

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Навчально-науковий інститут телекомунікацій

Кафедра системного аналізу

Пояснювальна записка

до бакалаврської роботи

на ступінь вищої освіти бакалавр

на тему: «ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ»

Виконав: студент 4 курсу,
групи САД-41, спеціальності

124 Системний аналіз

(шифр і назва спеціальності)

Сміхун О.Ф.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Кузьміч М.Ю.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Навчально-науковий інститут Телекомунікацій

Кафедра _____ Системного аналізу _____

Ступінь вищої освіти _____ «Бакалавр» _____

Спеціальність _____ 124 Системний аналіз _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Системного аналізу

Гордієнко Т.Б.

(ПІБ)

Дата: _____ 2023 року

З А В Д А Н Н Я

НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Сміхуна Олега Федоровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Інформаційна система аналізу зміни стану рослин сільськогосподарських угідь з урахуванням даних їх дистанційного зондування»

Керівник роботи _____ Кузьміч М.Ю.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від _____ 2023 року
№ ____.

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вхідні дані до роботи: _____

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

5. Перелік графічного матеріалу

1) _____

2) _____

3) Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

Студент

(підпис)

Сміхун О.Ф.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Кузьмич М.Ю.
(прізвище та ініціали)

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
ПОДАННЯ
ГОЛОВІ ДЕРЖАВНОЇ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ
ЩОДО ЗАХИСТУ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

Направляється студент Сміхун О.Ф. до захисту бакалаврської роботи
(прізвище та ініціали)

за спеціальністю 124 Системний аналіз
(шифр і назва спеціальності)

на тему: «Інформаційна система аналізу зміни стану рослин сільськогосподарських угідь з урахуванням даних їх дистанційного зондування»

Бакалаврська робота і рецензія додаються.

Директор інституту _____
(підпис)

Довідка про успішність

Сміхун О.Ф. за період навчання в Навчально-науковому інституті Телекомунікації
(прізвище та ініціали студента)

з 2021 року до 2023 року повністю виконав навчальний план за спеціальністю з таким розподілом оцінок за:

національною шкалою: відмінно _____%; добре _____%; задовільно _____%;

шкалою ECTS: A _____%; B _____%; C _____%; D _____%; E _____%.

Методист факультету: _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Висновок керівника бакалаврської роботи

Студент Сміхун Олег Федорович

Все це дозволяє оцінити виконану бакалаврську роботу студента Костенка В.К. на оцінку «_____» та присвоїти йому кваліфікацію фахівця з інформаційних технологій.

Керівник роботи _____
(підпис)

Кузьміч М.Ю.
(прізвище та ініціали)

_____ 2023 року

Висновок кафедри про бакалаврську роботу

Бакалаврську роботу розглянуто(а). Студент Сміхун О.Ф. допускається до захисту даної роботи в Державній екзаменаційній комісії.
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Системного аналізу _____
(підпис)

Гордієнко Т.Б.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Оглавление

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	10
1.1 історія розвитку дистанційного зондування землі	10
РОЗВИТОК СУПУТНИКІВ	14
ТЕХНОЛОГІЇ ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ	17
Теплове випромінювання тіл	22
РОЗДІЛ 2	25
ІНДЕКСИ ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬ В АГРАРНІЙ СФЕРІ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ	25
NDVI або нормалізований індекс різниці рослинності	26
NDRE або нормалізована різниця RedEdge	27
NDWI (Normalized Difference Water Index)	29
MSAVI або модифікований індекс рослинності з урахуванням ґрунту	30
NDMI або нормалізований індекс вологості різниці	31
ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СЕРВІСІВ УПРАВЛІННЯ ТА МОНІТОРИНГУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬ СИСТЕМИ ДЗЗ	32
EOSDA Crop Monitoring	34
FieldView	35
FarmLogs	35
Cropio	36
Granular Insights	37
AgriTask	38
Підсумок другого розділу	38
3.	40
Перелік недоліків	40
Перелік переваг	41
Аналіз та огляд потреб основних видів користувачів сервісів моніторингу	43
Агрохолдинги	44
Фермерські господарства	47
«Віддалені» фермери	49
Науково-дослідницькі інститути	51
Загальний висновок щодо спільних потреб розглянутих груп користувачів	54
Кадастровий номер	54
Діаграма IDEF0	56
Висновки	60
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	62

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І
ТЕРМІНІВ**

с/Г

ДЗЗ

КА

ВСТУП

Аналіз області сільського господарства є досить гострою та важливою темою в реаліях сьогодення та перспективи майбутнього. Адже клімат планети, населення, якість ґрунтів та площа сільськогосподарських угідь невідмінно змінюються. І для кращого розуміння, аналізу, а потім і аналітики, необхідно мати збір даних такого рівня що повністю відповідає цим вимогам. Одним з таких способів отримання інформації є дистанційне зондування. Станом на сьогоднішній день існує певна кількість систем дистанційного зондування землі (далі ДЗЗ) які покривають широкий спектр галузей які потребують цього, до цих галузей належать: метеорологія, оцінка шкоди завданої природними катаклізмами, контроль станів штучних та природних об'єктів гідросфери, природоохоронний моніторинг, оцінки техногенних катастроф, моніторинг суден у реальному часі, прогноз врожайності сільськогосподарських (далі с/г) культур, контроль несанкціонованого будівництва, тощо.

Для написання даної роботи було проаналізовано інформацію з відкритих джерел про методи дистанційного зондування, дані про супутники що використовуються для цього і типи зондування які існують. Також було розглянуто ринок існуючих систем моніторингу і проведено обговорення з користувачами сервісу, до було розглянуто бажані і бракуючі функції.

Об'єктом дослідження слугують системи дистанційного моніторингу сільськогосподарських угідь. А предметом являється взаємодія і отримання необхідних даних користувачем розглянутих систем.

Предметом дослідження даної дипломної роботи ступеня бакалавра є сфера с/г України, огляд доступних систем моніторингу що використовують КА або дрони, аналіз доцільності та знаходження шляхів оптимізації використання ДЗЗ саме в галузях с/г землекористування на території України, враховуючи особливості розташування та типи культур. Застосування методів ДЗЗ в галузях с/г на території України наразі має такі цілі як:

- Антикорупційні зусилля;

- Прозорість земельних відносин;
- Покращення вхідних даних в галузі;
- Використання земель для с/г;
- Обсяги посівів;
- Прогноз врожайності;
- Дотримання законодавства щодо використання земельних ресурсів.

Метою даної роботи є аналіз та пропозиція рішень до систем моніторингу, які базуються як на власних висновках, так і на пропозиціях, безпосередньо, користувачів представлених систем моніторингу.

Методикою є аналіз інформації та прийняття актуальних рішень щодо існуючих проблем.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Історія розвитку дистанційного зондування землі

Термін «дистанційне зондування» є відносно новим терміном і вперше був використаний для опису галузі в 1960-х роках. Хоча термін дистанційне зондування не було введено до середини двадцятого століття, дистанційне зондування вперше виникло майже 150 років тому. Аерофотозйомка є найдавнішою формою дистанційного зондування. Це почалося з винаходу камери в 1800-х роках. Перші вдалі фотографії були створені на початку 1800-х років французьким винахідником Нісефором Ньепсом (фр. Nicéphore Niépce).(див.рис.1.1)



Рисунок 1.1 – Nicéphore Niépce, винахідник та першопроходець аерофотозйомки.

Незабаром після розвитку фотографії люди зацікавилися аерофотозйомкою. Найдавніші аерофотознімки були зроблені з повітряних куль.

У 1850 році Гаспар-Фелікс Турнашон (фр. Gaspard-Félix Tournachon), більш відомий під псевдонімом Надар, зробив перший аерофотознімок. Використовуючи повітряну кулю, Надар створив перший вдалий аерофотознімок французького села в 1858 році. На жаль, жодний з цих ранніх аерофотознімків не зберігся до сьогодення. Найстаріший аерофотознімок, який зберігся, був зроблений у Бостоні в 1860 році Джеймсом Воллесом Блеком (англ. James Wallace Black) (див.рис.1.2).



