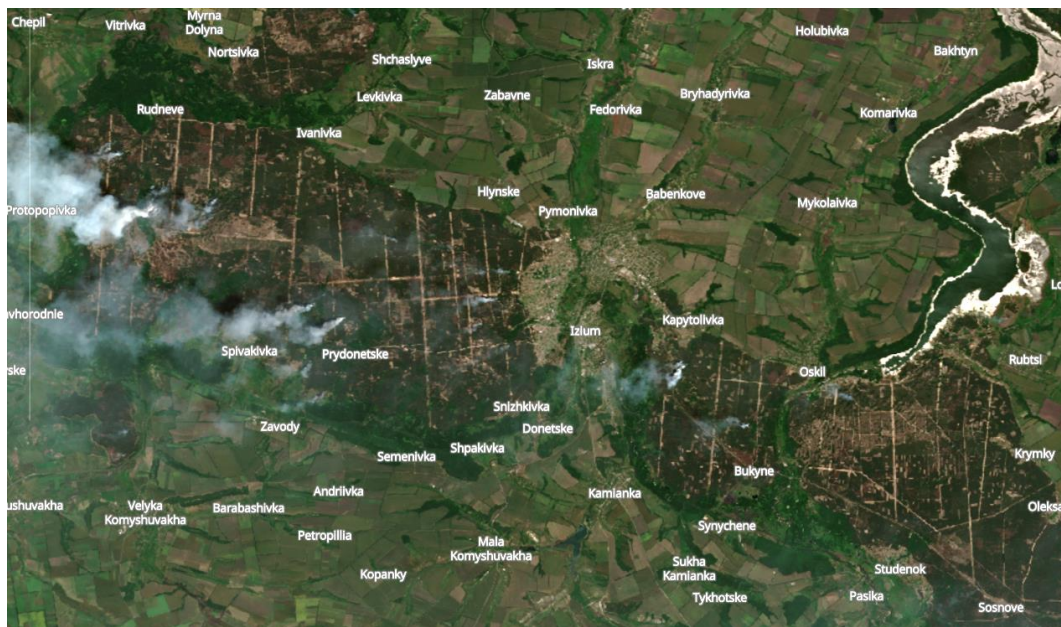


Рис. 3.11. Територія інтересу поблизу міста Ізюм, станом на липень 2022 року

Також видно з рисунку 3.11, що Оскільського водосховища, яке раніше було джерелом живлення земель, більше не існує. Гідровузол було підірвано 2 квітня 2022 року, внаслідок чого також було затоплено декілька населених пунктів. Обрахований індекс NDVI на дану територію відображено на рисунку 3.12.



Рис. 3.12. Індекс NDVI на територію інтересу поблизу міста Ізюм, станом на липень 2022 року

Переважна кількість випалення земель все ж припала на ліси, але площа сільськогосподарських земель, що зазнавала пожежі після влучань, приблизно складає 3730 га або 3,73 км<sup>2</sup>.

Водночас, з випалюванням земель біля міста Ізюм, також присутні пожежі у напрямку міста Балаклія, поблизу населеного пункту Морозівка. Після влучання у земельні ділянки, було ідентифіковано місця випалювання за знімком в true color та підтверджено відсутність вегетаційної рослинності індексом NDVI (рис. 3.13). Приблизна площа спаленої території 183 га або 1,83 км<sup>2</sup>.

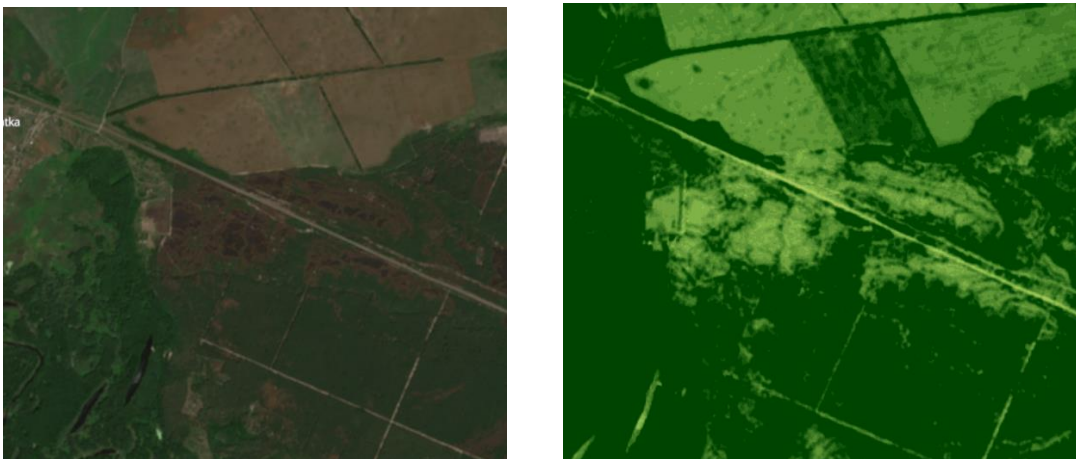


Рис. 3.13. Випалені сільськогосподарські землі поблизу н.п. Морозівка

На початку липня також було зафіксовано пожежі поблизу населеного пункту Андріївка, Донецької громади. На рисунку 3.14 для порівняння відображено ділянку до випалення та після, відповідно.



Рис.3.14. Земельна ділянка до та після випалення, поблизу селища Андріївка

На зображенні обробленого індексу NDVI видно, що випалені ділянки не мають чітких контурів, що характерно для розповсюдження вогню та гасіння пожежі співробітниками ДСНС, при виявленні надзвичайної ситуації на місці. Приблизна площа випаленої землі 94 га або 0,94 км<sup>2</sup>.

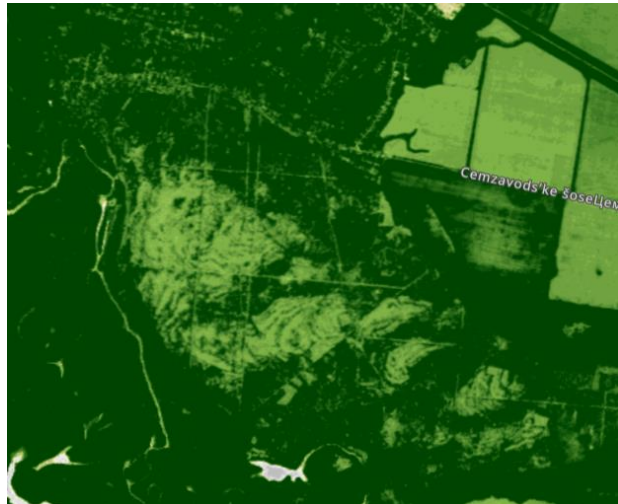


Рис. 3.15. Індекс NDVI на ділянку поблизу селища Андріївка

На північному кордоні Харківської області з росією протягом весни-літа 2022 року періодично задавалися удари по сільськогосподарській інфраструктурі та землям. На рисунку 3.16 відображено у порівнянні індекс NDVI на ділянку селища Верхня Писарівка на 2021 рік, та справа на 2022 рік. Аналогічно як і в попередньому населеному пункті видно, що контури випаленої землі не є чіткими. Приблизна площа склала 60 га або 0,6 км<sup>2</sup>.

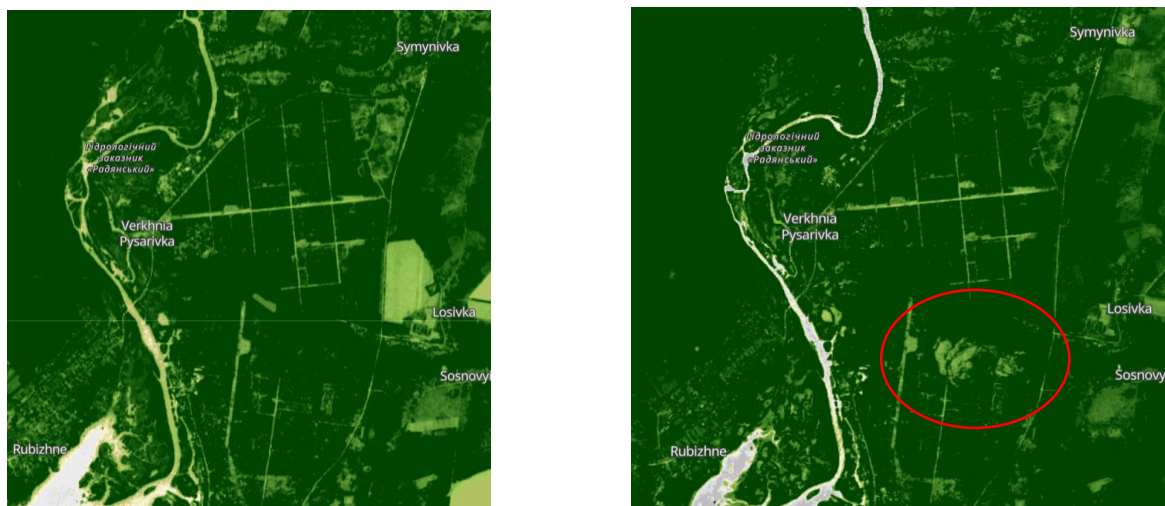


Рис. 3.16. Порівняння стану земель на 2021 та 2022 роки

Вище було розглянуто одні із масштабних пожеж на сільськогосподарських землях у 2022 році на території Харківської області. Загалом за даними ЗМІ [30], загальна площа випалених с/г земель у області склала понад 5395 га. Всі інші пожежі, які не було досліджено, відбувались на відносно малі площі від 1-5 га, що за допомогою даних з супутника Sentinel 2 з роздільною здатністю 10 м, та переважно хмарною погодою у літні місці, видається проблематичною задачею. Для більш точного розгляду випалених ділянок, рекомендовано обрати супутникові дані з точністю до 1 м.

Загальна площа досліджених випалених земель склала 4 157 га.

Пожежі на сільськогосподарських землях у 2023 році здебільшого виникали лише на прикордонних територіях, так як лінію оборони було відсунуто майже всю за межі Харківської області. Розглянемо 2 випадки, які висвітлювались в джерелах ЗМІ, поблизу населеного пункту Синельникове, Вовчанської ОТГ та Бесарабівка, Красноградського району (рис. 3.17-3.20).



Рис. 3.17. Порівняння знімків за 2022 та 2023 роки, поблизу села Синельникове



Рис. 3.18. Відображення випаленої ділянки поблизу села Синельникове



Рис. 3.19. Порівняння знімків до пожежі та після у 2023 році, поблизу селища Бесарабівка



Рис. 3.20. Відображення частково випаленої ділянки поблизу селища Бесарабівка

Площа випаленої ділянки поблизу Синельникове склала 0,07 км<sup>2</sup> або 7 га, а поблизу селища Бесарабівка – 0,02 км<sup>2</sup> або 2 га. Враховуючи, що кількість обстрілів значно зменшилась на території Харківської області в порівнянні з 2022 роком, тому інформації у ЗМІ здебільшого про виникнення пожеж на сільськогосподарських землях йдеться про людський фактор або погодних умов. Така позитивна тенденція, вказує на те, що ворог не здатен використовувати зброю близького ураження, що ускладнює для нього здійснення воєнних злочинів по випалюванню врожаю.

Безумовно, випалювання сільськогосподарських земель тягне за собою численні негативні наслідки, особливо такого як втрата родючого шару ґрунту (гумусу). Великі пожежі можуть спричинити повну або часткову втрату родючого шару ґрунту через його згоряння, що призводить до негативного впливу на сільське господарство та інші екосистеми. Також процес відновлення земель у Харківській області значно ускладнено чисельною замінованістю території. Харківська область є бронзовим лідером по площі мінування, після Донецької та Луганської областей. Перш за все для відновлення земель, першопочатково мають бути проведені саперські дії з боку ДСНС, за припущенням на це підуть десятиліття. Тому наразі, для забезпечення економіки та продовження роботи аграріїв активно використовується сільськогосподарська техніка на дистанційному управлінні, це допомагає дотримуватися загальних правил безпеки на замінованих територіях, зберегти людське життя та надалі підтримувати економіку країни та використовувати сільськогосподарські землі за своїм призначенням.