Рисунок 1.2 – Найстаріший аерофотознімок який зберігся до сьогодення. «Boston in 1860 by James Wallace Black»

Найперший збережений аерофотознімок Надара був зроблений з повітряної кулі над Парижем у 1866 році.

На початку 20-го століття зображення дистанційного зондування знімали за допомогою повітряних зміїв і навіть камер, встановлених на голубах. У Європі поштові голуби вже використовувалися для військового зв'язку, а повітряна розвідка була привабливим застосуванням. Невеликі легкі камери були прикріплені до птахів, і фотографії були зроблені автоматично за допомогою механізму синхронізації. Голубина фотографія була успішною, але не набула широкого поширення через швидкий розвиток авіаційної техніки (див.рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Приклад використання голубиної фотографії.

У 1906 році професійний фотограф Джордж Лоуренс використав нитку повітряних зміїв, щоб підняти камеру вагою 49 фунтів на висоту 1000 футів, щоб зафіксувати руйнування, спричинені землетрусом у Сан-Франциско. Сталева мотузка повітряного змія пропускала електричний струм, щоб дистанційно запускати затвор. Відома фотографія «Сан-Франциско в руїнах» була зроблена через 6 тижнів після землетрусу та подальших пожеж у Сан-Франциско. (Рис.1.4)



Рисунок 1.4 – «San Francisco in Ruins,” by George Lawrence 1906»

Стимулом до розвитку ДЗЗ на початку 20-го століття стали Перша та Друга Світові Війни, адже у воєнний час важливо мати свіжу оперативну інформацію щодо розміщення ворога або його військових баз. Тим паче, що в ті часи як такої протидії цьому способу розвідки не існувало. Недоліками цього способу були значна кількість польотів з досить близькими маршрутами та відсутність автоматизації виявлення та структуризації всіх необхідних даних, весь аналіз проводився безпосередньо людьми. Щодо використання ДЗЗ у сільському господарстві, новаторами у цій сфері були Сполучені Штати Америки (далі США), де починаючи з ери Dust Bowl у 1930-х роках із прийняттям Закону про адаптацію

сільського господарства. Агентство, відоме тоді як Управління адаптації сільського господарства (AAA), розпочало свою програму аерофотозйомки в 1937 році, а до 1941 року AAA здійснила політ і отримала аерофотознімки понад 90% сільськогосподарських угідь у США. Програма аерофотозйомки Міністерства сільського господарства стала інструментом для збереження та планування земель, а також інструментом справедливого та точного вимірювання. Відтоді сільськогосподарські агентства були консолідовані й тепер відомі як Farm Service Agency (FSA). FSA все ще відповідає програмі аерофотознімків у США. (див.рис.1.5)

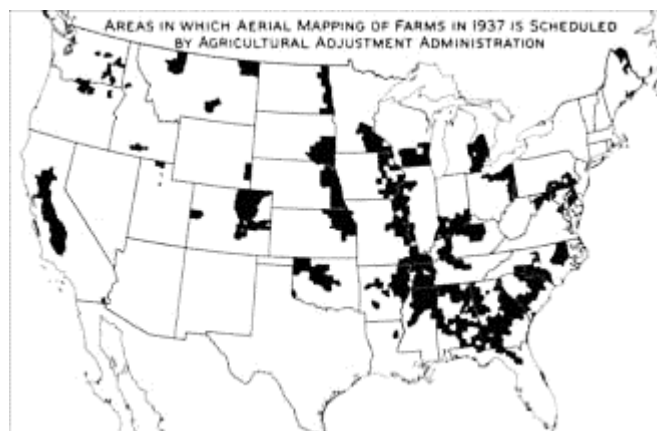


Рисунок 1.5 – Harry Tubis, «Aerial Photography Maps Our Farmlands: the Program of the Agricultural Adjustment Administration». Зображення початкових с/г угідь 1937р.

Розвиток ДЗЗ є швидким та всеоб'ємним, адже якщо розглядати всі зміни які відбувались в ДЗЗ за його не таку і довгу історію, то можна помітити якісну зміну в кількості суб'єктів дослідження, покращення роздільної якості матеріалів які ці суб'єкти надають, збільшення кількості вихідних даних та змоги аналізу та опрацювання цих самих даних. В Україні ДЗЗ є одним з найпріоритетніших напрямів науково-практичних досліджень, що здійснюються в космічній галузі. Потужний поштовх до розвитку ці дослідження отримали у лютому 1992 року після створення Національного космічного агенства України. Початком сучасної ери в безпосередньо українських дослідженнях ДЗЗ можна вважати серпень 1995 року, коли українська ракета-носій «Циклон-3» вивела на орбіту перший вітчизняний

Космічний Апарат (далі КА) «Січ-1» призначений саме для подібних досліджень. Успішний запуск українського супутника продемонстрував високі можливості, які дозволили замкнути на національному рівні весь виробничий цикл космічної системи – від розробки й виготовлення до експлуатації й поширення отриманої супутникової інформації. Для розширення наукових і прикладних досліджень Землі рішеннями керівників Космічного агентства й Національної академії наук України було вжито необхідних організаційних заходів, зокрема створено кілька відомчих організацій для ведення науково-прикладних досліджень у сфері ДЗЗ: Центр аерокосмічних досліджень Землі НАН України і Науково-виробничий центр «Природа» (Київ), Центр радіофізичного зондування Землі (Харків), підприємство «Дніпрокосмос» (Дніпропетровськ – нині Дніпро)[1].

1.2 Розвиток супутників

Ідея створення цивільного супутника для проведення наукових і дослідницьких досліджень земної поверхні стала результатом фотографій, зроблених під час місій «Меркурій» (Mercury) «Близнюки» (Gemini) та «Аполлон» (Apollo) у 1960-х роках. У 1965 році Вільям Пекора (англ. William Pecora), директор Геологічної служби США/ US Geological Survey (USGS), висунув ідею супутникової програми дистанційного зондування для збору інформації про природні ресурси планети. Ця ідея стала результатом орбітальних фотографій Меркурія та Близнюків. Бюджетне бюро, а також ті, хто вважав, що аерофотозйомка з висотних літаків буде більш відповідальним підходом до отримання даних про земну поверхню, активно виступали проти цієї ідеї. Міністерство оборони також рішуче виступило проти ідеї, вважаючи, що це загрожуватиме секретності розвідувальних місій КН (Key Hole).

У 1966 році НАСА (NASA) відчувало тиск з боку Міністерства внутрішніх справ/ Department of Interior (DOI) щодо створення супутника ресурсів Землі. Однак проблеми з бюджетом і розбіжності щодо датчиків між Міністерством сільського господарства та DOI затримали реалізацію програми. У 1970 році НАСА отримало схвалення на розробку супутника Landsat 1 (рис.1.6).

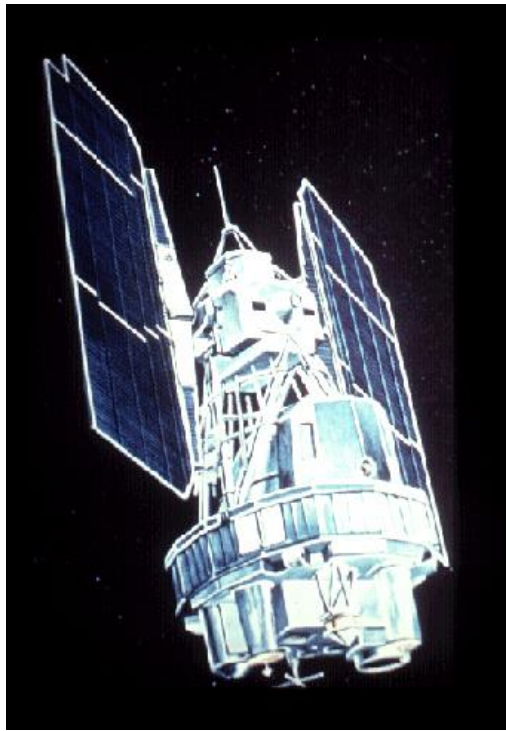


Рисунок 1.6 – Супутник Landsat 1.