## **ВИСНОВКИ**

Збереження екосистеми на сільськогосподарських землях відіграє важливу роль у сталому розвитку аграрного сектору. Це сприяє збереженню родючості ґрунту через підтримку стабільності та вологовмісту ґрунту, а також допомагає в регулюванні водних ресурсів та запобіганні ерозії. Руйнування такої екосистеми виникає в тому числі і в наслідок бойових дій на територіях полів. Пожежі, що виникають після влучань на сільськогосподарські землі, де влітку росте переважно суха рослинність врожая, що легко займаються та розповсюджуються. Згідно нормативно-правової бази, моніторинг за такими пожежами ведуть ДСНС, а також інформація може бути надана, після його проведення, Держгеокадастру після запити.

Аналіз змін у стані земельного покриву після пожеж є важливим етапом у забезпеченні сталого розвитку аграрного сектору та збереженні природних ресурсів області. Використання сучасних технологій геоінформаційного аналізу та дистанційного зондування дозволяє не лише вчасно виявляти зміни, але й розробляти ефективні стратегії управління природними ресурсами для зменшення масштабів та контролювання поточної ситуації.

У ході роботи було досліджено методи проведення моніторингу земель, що були випалені, наведено переваги та недоліки дистанційного зондування Землі. Також було проведено пошук вихідних тематичних даних, щодо пожеж на сільськогосподарських землях у Харківській області, після чого за цієї інформацією відбувався пошук даних ДЗЗ на веб-ресурсі EO Browser Sentinel Hub. Для проведення аналізу стану земель до та після пожежі на територіях, було застосовано вегетаційний індекс NDVI, для ідентифікації та підтвердження відсутності вегетаційної рослинності на ділянці.

За 2022 рік загальна площа досліджених випалених земель склала 4 157 га. Така кількість випалених територій спричинена можливістю використання військовими російської армії зброї близького ураження. Більшість земельних ділянок, що зазнали пожежі знаходились у окупації, або ж у буфері від лінії

оборони до 5 км. Найбільше випалених земель, було ідентифіковано на територіях Ізюмського та Богодухівського районів.

За 2023 рік виникнення пожеж суттєво зменшилось, а досліджені території знаходились у прикордонній території, що давало змогу використання тої самої зброї, що і в 2022 році, або ж пожежі, коли вогонь перейшов після влучання ракети в підприємство та перейшов за поле з врожаєм, що було поруч.

Застосування індексу NDVI виявилось ефективним інструментом, для дослідження стану випалених сільськогосподарських земель. Обробка знімку у спеціальному програмному забезпеченні дозволить використати фільтр у відображенні індексу лише у тих місцях де значення пікселю, відповідає значенню «відсутня рослинність», що в свою чергу дозволить підвищити точність моніторингу та виявлення випалених земель з маленькими площами.

Такий систематичний моніторингу стану випалених сільськогосподарських земель має велике значення для оперативності гасіння пожеж, їх запобігання, класифікації ступеню ураження та ведення бази даних земельних ділянок, що потребують підвищеного відновлення та добрив. Результати цього дослідження можуть стати основою для впровадження нових стратегій управління сільськогосподарськими землями, моніторингу їх стану після пожеж, внаслідок бойових дій, що сприятиме відновленню аграрному сектору територіальних громад, області та країни.

## **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Земельний кодекс України. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>
2. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо посилення захисту лісів, запобігання пожежам на землях лісового та водного фонду, на торфовищах та землях інших категорій» № 1259-IX від 19.02.2021 року. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1259-20#Text>
4. Закон України «Про державний контроль за використанням та охороною земель» №963-IV від 19.11.2022 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/963-15#Text>
5. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25 червня 1991 р. № 1264-XII / Верховна Рада України // Відомості Верховної Ради України. – 1991. – № 41. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>
6. Положення про моніторинг земель, затверджене постановою Кабінету Міністрів України від 20 серпня 1993 р. № 661. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-93-%D0%BF#Text>
7. Постанова «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля» №391 від 30.03.1998 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF#Text>
8. Розпорядження сільгоспземлями в період воєнного стану – основне в законі №2145. Правова група Офісу підтримки реформи з децентралізації Мінрегіону, від 15.05.2022 року. Режим доступу: <https://decentralization.ua/news/14801>
9. Зацерковний В. І. Використання ГІС та ДЗЗ для моніторингу сільськогосподарських земель/ Зацерковний В. І. , Кривобець С. В., Сергієнко В. В. Чернігівський науковий часопис, серія 2, Техніка і природа. 2011. Режим доступу: [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE\\_FILE\\_DOWNLOAD=1&Image\\_file\\_name=PDF/Chnch\\_tekh\\_2011\\_2\\_7.pdf](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Chnch_tekh_2011_2_7.pdf)

10. Збарський В. К. Економіка сільського господарства: навчальний посібник / В. К. Збарський, М. Р. Бабієнко, М. М. Кулоєць – Київ : Агроосвіта, 2013. – 352 с.

11. Шепак В.В. Моніторинг та охорона земель: навч. посіб. / В. В. Шепак,. – Полтава : ПолтНТУ, 2017. – 120 с. Режим доступу: [https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PolntNTU/4132/1/%D0%9D%D0%90%D0%92%D0%A7\\_%D0%9F%D0%9E%D0%A1%D0%86%D0%91\\_%D0%9C%D0%9E%D0%9D%D0%86%D0%A2\\_%D0%A0%D0%90%D0%94%D0%90.pdf](https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PolntNTU/4132/1/%D0%9D%D0%90%D0%92%D0%A7_%D0%9F%D0%9E%D0%A1%D0%86%D0%91_%D0%9C%D0%9E%D0%9D%D0%86%D0%A2_%D0%A0%D0%90%D0%94%D0%90.pdf)

12. Моніторинг сільськогосподарських культур із застосуванням космічних знімків SENTINEL-2/ Марюшко М. В., Пащенко Р. Е., Кобрлюк Н. С.Радіоелектронні та комп'ютерні системи, 2019 р. Режим доступу: [https://www.researchgate.net/publication/332612497\\_MONITORING\\_SILSKOGOS\\_PODARSKIH\\_KULTUR\\_IZ\\_ZASTOSUVANNAM\\_KOSMICNIH\\_ZNIMKIV\\_SENTINEL-2](https://www.researchgate.net/publication/332612497_MONITORING_SILSKOGOS_PODARSKIH_KULTUR_IZ_ZASTOSUVANNAM_KOSMICNIH_ZNIMKIV_SENTINEL-2)

13. Моніторингу та охорона земель. Конспект лекцій / в. О. Романко, В. Ю. Пересоляк, І. в. Калинич, Т. Б. Марухнич – Ужгород: УжНУ «Говерла», 2021. – 85 с. Режим доступу: [https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/39416/1/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%20%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D0%B9%20%D0%B7%20%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D1%83%20%20\\_%D0%A0%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D0%BE%2C%20%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%81%D0%BE%D0%BB%D1%8F%D0%BA%2C%20%D0%9A%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%87%2C%20%D0%9C%D0%B0%D1%80%D1%83%D1%85%D0%BD%D0%B8%D1%87\\_.pdf](https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/39416/1/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%20%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D0%B9%20%D0%B7%20%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D1%83%20%20_%D0%A0%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D0%BE%2C%20%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%81%D0%BE%D0%BB%D1%8F%D0%BA%2C%20%D0%9A%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%87%2C%20%D0%9C%D0%B0%D1%80%D1%83%D1%85%D0%BD%D0%B8%D1%87_.pdf)

14. Пащенко Р. Е. Методика моніторингу сільськогосподарських земельі культур з використанням фрактального аналізу даних дистанційного зондування землі/ Пащенко Р. Е., Марюшко М. В. Навігація та геоінформаційні системи, 2023 р. Режим доступу: <https://journals.nupp.edu.ua/sunz/article/view/2947/2345>

15. А. Лященко Онтологія та особливості компонентів геоінформаційного моніторингу та технологією баз геопросторових даних / А. Лященко, І. Патракеєв - Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва, 90 випуск 1 (29), 2015 р. – с.174-177. Режим доступу : [http://www.irbisnbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE\\_FILE\\_DOWNLOAD=1&Image\\_file\\_name=PDF/sdgn\\_2015\\_1\\_42.pdf](http://www.irbisnbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/sdgn_2015_1_42.pdf)

16. Основи дистанційного зондування Землі : історія та практичне застосування : навч. посіб./ С. О. Довгий, В. І. Лялько, С. М. Бабійчук, Т. Л. Кучма, О. В. Томченко, Л. Я. Юрків. — К. : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. — 316 с. Режим доступу: <https://api.man.gov.ua/api/assets/man/a5604a2e-2165-4e6e-9169-2c7cd2e03e24/>

17. Малолітнева В. Правові засади використання даних дистанційного зондування землі як доказів у вітчизняному судочинстві для захисту об'єктів археологічної спадщини/ Малолітнева В., Гурова А. Проблеми судження, 2020 р. – с. 107-122. Режим доступу: [http://yurvisnyk.in.ua/v6\\_2020/15.pdf](http://yurvisnyk.in.ua/v6_2020/15.pdf)

18. Мамонов К. А. Управління та моніторинг у сфері землекористування : конспект лекцій для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій / К. А. Мамонов, Ю. Б. Радзінська, О. В. Афанасьєв ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 130 с. Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/61942/1/%D0%9C%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B2%2C%20%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B7%D1%96%D0%BD%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0%2C%20214%D0%9B%2C%202022%2C%20pdf.pdf>

19. Види Дистанційного Зондування Землі Та Їх Застосування. Дистанційне зондування. EOS DATA ANALYTICS, 27.04.2023 р. Режим доступу: <https://eos.com/uk/blog/vydy-dystantsiinoho-zonduvannia/>

20. Внаслідок російський обстрілів на Харківщині горіли хлібні поля – ДСНС/ Ганна Цьомик. Суспільне Харків, 19 липня 2022 р. Режим доступу:

<https://suspilne.media/kharkiv/261926-vnaslidok-rosijskih-obstriliv-na-harkivsini-gorili-hlibni-pola-dsns/>

21. Врожай вдалось врятувати. Харків коментарі, 27.07.2023 р. Режим доступу: <https://kharkov.comments.ua/news/society/human-rights/19397-v-harkovskoy-oblasti-goryat-lesa-polya-i-urozhay-prichiny-foto.amp>

22. Головне управління ДСНС України у Харківській області. Канал Телеграм. Режим доступу: [https://t.me/DSNS\\_Kharkiv](https://t.me/DSNS_Kharkiv)

23. Головні новини Харкова та області 3 серпня/ Ольга Ульянова, Ганна Цьомик, Маргарита Дежкіна. Хроніка. Суспільне Харків, 3.08.2023 р. Режим доступу: <https://suspilne.media/kharkiv/542713-golovni-novini-harkova-ta-oblasti-3-serpna-hronika/>

24. Моніторинг земель – Головне управління Держгеокадастру у Миколаївській області. Режим доступу: <https://mykolaivska.land.gov.ua/%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B3-%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D1%8C/>

25. Петриченко В. Моніторинг земель як рятівний круг / В. Петриченко, С. Балюк, В. Медведєв // Урядовий кур'єр. – 2014. – 12 квітня. – № 68. – С. 8

26. На Харківщині окупанти поцілили у поля. Зайнялася пшениця/ Аліна Гаєвська. Суспільне Харків, 20.07.2022 р. Режим доступу: <https://suspilne.media/kharkiv/262619-na-harkivsini-okupanti-pocilili-u-pola-zajnalasa-psenica/>

27. На Херсонщині та Харківщині через обстріли горять поля з врожаєм: гасити нікому. Новини Канал 24, 6.07.2022 р. Режим доступу: [https://24tv.ua/ua/pozhary-na-harkovshhine-i-hersonshhine-gorjat-polja-s-pshenicej-iz-za-rossijskih-obstrelov-24-kanal\\_n2074708/amp](https://24tv.ua/ua/pozhary-na-harkovshhine-i-hersonshhine-gorjat-polja-s-pshenicej-iz-za-rossijskih-obstrelov-24-kanal_n2074708/amp)

28. Органи влади скоординували спільні дії у протидії пожежам під час воєнного стану. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, від 12.05.2022 рік. Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/organy-vlady-skoordynovaly-spilni-diyi-u-protydiyi-pozhezham-pid-chas-voyennogo-stanu/>