Запущений 23 липня 1972 року Landsat 1, спочатку названий ERTS (Earth Resources Technology Satellite), був першим супутником, призначеним для вивчення та моніторингу поверхні Землі, точніше, її суші. На рисунку 10 зображено супутник у вигляді художника. Датчики на Landsat 1 зробили революцію в дистанційному зондуванні. Вони надали зображення в цифровому форматі та в мультиспектральній формі. Це стало початком традиційної аерофотозйомки, зробленої з літаків, яка протягом десятиліть була замінена цифровими зображеннями, записаними із супутників.

Двома системами датчиків зображення Landsat 1 були Return Beam Vidicon (RBV), розроблена Радіокорпорацією Америки (RCA), і Multispectral Scanner System (MSS), створена General Electric. Передбачалося, що RBV буде основним інструментом, а MSS, дуже експериментальним інструментом, буде вторинним. Однак було встановлено, що зображення MSS перевершують зображення RBV. Крім того, електронні інструменти RBV часом заважали функціям контролю висоти супутника; тому його довелося вимкнути після запису лише кількох зображень. Для порівняння, MSS отримала понад 300 000 зображень до припинення роботи Landsat1 у січні 1978 року.

MSS записувала дані в чотирьох сегментах (спектральних діапазонах) електромагнітного спектру, а саме в зеленому видимому (0,5-0,6 мкм), червоному видимому (0,6-0,7 мкм), ближньому інфрачервоному (0,7-0,8 мкм) і другому ближньому діапазоні. інфрачервоні (від 0,8 до 1,1 мкм) сегменти спектру (рис. 10). Чотири смуги були пронумеровані від 4 до 7, оскільки смуги RBV були ідентифіковані як 1-3. MSS сканувала поверхню Землі одночасно в цих чотирьох смугах і з цих сканувань створила чотири цифрові зображення. Сцена Landsat 1 охоплювала площу майже 185 км (115 миль) на 170 км (106 миль) і мала приблизно 7 581 600 пікселів (елементів зображення) на смугу зображення. Розмір пікселя становив 56 м (183,7 футів) на 79 м (259,1 футів), що становить приблизно 1,1 акра. У сукупності набір даних із чотирьох смуг містив понад 30 000 000 значень даних. Значення даних представляли відбиту енергію від поверхні Землі. З такою величезною кількістю даних на один набір даних було очевидно, що для обробки зображень знадобляться комп'ютери.

Дані MSS зберігалися в бортовому реєстраторі та завантажувалися в електронному вигляді на одну з трьох приймальних станцій. Станції були розташовані на Алясці, Каліфорнії та Меріленді. Додаткові приймальні станції були встановлені в різних частинах світу, оскільки міжнародна спільнота зацікавилася цією новою технологією.

У період з 1960 по 2020 роки відбулися значні зміни в галузі дистанційного зондування, такі як: зміна назви галузі – термін «дистанційне зондування» був спочатку введений в 1960 році. До 1960 року термін, що використовувався, зазвичай представляв собою аерофотозйомку. Однак нові методи і технології для виявлення поверхні Землі виходили за рамки чорно-білої аерофотозйомки, вимагаючи створення нового, більш всеосяжної назви, перенесення в 1960-х і 1970-х роках дистанційно-чутливих приладів з літаків на супутники, зображення стали цифровими, а не аналоговими. Цифровий формат дозволив відображати і аналізувати зображення з використанням комп'ютерів, технологією, яка також піддавалася швидким змінам протягом цього періоду. Комп'ютерні технології переміщалися від великих електронних обчислювальних машин (ЕОМ) до

невеликих мікрокомп'ютерів і надавали інформацію більше в графічній формі, а не на числовому виході, поява датчиків, які реєстрували поверхню Землі одночасно в декількох різних частинах електромагнітного спектра, що дозволило детальніше вивчати територію, переглянувши кілька різних зображень, в тому числі за межами видимого спектра. Ця технологія дозволяє побачити процеси, події, явища тощо, що відбуваються на поверхні Землі, невидимі для людського ока.

Таблиця 1.1 – Тактико-технічні характеристики сучасних космічних систем ДЗЗ станом на 2005 рік

Космічна система (платформа)	Країна (агентство)	Сенсори	Просторова розрізненість на місцевості, м, у спектральному діапазоні							Ширина смуги охоплення, км
			Панхроматичному	Видимому	БІЧ	СІЧ-А	СІЧ-В	ДІЧ	МРХ	
"Key-Hole"	США	KH-11	0,15							
		KH-11A	0,1	0,25	0,25					
Iconos-2		PAN	1							11
		MS		4	4					11
Landsat-5		MSS		80	80					183
		TM		30	30			120		183
Landsat-7		ETM+	15	30	30	30	30	60		183
EO-1		"Hyperion"		220 спектр. каналів з розрізненістю 30 м						7,7
		ALI		Те саме, 10 каналів						37
Quick-Bird		"Panchromatic"	0,61 (0,72)							16,5
		"Multi-spectral"		2,44 (2,88)						
TERRA	США, Японія	MODIS	36 спектральних каналів просторово розрізненістю 250 м (день) або 1000 м (ніч)							2330
		ASTER	36 спектр. каналів з розрізненістю 15-30 м					90		
SPOT-4	Франція	HRVIR	10	20	20					60 (117-2 сенсори)
SPOT-5		HRG	2,5-5,0	10	10					60 (117-2 сенсори)
		HRS	10							120
FSW-1	Китай	FOTO/C CD	10-15	10-15	50					
"Helios-2"	Франція, Італія, Іспанія	OEA/IR		0,5						
IRS-1D	Індія	PAN	5,8							63-70
		LISS-III		23,5	23,5	70,5				127-141
JERS-1	Японія	OPS		18x24	18x24					75
		SAR						18		75
EROS-A	Ізраїль	CCD	1,8							13,5
"Комета"	Росія	KBP-1000	2							
		TK-350		10						
КФА-1000			5						70	
MCY-32			10	10					45	
"Алмаз-1Б"	MCY-CK		140	140			550		600	
	PCA-3							5-7	330	
RADAR-SAT-1	Канада	SAR						25x28	100-510	
ERS-2	(ESA)	AM/SA R						30	100	
"Envisat"	(ESA)	MERIS		260x300						1150
		ASAR								30
VEGA	США	SAR								1,6
"Океан-0"	Росія, Україна	MCY-B		50		50	100			250
		РЛСБО								1300
"Січ-1М"	Україна, Росія	MCY-3У		24x34						
		РЛСБО								
COSMO-SkyMed	Італія, Іспанія, Греція	OEA	0,8-1,0	5		5	7,5			3
		SAR-2000								

1.3 Технології які використовуються для дистанційного зондування землі

Дистанційне зондування – це тип геопросторової технології, яка бере зразки випромінюваного та відбитого електромагнітного (ЕМ) випромінювання від наземних, атмосферних і водних екосистем Землі з метою виявлення та моніторингу фізичних характеристик території без встановлення фізичного контакту. Цей метод збору даних зазвичай включає технології датчиків на літаках і супутниках, які класифікуються як пасивні або активні датчики.

Пасивні датчики реагують на зовнішні подразники, збираючи випромінювання, яке відбивається або випромінюється об'єктом або навколишнім простором. Найпоширенішим джерелом випромінювання, що вимірюється пасивним дистанційним зондуванням, є відбите сонячне світло. Популярні приклади пасивних дистанційних датчиків включають пристрої із зарядовим зв'язком, плівкову фотографію, радіометри та інфрачервоні датчики.

Активні датчики використовують внутрішні подразники для збору даних, випромінюючи енергію для сканування об'єктів і областей, після чого датчик вимірює енергію, відбиту від цілі. RADAR і LiDAR є типовими інструментами активного дистанційного зондування, які вимірюють часову затримку між випромінюванням і поверненням, щоб встановити місцезнаходження, напрямок і швидкість об'єкта. Далі, зібрані дистанційним зондуванням, потім обробляються та аналізуються апаратним і комп'ютерним програмним забезпеченням дистанційного зондування (наприклад, енергетична аналітика та енергетичний бізнес-аналітика), яке доступне в різноманітних пропрієтарних і відкритих програмах.

1.4 Діапазони частот ДЗЗ

Для дистанційного зондування Землі використовуються чотири частотні діапазони електромагнітного випромінювання: ультрафіолетовий, видимий, інфрачервоний та радіодіапазон. В таблиці 1.1 наведено частоти піддіапазонів. Ділянка електромагнітного спектру із довжиною хвилі ($\lambda=0,38\text{--}3\text{ мкм}$) називається відбиваючою частиною спектра. Енергія, яка вимірюється в даній частині спектру, в основному складається із випромінювання Сонця та випромінювання відбитого

від різних об'єктів на земній поверхні. У проміжному інфрачервоному діапазоні ($\lambda=0,38-3$ мкм) практично не проводиться ДЗЗ із-за великого впливу атмосферних явищ. Інфрачервоний діапазон хвиль ($\lambda=7-14$ мкм) отримав назву “тепловий”, оскільки більша частина вимірюваного випромінювання визначається власним тепловим випромінюванням об'єктів, розміщених на поверхні Землі. Слід зауважити, що випромінювання Сонця також присутнє в даному піддіапазоні, проте по величині воно менше за власне випромінювання ближчих об'єктів.

Для дослідження стану рослинності урбанізованих територій на основі даних ДЗЗ доцільно використовувати такі критерії відбору космічних знімків:

- стабільність отримання нових знімків та кількість архівних даних, достатня для проведення аналізу довготривалих змін стану рослинності;
- основний діапазон дат зйомки має припадати на вегетаційний період основних видів рослинності досліджуваної території;
- прийнятні спектральні характеристики та просторова розрізненість (таб. 2.1);
- хмарність космічного знімку або його фрагменту, що досліджується, не перевищує 5%.

Таблиця 1.2. – Характеристики основних знімків, які прийнятні для оцінки рослинності

Супутник	Просторова розрізненість, м	Спектральний діапазон	Періодичність зйомки однієї території, діб
Pléiades-1A	2,8 (2,0)*	B,G,R,NIR	1**
Kompsat-3	2,8	B,G,R,NIR	3
RapidEye	6,5 (5)*	B,G,R,RE,NIR	1
Січ-2	8,2	G,R,NIR,SWIR	5
Landsat-5, 7	30	B,G,R,NIR,SWIR	16
EO-1/ALI	30	B,G,R,NIR,SWIR	16**

* – після обробки, ** – в залежності від ширини області зйомки

Спектральна роздільна здатність означає частоту дискретизації та смугу пропускання, в якій датчик збирає інформацію про сцену. У цьому випадку висока спектральна роздільна здатність характеризується вузькою смугою пропускання. Крім того, спектральна роздільна здатність стосується ширини та кількості спектральних смуг у сенсорній системі. Однак багато сенсорних систем мають панхроматичну смугу, яка розглядається як одна широка смуга у видимому спектрі та мультиспектральні смуги у видимому ближньому ІЧ-діапазоні або тепловому ІЧ-спектрі. Основною метою спектрального дозволу є отримання даних у різних довжинах хвиль електромагнітного спектру. Поглинання або відбиття матеріалів земної поверхні точно фіксується датчиками з високою спектральною роздільною здатністю. Межі спектральних діапазонів обраних супутників наведено на Таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Межі спектральних діапазонів розглянутих сенсорів

Супутник/сенсор	Спектральний діапазон, мкм	Назва каналу
Landsat-7/ETM+	0,45–0,52 0,53–0,61 0,63–0,69 0,78–0,90 1,55–1,75	Синій (B) Зелений (G) Червоний (R) Ближній ІЧ (NIR) Середній ІЧ (SWIR)
“Січ-2”/МСУ	0,51–0,559 0,61–0,668 0,80–0,889 1,55–1,70	Зелений (G) Червоний (R) Ближній ІЧ (NIR) Середній ІЧ (SWIR)
RapidEye/JSS	0,44–0,51 0,52–0,59 0,63–0,685 0,69–0,73 0,76–0,88	Синій (B) Зелений (G) Червоний (R) Червоний край (RE)Ближній ІЧ (NIR)
Pléiades-1A/VHR	0,43–0,55 0,49–0,61 0,60–0,72 0,79–0,95	Синій (B) Зелений (G) Червоний (R) Ближній ІЧ (NIR)

Частотна фільтрація зображення, як один із статистичних методів, заснована на виділенні низько- та високочастотних складових. При цьому приблизна картина низькочастотної складової виходить, як результат обчислення середньої, а високочастотної – як арифметична різниця вихідного зображення та його низькочастотної складової. Низькочастотна складова відображає тренди яскравості зображення і, як правило, мало інформативна для поверхневого дешифрування і інформативна для вивчення глибинно-геологічної будови. Високочастотна складова, навпаки, дуже зручна як для аналогового ручного дешифрування, так і для автоматичного аналізу іншими методами (наприклад, лінеаментного аналізу). Перелік частотних діапазонів наведено в Таблиці 1.1.

Таблиця 1.5. – Частотні діапазони, які використовуються для дистанційного зондування

Назва діапазону		Довжина хвилі	Частота
Ультрафіолетовий		100А – 400 мкм	750 – 3000 ТГц
Видимий		400 нм – 760 нм	430 – 750 ТГц
Інфрачервоний	Ближній	760 нм – 1,3 мкм	230 – 430 ТГц
	Середній	1,3 мкм – 3,5 мкм	100 – 230 ТГц
	Проміжний	3,5 мкм – 7 мкм	38 – 100 ТГц
	Тепловий	7 мкм – 14 мкм	22 – 38 ТГц
	Дальній	14 мкм – 0,1 мм	3 – 22 ТГц
Субміліметровий		0,1 мм – 1 мм	0,3 – 3 ТГц
Радіо	Міліметровий	1 мм – 10 мм	30 – 300 ГГц
	Сантиметровий	1 см – 10 см	3 – 30 ГГц
	Дециметровий	0,1 м – 1 м	0,3 – 3 ГГц
	УКХ	1 м – 10 м	0,03 – 0,3 ГГц

Теплове випромінювання тіл. При пасивному методі сканування в інфрачервоному діапазоні джерелами електромагнітної енергії є розігріті до певної температури рідкі, тверді та газоподібні тіла. Згідно першого закону термодинаміки, всі тіла із однаковою температурою при термодинамічній рівновазі із навколишнім середовищем, випромінюють однаково. При цьому енергія, яка поглинається ділянкою поверхні в секунду, рівна енергії, яка випромінюється тією ж поверхнею за той самий проміжок часу.

Інтенсивність випромінювання (I) в заданому напрямку, який характеризується кутом (α) між нормаллю та випромінюваною поверхнею абсолютно чорного тіла, визначається законом Ламберта:

$$I = I_0 \cdot \cos(\alpha)$$

де I_0 – максимальна інтенсивність випромінювання при $\alpha = 0$.