29. Особливості регулювання земельних відносин в умовах воєнного стану. Безоплатна правнича допомога. Чернівецька область, від 22.08.2022 року. Режим доступу: <https://legalaid.gov.ua/publikatsiyi/osoblyvosti-regulyuvannya-zemelnyh-vidnosyn-v-umovah-voennogo-stanu/>

30. Оцінені площі згорілих територій в Україні у липні 2022 року. Кафедра математичного моделювання та аналізу даних, Навчально-наукової Фізико-технічний інститут НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», вересень 2022 р. Режим доступу: <https://mmda.ipt.kpi.ua/2022/08/03/%D0%BE%D1%86%D1%96%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D1%96-%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%89%D1%96-%D0%B7%D0%B3%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%BB%D0%B8%D1%85-%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B9-%D0%B2-%D1%83%D0%BA/>

31. Сільське господарство та ринок сільськогосподарських земель України: вплив війни/ Михайло Матвеев. Вокс Україна, 2 травня 2023 року. Режим доступу: <https://voxukraine.org/silске-gospodarstvo-ta-rynok-silskogospodarskyh-zemel-ukrayiny-vplyv-vijny>

32. Bello O., Aina Y. Satellite remote sensing as a tool in disaster management and sustainable development: towards a synergistic approach / Procedia — Social and Behavioral Sciences 120 (2014): 365–373. doi: 10.1016/j.sbspro.2014.02.114

33. NDVI: Нормалізований Диференційний Вегетаційний Індекс у Сільському Господарстві. Дистанційне зондування. EOS DATA ANALYTICS, 2021 р. Режим доступу: <https://eos.com/uk/make-an-analysis/ndvi/>

34. Sentinel 2A/2B. TVIS. Режим доступу: <https://tvis.com.ua/ua/satellites/sentinel/>

35. Satellite sensor raster types. ArcGIS Pro 3.3, Workflows. Режим доступу: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/data/imagery/satellite-sensor-raster-types.htm>

## **ДОДАТКИ**

Додаток А. Графічні матеріали

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**  
**Кафедра геоінформатики і фотограмметрії**

**Моніторинг стану випалених сільськогосподарських земель Харківської області за використання даних ДЗЗ**

Виконав: студент ГІСТ-20  
Венгер М. В.

Керівник : доцент, к. т. н.  
Нестеренко О. В

## Мета, об'єкт та предмет дослідження

Мета роботи – дослідити ефективність моніторингу стану випалених сільськогосподарських земель за допомогою даних дистанційного зондування Землі. Проаналізувати масштаби випалених земель на території Харківської області.

Об'єкт даного дослідження – випалені ділянки сільськогосподарських земель, в наслідок збройної агресії, на території Харківської області.

Предмет дослідження – аналіз стану випалених сільськогосподарських земель після пожеж.



## Завдання роботи

- дослідження нормативно-правової бази, щодо моніторингу земель, пожеж в Україні;
- визначення методів проведення моніторингу стану земель, що були випалені;
- пошук вихідних тематичних даних, щодо пожеж на сільськогосподарських землях у Харківській області;
- пошук вихідних даних ДЗЗ для проведення моніторингу;
- обчислення індексу NDVI для знімків до та після пожежі;
- обчислення площ випалених ділянок сільськогосподарських земель за 2022 та 2023 роки.

## Нормативно-правова база у сфері моніторингу стану земель

Здійснення моніторингу земель регламентують :

- ст. 22 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» ;
- ст. 191, 192 Земельного кодексу України ;
- ст. 5, 8, 9 Закону України «Про державний контроль за використанням та охороною земель» (щодо моніторингу ґрунтів земель сільськогосподарського призначення) ;
- постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження положення про моніторинг земель» від 20 серпня 1993 №661 ;
- «Про Положення про державну систему моніторингу довкілля» від 30 березня 1998 р. №391 .

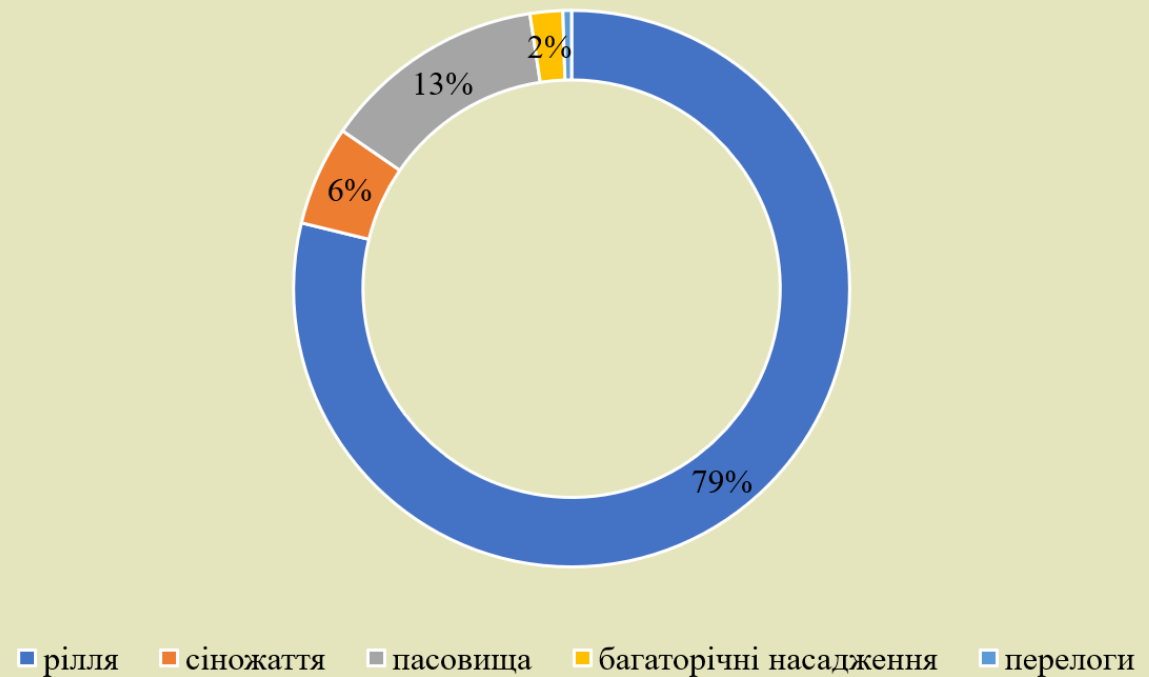
Моніторинг та обстеження стану сільськогосподарських земель під час воєнного стану можливо виконувати лише за умови отримання спеціального дозволу СБУ.