Згідно формули Планка потік енергії, яка випромінюється в стані термодинамічної рівноваги одиницею поверхні абсолютно чорного тіла із температурою (T) в інтервалі довжин хвиль $\lambda, \lambda + d\lambda$ рівний:

$$B(\lambda, T) = \frac{c_1}{\lambda^2 \cdot \left[\exp\left(\frac{c_2}{\lambda T}\right) - 1 \right]}$$

де $c_2 = 3,7415 \cdot 10^8 \text{ Вт} \cdot \text{мкм}^4 / \text{м}^2$, $c_2 = 14\,388 \text{ мкм} \cdot \text{К}$ – константи

Повна енергія у всьому діапазоні довжин хвиль описується формулою Стефана-Больцмана:

$$\int_0^{\infty} B(\lambda, T) d\lambda = \alpha \cdot T^4$$

Якщо подивитися на спектральний розподіл випромінювання абсолютно чорного тіла (рис. 2.1), то можна підмітити, що при різному значенні температури (Т) залежність $B(\lambda, T)$ характеризується яскраво виділеним максимумом. Із збільшенням температури максимум зміщується в область коротких довжин хвиль, при чому добуток температури (Т) та довжини хвилі залишається постійним.

У пасивних системах дистанційного зондування Сонце є первинним джерелом випромінювання, його енергія рівномірно розподілена в електромагнітному спектрі.

При реєстрації теплового випромінювання зі супутників використовується інтервал довжин хвиль 10-14 мкм, у якому поглинання атмосферне невелике. Якщо температура земної поверхні (хмар) рівна мінус 50°С, максимум випромінювання припадає на 12 мкм, при +50°С – на 9 мкм. Якщо за допомогою сенсорного давача, встановленого на супутнику, виміряний потік енергії потужності (В) від деякого об'єкту, то із (1.1) отримаємо:

$$T = (\lambda/c_2) \ln \frac{c_1}{\lambda^2 \cdot B + 1}$$

Визначена за інтенсивністю (В) теплового випромінювання температура (Т) називається радіаційною, на відміну від термодинамічної температури, яка характеризує інтенсивність теплового руху молекул речовини. Для абсолютно чорного тіла ці дві температури співпадають, а для реальних об'єктів – ні, оскільки для них величина (В) складає деяку долю (ϵ) від густини потоку потужності випромінювання, яка випромінюється абсолютним чорним тілом при тій же температурі. (ϵ) називається коефіцієнтом теплового випромінювання. Наприклад в тепловому інфрачервоному діапазоні коефіцієнт теплового випромінювання найближче всього до 1, для води 0,98-0,99, для свіжого снігу 0,986, для густої трави 0,970.

Залежно від типу взаємодії з об'єктом (рис. ??) ми можемо використовувати електромагнітний спектр у різних типах спектроскопічних методів для дослідження властивостей матеріалу. Типи взаємодії, які найчастіше застосовуються для застосування в сільському господарстві, включають:

- відбиття, коли випромінювання відбивається у звичайному або нерегулярному напрямках;
- поглинання, коли електромагнітне випромінювання поглинається об'єктом (наприклад, у фотосинтезі);
- передачу, де об'єкт пропускає електромагнітне випромінювання; випромінювання, коли об'єкт випромінює електромагнітне випромінювання, яке є результатом переходу енергетичного стану (наприклад, флуоресценція).[2]

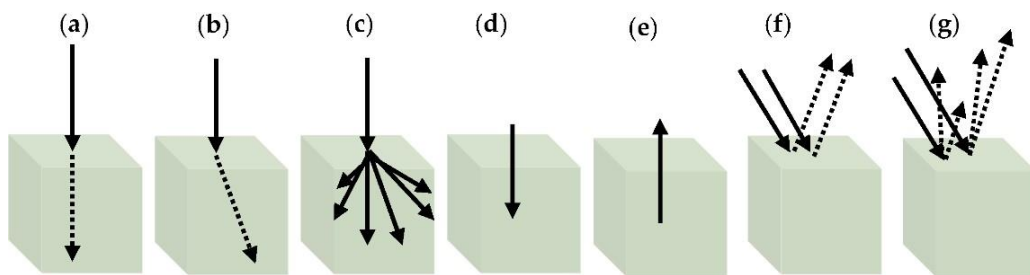


Рисунок ?? – типи взаємодії електромагнітного спектру з об'єктами.

Провівши аналіз сфери дистанційного зондування, що включало в себе історію сфери, огляд приладів, супутників та частот що використовуються в даній сфері, в наступному розділі буде розглянуто саме сферу агромоніторингу, які індекси використовуються та які сервіси наявні.

2.1 Індекси які використовують в аграрній сфері дистанційного зондування землі

Дистанційне зондування рослинності за допомогою пасивних датчиків дає інформацію про коефіцієнт відбиття електромагнітних хвиль від навісів у вигляді спектрального коефіцієнта відбиття підпису [3]. Ці сигнатури несуть інформацію про стан, біогеохімічну композицію та будови листкової площі та/або крони [4]. Індекси рослинності як відношення двох діапазонів хвиль, щоб розрізнити поглинання матеріалами електромагнітного спектру. Наприклад, індекси індексації можуть забезпечувати степінь зеленості крони, на яку впливають декілька біофізичних величин, пов'язаних із вмістом хлорофілу та площі листя крони [4].

Ці індекси є показниками рослинності, які використовуються в обробці зображень від супутників та інших джерел, щоб отримати інформацію про стан рослинності. RVI (Ratio Vegetation Index), NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), NDRE (Normalized difference red edge index), NDWI (Normalized Difference Water Index), MSAVI (Modified Soil Adjusted Vegetation Index), є деякими з найбільш поширених індексів, які використовуються для вивчення рослинності та земної поверхні. Кожен з цих індексів використовує різні аспекти зображення, такі як різниці в спектральних діапазонах, щоб допомогти визначити показники рослинності, такі як здоров'я рослин та наявність вологи. Ці індекси широко використовуються в галузі землевпорядкування, землеробства, лісового господарства та екології для моніторингу стану рослинності та оцінки екосистем. В таблиці 2.1 зображено найпопулярніші індекси, що використовуються у системах моніторингу та приведено їх формули.

Таблиця 2.1 найпопулярніші індекси, що використовуються у системах моніторингу і їх формули.

Вегетаційний індекс	Формула
RVI(Ratio Vegetation Index)	$RVI = \frac{NIR}{RED}$
NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)	$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$
NDRE(Normalized difference red edge index)	$NDRE = (NIR - RedEdge)/(NIR + RedEdge)$
Вегетаційний індекс	Формула
NDWI(Normalized Difference Water Index)	$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$
MSAVI(Modified Soil Adjusted Vegetation Index) (Landsat 8-9)	$\left(2 * Band5 + 1 - \sqrt{(2 * Band5 + 1)^2 - 8 * (Band5 - Band4)} \right) / 2$
NDMI(Normalized Difference Moisture Index)	$NDMI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$

2.1.1 NDVI або нормалізований індекс різниці рослинності

Нормалізований диференційний вегетаційний індекс (NDVI) є одним з найпоширеніших показників вегетації з моменту його вперше запровадження у 70-х роках XX століття. Завдяки доступності знімків, отриманих за допомогою дистанційних методів з використанням дронів і супутників, все більше користувачів використовують NDVI в своїй роботі, не пов'язаній з науковим дослідженням. Цей показник дозволяє оцінити стан рослинності і дати оцінку її здоров'ю, виявити зони, які потребують більш детального дослідження, та забезпечує інформацію для прийняття рішень щодо розвитку сільськогосподарської галузі та контролю за забрудненням навколишнього середовища

NDVI розраховується відповідно до того, як рослина відбиває та поглинає сонячне випромінювання на різних довжинах хвиль(див.рис.??).

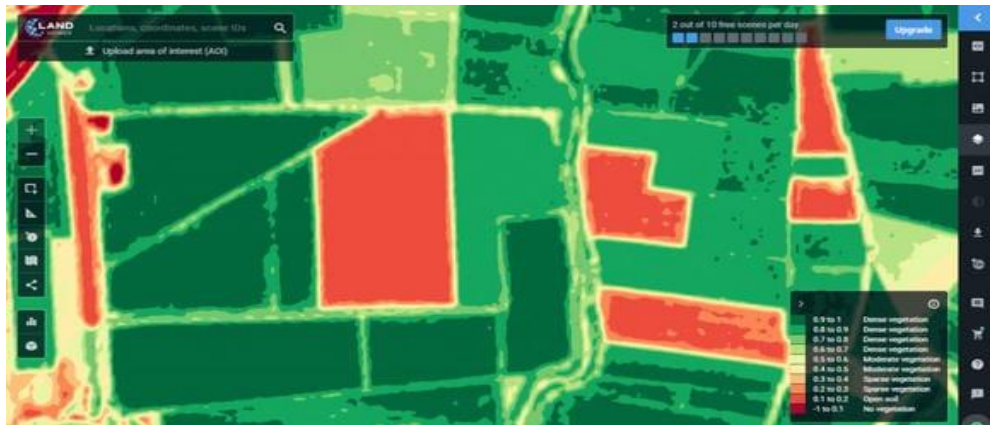


Рисунок ?? – знімок з супутника із застосованим на зображенні нормалізованим індексом рослинності.

Індекс дозволяє визначити проблемні ділянки поля на різних стадіях росту рослин для своєчасного реагування. Зверніть увагу на області, де значення NDVI значно відрізняються. Наприклад, ділянки поля з надзвичайно низьким показником NDVI можуть свідчити про проблеми зі шкідниками або хворобами рослин; а ділянки з аномально високим NDVI сигналізують про появу бур'янів.

2.1.2 NDRE або нормалізована різниця RedEdge

Історія зародження індексу NDRE пов'язана з розвитком засобів вимірювання відбивання світла з різних ділянок спектру. Перші вимірювання відбивання світла рослинами відбувалися в 1920-1930-х роках, коли різні науковці застосовували різні показники, щоб оцінити здоров'я рослин. У 1960-х роках науковці зосередили увагу на більш точному інструменті для вимірювання відбивання світла від рослин, використовуючи спектро радіометр, який дозволяв вимірювати відбивання світла з різних ділянок спектру.

В 1980-х роках Джеффри Мільднер та Джон Мартін застосували ідею вимірювання відбивання світла з рослин у спектральних діапазонах, які були особливими для кожного виду рослин, і вирахували показник, який називається індекс рослинного здоров'я (VHI). Однак, цей показник був обмеженим і не давав точних результатів для всіх типів рослин.

В 2002 році Девід Хансен та Джеймс Шервер з Брігем Янг Університету в Ідахо розробили індекс NDRE, який використовує більш точні спектральні діапазони, які були особливими для більшості видів рослин.

У 2010 році, двоє дослідників – Джефф Хаберман та Кріс Стубблфілд – запропонували новий індекс, що базується на спектральних властивостях рослин, які дозволяють зрозуміти їхній стан та здоров'я – це індекс отримав сучасну назву NDRE (Normalized Difference Red Edge).

Він заснований на різниці в поглинанні світла рослинами в двох частині спектру: в ближньому інфрачервоному та червоному. Ці діапазони мають особливості, які дозволяють виділити поглинання хлорофілу та інших рослинних пігментів.

NDRE – індикатор фотосинтетичної активності рослинного покриття, який використовується для оцінки концентрації азоту в листках рослин у середині та наприкінці сезону. (див.рис.)

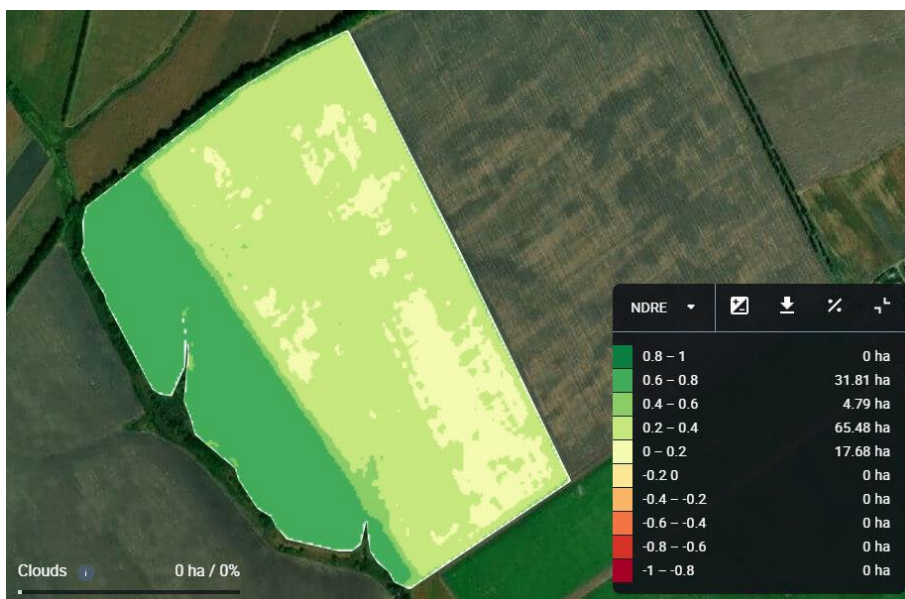


Рисунок ?? – знімок з супутника із застосованим на зображенні індексом нормалізованої різниці RedEdge.

Він дозволяє виявити пригнічену і старіючу рослинність і використовується для визначення хвороб рослин. Це також дає можливість оптимізувати строки збору врожаю.

2.1.3 NDWI (Normalized Difference Water Index)

Індекс нормалізованої різниці води (NDWI) був запропонований у 1996 році в статті "Remote Sensing of Soils Moisture Using the Normalized Difference Water Index: A Review". Цей індекс використовується для оцінки кількості води в рослинах, ґрунті та листях на основі відбиття та поглинання світла.

NDWI обчислюється на основі двох діапазонів довжини хвиль – ближнього інфрачервоного та зеленого світла. Цей індекс може використовуватись для визначення вологості ґрунту, оцінки запасів води в річках та озерах, а також для виявлення змін у здоров'ї рослин, зокрема при посухах та інших екстремальних погодних умовах.

Індекс нормалізованої різниці води(NDWI) походить від ближнього інфрачервоного (NIR) і зеленого (G) каналів. Ця формула виділяє кількість води у водоймах(див.рис.).



Рисунок ?? – знімок з супутника із застосованим на зображенні нормалізованим індексом різниці води.

NDWI став популярним індексом для використання в дистанційному зондуванні, а також у багатьох дослідженнях в галузі агрономії та екології. Цей індекс є важливим інструментом для вивчення та моніторингу водних ресурсів та рослинного покриву.

2.1.4 MSAVI або модифікований індекс рослинності з урахуванням ґрунту

Індекс MSAVI (Modified Soil Adjusted Vegetation Index) – це модифікація відомого індексу SAVI, розроблена на початку 90-х років XX століття. SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) – це вегетаційний індекс, розроблений в 1988 році, який був створений з метою корекції впливу ґрунтової поверхні на оцінку вегетації. Проте, SAVI мав недоліки в областях з високими показниками вологості, де він не був чутливий до змін вегетації.

Рішенням недоліків SAVI стало включення індексу "Червоного краю" (Red Edge) і підбору коефіцієнту, що компенсує вплив фоновієї рефлексії ґрунту. Під час наступних тестів це нововведення дозволило отримати більш точну оцінку вегетації в областях з високою вологістю.

Новий індекс є більш чутливим до змін вегетації, ніж свій попередник, і є корисним інструментом для вивчення вегетації в умовах високої вологості. Він широко використовується у сільському господарстві та екології для вивчення стану рослинності.

MSAVI дозволяє визначити наявність рослинності на ранніх стадіях появи сходів, коли є багато оголеного ґрунту(див.рис.).



Рисунок ?? – знімок з супутника із застосованим на зображенні модифікованим індексом рослинності з урахуванням ґрунту.