ДСНС є виконавцем ліквідації пожеж на сільськогосподарських землях та держателем даних про них.

## Сільськогосподарські землі як об'єкт дослідження

Більшість площ Земельного фонду України призначена для сільськогосподарського використання, що становить 41,5 млн га або 68,8% загальної площі країни. Серед них рілля займає 32,5 млн га, сіножаті - 2,4 млн га, пасовища - 5,4 млн га, багаторічні насадження - 0,8 млн га, і перелоги - 0,2 млн га.

Структура СГ угідь



## Моніторинг стану сільськогосподарських земель, методи його проведення

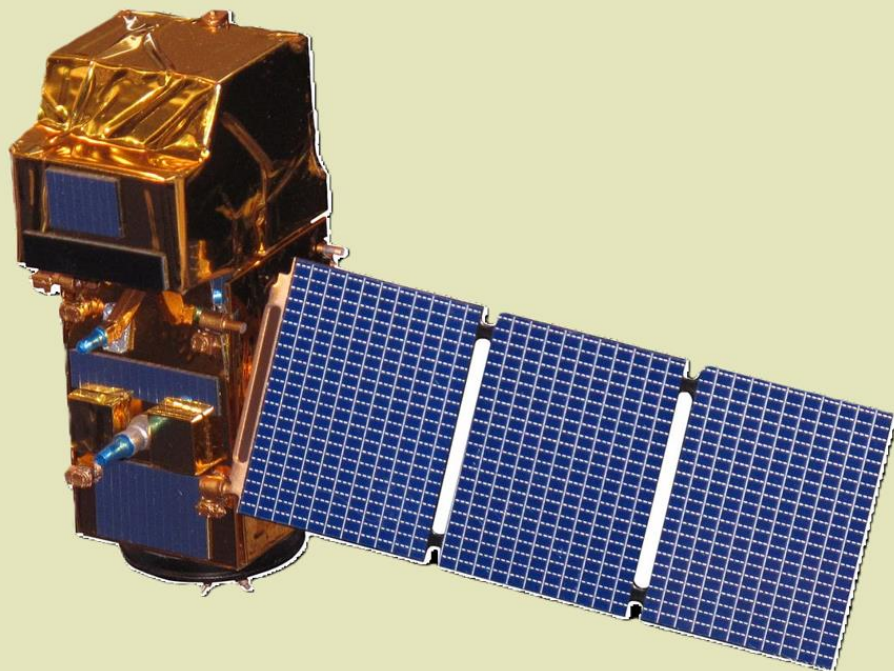
### Бонітування ґрунтів

Здійснення порівняльної оцінки якості ґрунтів за їхніми природними властивостями, які мають сталий характер та суттєво впливають на врожайність сільськогосподарських культур, вирощуваних у конкретних природно-кліматичних умовах

### ДЗЗ

Використання вегетаційних індексів, які визначаються емпірично і враховують фізичні властивості світла, відбиваючу здатність рослин та інші важливі характеристики. Серед всіх існуючих індексів найбільше розповсюдження отримав нормалізований різницевий вегетаційний індекс (індекс NDVI).

## Особливості технологій систем дистанційного зондування Землі



### Sentinel 2A

Назва	Опис
Дата запуску	23 червня 2015 року (Sentinel-2A)
Оператор	Європейське космічне агентство (ESA)
Тип орбіти	Сонячно-синхронна
Розрахунковий термін функціонування	7 років
Просторова роздільна здатність (в надирі), м	10
Ширина смуги зйомки, км	290
Періодичність зйомки, діб	10

# Алгоритми обробки даних ДЗЗ для дослідження сільськогосподарських земель



Схема обробки даних ДЗЗ

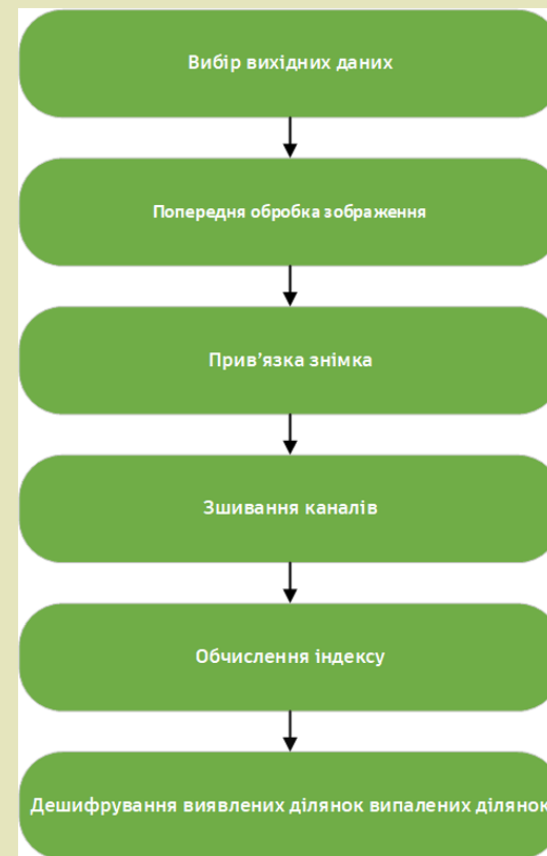
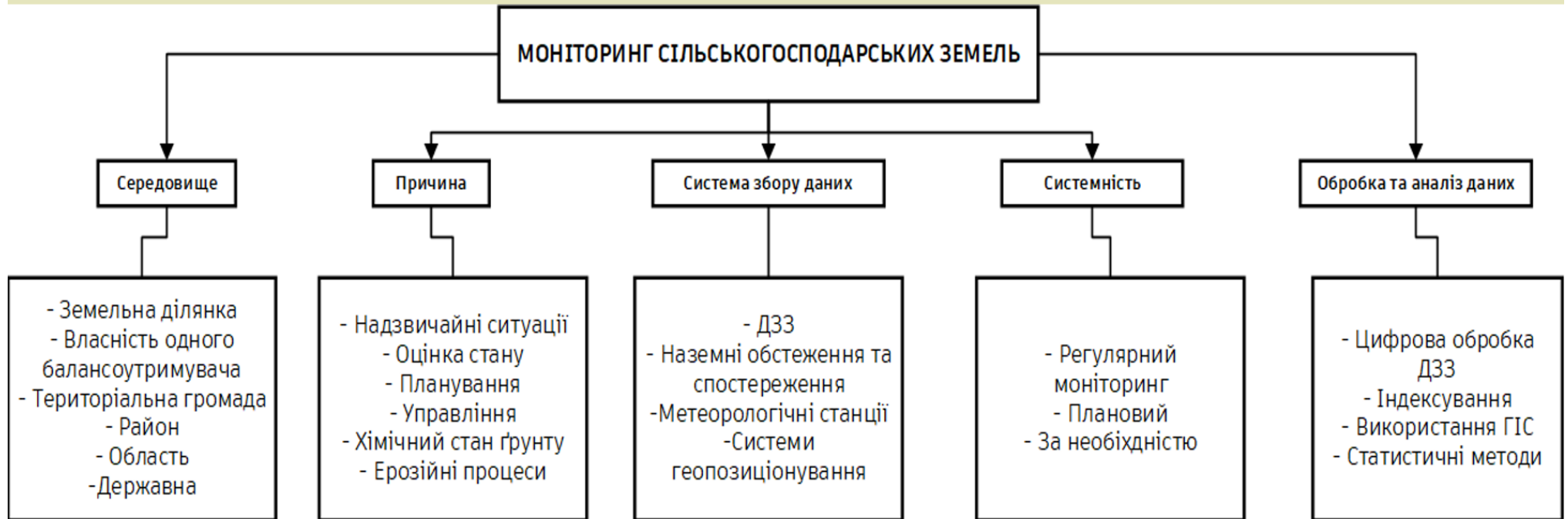