Індекс мінімізує вплив оголеного ґрунту на відображення карт рослинності. На основі індексу можна будувати карти диференційованого внесення добрив на ранніх стадіях росту культури.

2.1.5 NDMI або нормалізований індекс вологості різниці

Ідея розробки NDMI зародилася в 1990-х роках. Дослідники розглядали спектральні канали в ближньому інфрачервоному діапазоні, що відповідали за поглинання води та рослинністю. Зокрема, спектральні канали, що відповідали за поглинання води, були знайдені шляхом аналізу спектральних характеристик поверхонь води різного типу.

Пізніше, в 2000-х роках, були проведені дослідження, які показали, що використання індексу NDMI може допомогти в оцінці вологості ґрунту та наявності води в різних досліджуваних областях. Також, було встановлено, що цей індекс може допомогти в оцінці різних аспектів екосистем, таких як водний баланс, деградація ґрунтів та біорізноманіття.

NDMI описує рівень водного стресу культури та розраховується як співвідношення між різницею та сумою заломленого випромінювання в ближньому інфрачервоному та SWIR-спектрах(див.рис.).



Рисунок ?? – знімок з супутника із застосованим на зображенні нормалізованим індексом вологості різниці.

Інтерпретація абсолютного значення NDMI дозволяє негайно розпізнати зони, в яких ферма або поле зазнають нестачі води. Його легко інтерпретувати:

значення варіюються від -1 до 1, і кожне значення відповідає різній агрономічній ситуації, незалежно від культури.

Сьогодні індекс NDMI є популярним інструментом в галузі землекористування та ресурсного менеджменту. Він широко використовується для вимірювання вологості та оцінки стану водних ресурсів різних територій, адже з тенденцією зміни клімату та опадів, культури можуть страждати від невідповідності рівня вологи до їх потреб. А своєчасне втручання фермера може вирішити дану проблему. Також індекс може використовуватись для моніторингу екологічного стану і вимірювання впливу людської діяльності на екосистеми.

2.2 Огляд існуючих сервісів управління та моніторингу сільськогосподарських угідь, що використовують системи ДЗЗ

Сьогодні зростає значення використання сучасних технологій у сільському господарстві. Одним з найважливіших аспектів є управління та моніторинг сільськогосподарських угідь, що може забезпечити підвищення продуктивності та ефективності вирощування різних культур.

Зараз на ринку існує багато сервісів з управління та моніторингу сільського господарства, які використовують системи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), такі як супутникові та дроніві зображення. Ці зображення надають велику кількість інформації, яку із застосуванням різноманітних індексів дозволяють отримати шукачу користувачем інформацію про рослини, ґрунт, воду та інші фактори, що впливають на вирощування культур.

До основних причин невдалих впроваджень інформаційних систем управління можна віднести: недоліки в організації впровадження ІСУ, зокрема у формуванні оптимального числа та професійного складу учасників проектних груп по впровадженню за кожним функціональним напрямом використання сільськогосподарських угідь. До кожної проектної групи необхідним є включення провідних фахівців за даним напрямом (працівники сільськогосподарських угідь) і фахівці компанії розробника програмного продукту; недостатня підтримка з боку вищого керівництва сільськогосподарських угідь на різних етапах впровадження

ІСУ; відсутність зацікавленості керівництва в організаційних змінах і оптимізації бізнес-процесів по використанню сільськогосподарських угідь; відсутність єдиного керівного центру з питань впровадження ІСУ, учасники якого несуть відповідальність за формування загальної концепції інформаційного забезпечення всіх структурних підрозділів; підготовку та узгодження договірних відносин між представниками сільськогосподарських підприємств та розробником програмного забезпечення; своєчасне постачання апаратних і технічних засобів для реалізації проекту ІСУ; формування, коригування та виконання проектними групами плану графіку робіт по впровадженню окремих модулів ІСУ, виявлення та мінімізація непередбачених фінансових витрат на всіх етапах впровадження та супроводу ІСУ[5].

Ефективність раціональної системи землеробства досягається за умови підвищення ефективності використання земельних ресурсів (рис. 1) [6], де одним із ключових факторів є обрання доцільної системи управління супутникового моніторингу.



Рисунок ?? – Фактори підвищення ефективності використання землі.

У зв'язку з цим, важливо провести аналіз існуючих сервісів з управління та моніторингу сільського господарства, що використовують системи ДЗЗ. Цей аналіз

дозволить зрозуміти переваги та недоліки кожного з них, а також визначити найбільш ефективні та оптимальні рішення для використання в конкретних умовах.

Перелік найпопулярніших існуючих сільськогосподарських сервісів управління:

- «EOSDA Crop Monitoring»;
- «FieldView»;
- «FarmLogs»;
- «Cropio»;
- «Granular insights»;
- «AgriTask».

2.2.1 EOSDA Crop Monitoring

EOSDA Crop Monitoring – це сервіс, який був створений компанією EOS Data Analytics зі штаб-квартирою в Україні. Компанія була заснована в 2015 році з метою розробки рішень з використанням супутникових технологій та штучного інтелекту в різних сферах, зокрема в аграрному секторі (див.рис??).

Починаючи з 2017 року, компанія почала активно розвивати свій сервіс EOSDA Crop Monitoring, який надає моніторинг вегетаційного циклу рослин з використанням супутникових знімків та аналізу даних. Зараз EOSDA Crop Monitoring є одним з провідних сервісів у своєму сегменті на ринку аграрних технологій, і використовується у більш ніж 50 країнах світу.



Рисунок ?? — Логотип компанії EOSDA Crop Monitoring

EOSDA Crop Monitoring може бути корисним для компаній різних розмірів – від невеликих фермерських господарств до великих агропромислових комплексів та корпорацій. Однак, для більших компаній, які мають значні земельні площі та

потребують масштабного моніторингу, будуть кориснішими більш спеціалізовані та масштабні сервіси, які пропонують розширені можливості аналізу даних та інтеграцію з системами управління виробництвом.

2.2.2 FieldView

FieldView це сервіс цифрового сільського господарства створений компанією The Climate Corporation в 2012 році. Компанія була основана в 2006 році, а в 2010 була придбана корпорацією Monsanto (див.рис.??).



Рисунок ?? – Логотип сервісу Field View.

Спочатку FieldView був розроблений для моніторингу погодних умов, управління водними ресурсами та оптимізації поливу. Пізніше сервіс був розширений і став включати інструменти для керування ґрунтом, рослинністю та насінням.

Порівняно з іншими аналогами, FieldView є досить продуктивним та функціональним сервісом з широким вибором інструментів для моніторингу поля та можливостями інтеграції з іншими системами. Однак, його висока вартість та проблеми з технічною підтримкою можуть бути значними недоліками для деяких малих фермерств, та агропідприємств.

2.2.3 FarmLogs

FarmLogs – це американська компанія, заснована в 2012 році в Міннеаполісі, штат Міннесота. Засновниками компанії були Джессіка і Джес Пітерсони, які вирішили створити сервіс для допомоги фермерам в управлінні їхніми полями та оптимізації виробництва (див.рис.??).



Рисунок ?? – Логотип сервісу FarmLogs.

Перші роки роботи FarmLogs були присвячені розробці та вдосконаленню технології моніторингу полів з використанням дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та машинного навчання, а вже згодом, до 2019-го року компанія розширювала свої можливості, такі як випуск мобільного додатку і додавання нових можливостей моніторингу.

Незважаючи на успіхи, в 2019 році компанія оголосила про припинення роботи над продуктом FarmLogs та переорієнтування на інші ринки. Однак сервіс FarmLogs продовжує працювати і надалі, і надає своїм користувачам можливість моніторингу стану полів та планування виробництва з використанням ДЗЗ.

FarmLogs є досить ефективним сервісом для менших та середніх розмірів ферм, з добре розробленими функціями моніторингу, завдяки зрозумілому та простому інтерфейсу. Але погано підходить великим фермерствам і підприємствам, адже має досить погану безпеку даних.