Схема алгоритму обробки даних ДЗЗ для дослідження випалених земель

## Структурно-функціональна модель системи моніторингу СГ земель за даними ДЗЗ



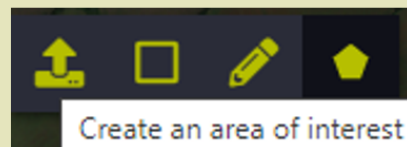
## Використання даних ДЗЗ та інструментів ГІС у завданні оцінки масштабів випалених площ сільськогосподарських земель



### EO Browser Sentinel Hub

Однією з ключових можливостей EO Browser –це застосування різних індексів до зображень, такі як NDVI, NDBI, NDWI та інші.

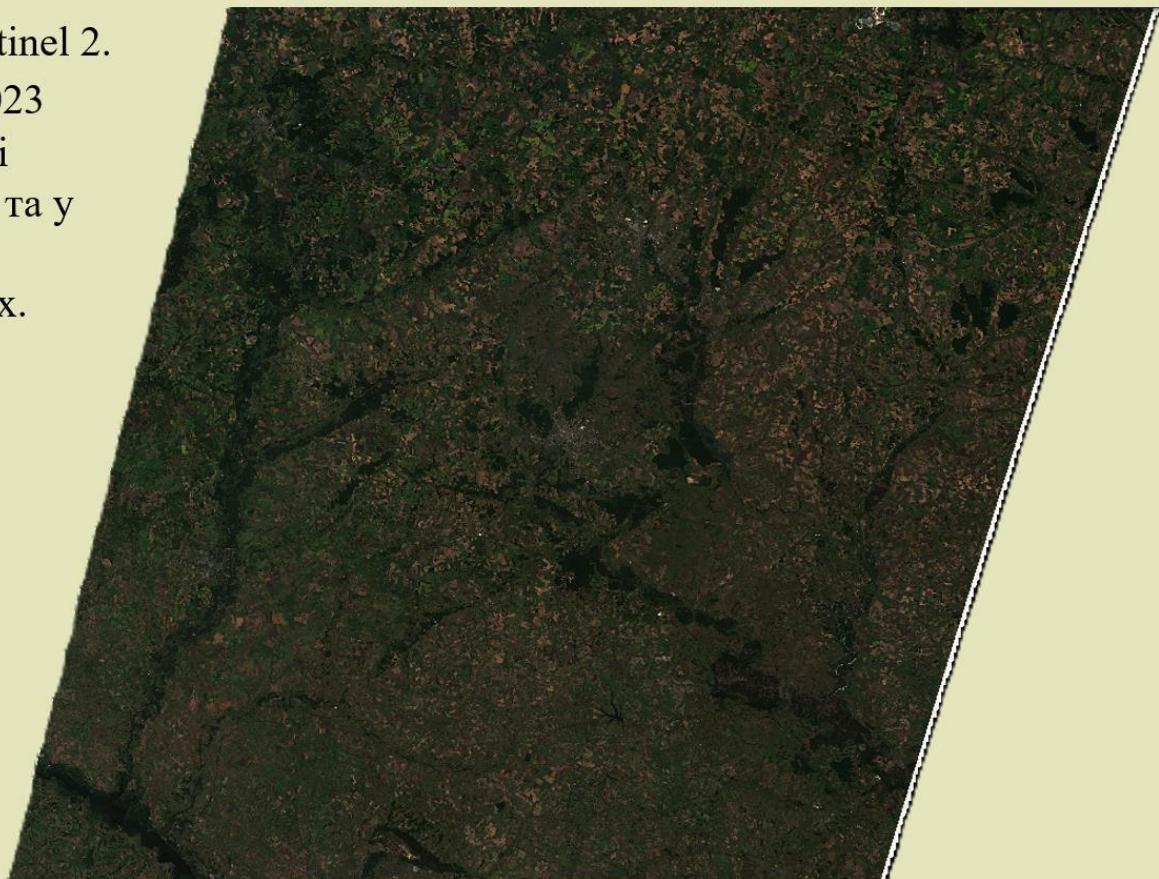
Також за замовчуванням присутні такі інструменти, як «вимірювання» та «створення зони інтересу», які будуть використані як інструменти для оцінки масштабів випалених площ полігонів СГ земель.



## Характеристика вихідних матеріалів ДЗЗ для території Харківської області

Вихідними матеріалами будуть знімки Sentinel 2. Космічні знімки було обрано з 2021 по 2023 роки, для того щоб відслідкувати зміни, які відбулися із землями з довоєнного періоду та у роки коли були влучання, пожежі та інші наслідки збройної агресії на цих територіях.

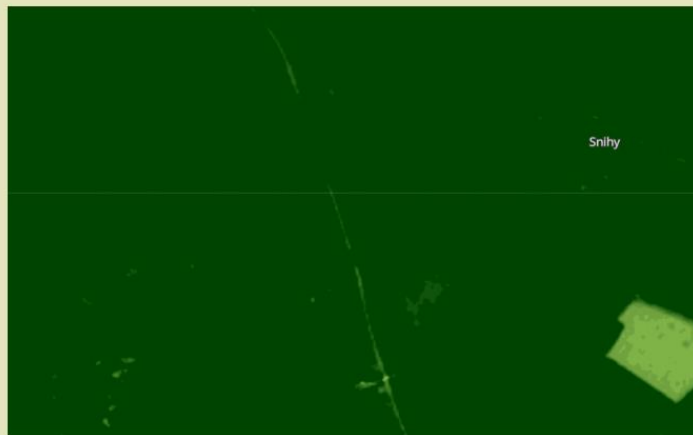
Мультиспектральний сенсор MSI може використовуватися й в моніторингу випалених земель внаслідок збройної агресії на території Харківської області. У обрахунку вегетаційного індексу будуть використані канали 4 і 8, із роздільною здатністю 10 м.



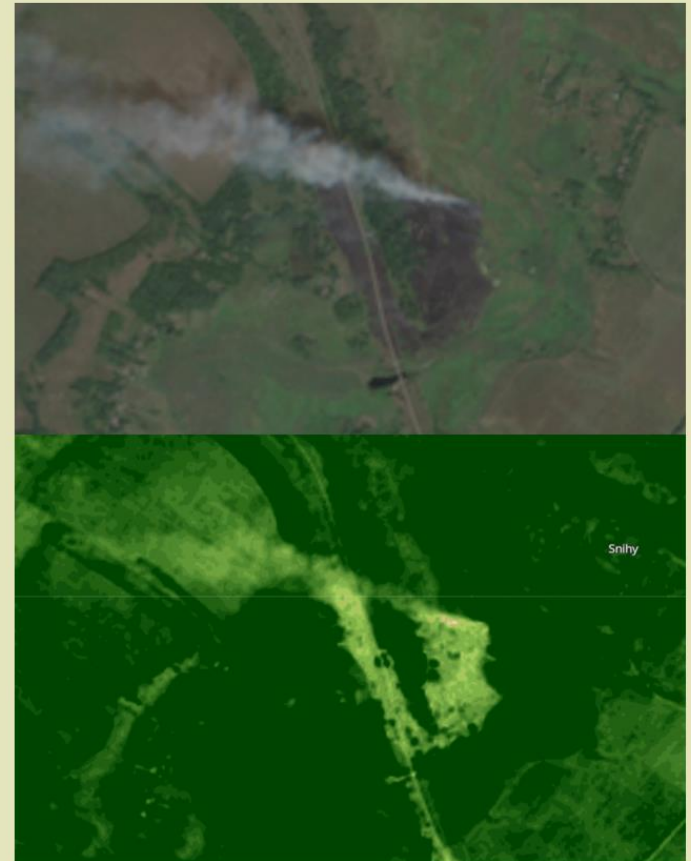
## Застосування індексу NDVI для виявлення випалених площ

За замовчуванням на веб-ресурсі EO Browser уже є представлений обрахований індекс NDVI, за формулою:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$



До пожежі, територія біля смт. Золочів, 07 липня 2022 року



Після пожежі, 20 липня 2022 року

# Моніторинг стану випалених СГ земель Харківщини за космічними знімками

**Барвінкове**



До пожежі

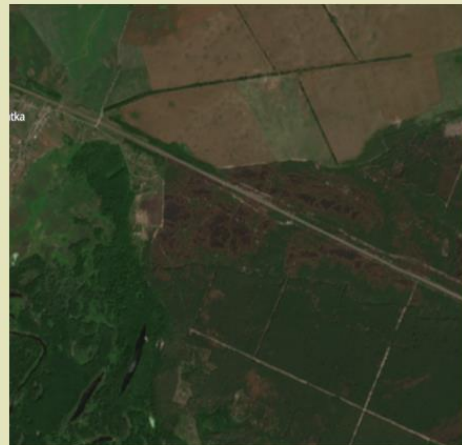


Після пожежі

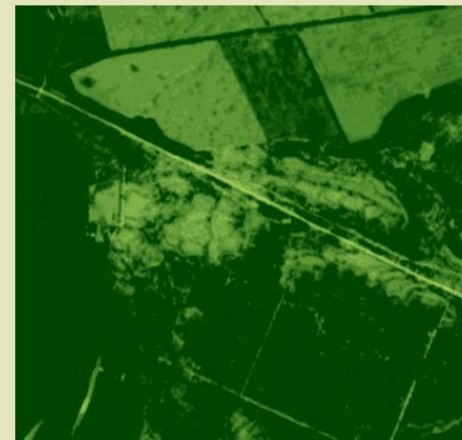


NDVI

**Морозівка**



Після пожежі



NDVI

13



## ВИСНОВКИ

- Застосування індексу NDVI є ефективним інструментом проведення моніторингу стану випалених сільськогосподарських земель
- За 2022 рік загальна площа досліджених випалених ділянок склала 4 157 га. Більшість таких ділянок зазнало пожежі під час окупації російської федерації, або ж у буфері від лінії оборони до 5 км. Найбільше випалених земель ідентифіковано на територіях Ізюмського та Богодухівського районів.
- За 2023 рік виникнення пожеж суттєво зменшилось, а досліджені території знаходились у прикордонній території, що давало змогу використання тої самої зброї, що і в 2022 році, або ж пожежі, коли вогонь перейшов після влучання ракети в підприємство та перейшов на поле з врожаєм, що було поруч.

Результати цього дослідження можуть стати основою для впровадження нових стратегій управління сільськогосподарськими землями, моніторингу їх стану після пожеж, внаслідок бойових дій, що сприятиме відновленню аграрному сектору територіальних громад, області та країни.

**Дякую за увагу !**