2.2.4 Cropio

Cropio – це український агротехнологічний стартап, заснований у 2013 році. Компанія займається розробкою хмарної платформи для управління сільськогосподарським виробництвом за допомогою даних дистанційного зондування Землі та метеоданих (див.рис.??).



Рисунок ?? – Логотип сервісу Cropio.

У 2013 році компанія отримала своє перше інвестиційне фінансування від інвестиційного фонду AVentures Capital. У наступні роки Cropio активно розвивалася і збільшувала свою клієнтську базу, яка включає більше 1500 фермерських господарств в різних куточках світу. У 2018 році компанія стала частиною агротехнологічної компанії TerrAvion зі штаб-квартирою в Сан-Франциско.

Зараз Cropio є однією з провідних хмарних платформ в Україні та в світі, яка використовує дані дистанційного зондування Землі та метеодані для підтримки прийняття рішень у сільському господарстві. Платформа Cropio надає можливість моніторингу стану полів, управління ресурсами, виявлення погіршення родючості ґрунту, прогнозування врожаю, а також взаємодії між агрономами та іншими фахівцями у сфері сільського господарства.

Cropio є одним з найбільш розвинених та функціональних сервісів для моніторингу та управління

2.2.5 Granular Insights

Granular Insights – це американська агротехнологічна компанія, яка була заснована в 2014 році. Компанія пропонує інтегровані рішення для управління сільськогосподарськими господарствами, включаючи моніторинг врожаю, управління запасами та планування виробництва(див.рис.??).



Рисунок?? – логотип компанії Granular Insights.

Ця система є інноваційною у сфері дистанційного зондування, тим що дозволяє фермерам та агрономам отримувати точні дані про стан полів, використовуючи різноманітні джерела інформації, включаючи супутникові знімки,

метеодані та інші дані. Система дозволяє збирати та аналізувати дані в режимі реального часу, що допомагає швидко реагувати на зміни та планувати роботу відповідно до погодних умов і інших факторів. В цілому, Granular Insights може значно поліпшити ефективність вирощування рослин та допомогти зменшити втрати врожаю.

2.2.6 AgriTask

AgriTask – це ізраїльська компанія, яка була заснована в 2014 році Яківом Сілбером та Ран Янівом. Компанія спеціалізується на розробці програмного забезпечення для управління сільськогосподарською діяльністю та збиранні даних з сільськогосподарських господарств(див.рис.??).



Рисунок ?? – логотип компанії AgriTask.

Сервіс використовує дані з різних джерел, зокрема з супутників, інтернету речей та додатків мобільного зв'язку. Вони оброблюються та аналізуються з використанням штучного інтелекту, машинного навчання та інших технологій, щоб забезпечити точні та корисні дані для сільськогосподарських виробників.

Ця система управління також надає можливість збирати дані на місці з використанням мобільних додатків, що дозволяє фермерам вводити дані безпосередньо на полі та отримувати рекомендації з використанням цих даних в реальному часі, для цього AgriTask використовує штучний інтелект, машинне навчання та інші технології для обробки та аналізу даних

2.3 Підсумок другого розділу

Попри велику наявність існуючих систем моніторингу, ґрутуючись на попередньому аналізі, у обраних системах прослідковується певна тенденція в

спільних недоліках, а в інших випадках, і певні унікальні переваги. Детально всі переваги, та недоліки буде розглянуто в наступному розділі, також в розділі буде дослідження спільних недоліків сервісів як окремих одиниць, аналіз та виокремлення основних груп користувачів сервісами.

У минулому розділі було розглянуто шість сервісів моніторингу агрокультур таких як:

- «EOSDA Crop Monitoring»;
- «FieldView»;
- «FarmLogs»;
- «Cropio»;
- «Granular insights»;
- «AgriTask».

Попри всю унікальність розглянутих сервісів та їх високу технологічність і, здебільшого, часті оновлення, у всіх розглянутих сервісах прослідковується певний ряд недоліків, які будуть наведені нижче:

3.1 Перелік недоліків

Недоліки сервісу : CROP monitoring

- висока вартість технологій, таких як космічні знімки та обробка великих даних, і як наслідок, підвищена вартість безпосередньо для користувачів сервісу;
- високі вимоги до обчислювальних ресурсів: для комфортної роботи з даним сервісом необхідно мати високопродуктивний комп'ютер або сервер;
- обмежена можливість моніторингу підземних вод та деяких інших супутніх даних;
- обмеженість географії: EOSDA Crop Monitoring досить новий сервіс, який охоплює не всі країни та регіони.

Недоліки сервісу Field view:

- висока вартість сервісу порівняно з деякими іншими аналогами
- скарги деяких користувачів на погану роботу мобільних додатків та проблеми з підключенням до супутникових мереж;

- обмеження у підтримці старих версій обладнання.

Недоліки сервісу Farm Logs:

- обмежена кількість інтеграцій з іншими сервісами і системами управління виробництвом;
- Відсутність можливості візуалізувати дані на рівні всього агрегату;
- обмежена функціональність безпеки даних;
- відсутність деяких інструментів, які присутні в інших сервісах, наприклад, відсутність можливості отримати детальну інформацію про якість ґрунту.

Недоліки сервісу Storіo:

- обмежена інтеграція;
- висока вартість;
- обмежені можливості аналітики.

Недоліки сервісу Granular:

- обмежена підтримка мов, що може зробити його недоступним для користувачів з окремих регіонів;
- висока ціна сервісу порівняно з іншими аналогами на ринку;
- не надає можливості безкоштовної пробної версії для ознайомлення з сервісом перед придбанням.

Недоліки сервісу AgriTask:

- складний та тривалий процес впровадження та налаштування системи;
- обмежена кількість країн та мов, на яких доступний сервіс.
- AgriTask допомагає сільськогосподарським виробникам вирішувати проблеми, пов'язані з ефективністю виробництва, оптимізацією використання ресурсів та збільшенням врожайності. Компанія має великий потенціал для впровадження в індустрії сільського господарства та допомоги фермерам у досягненні кращих результатів виробництва.

3.2 Перелік переваг

Попри всі вище наведені недоліки, у обраних сервісів також є свої переваги у порівнянні з іншими аналогами у цій сфері, вони можуть відрізнятись від напряму сервісу, степені інтеграції у виробництво, налаштування, тощо.

Переваги сервісу CROP monitoring:

- широкий аналіз стану посівів;
- оцінка росту та зростання рослин;
- щільність посівів;
- оцінка врожайності;
- оцінка ризиків для врожаю;
- використання високоточних даних;
- детальна картографія;
- висока роздільна якість зображень;
- підвищена увага саме на вегетаційний цикл рослини.

Переваги сервісу Field view:

- інтеграція з технологією збирання та обробки даних (Precision Planting);
- широкий вибір інструментів;
- можливість інтеграції з іншими системами, такими як John Deere Operations Center та Climate FieldView.

Переваги сервісу Farm Logs:

- простота використання і інтуїтивно зрозумілий інтерфейс;
- аналіз даних у режимі реального часу;
- функціональність для внесення даних вручну або імпорту даних зі сторонніх джерел;
- широкий спектр функціональних можливостей, таких як моніторинг врожаю, планування робіт на полях, прогнозування погодних умов, побудова карти поля, зведення статистики.

Переваги сервісу Cropio:

- великий обсяг даних: Cropio надає можливість отримати доступ до великої кількості даних щодо погодних умов;

- простота використання;
- можливості моніторингу: Storіo надає можливість вести моніторинг стану полів та врожаю в реальному часі.

Переваги сервісу Granular:

- надає повну картину про вирощування, включаючи історію, поточний стан та прогнози;
- можливість налаштовувати та налаштовувати аналітичні звіти за потребами користувача;
- інтегрується з іншими агротехнологіями та різноманітними інформаційними системами.

Переваги сервісу AgriTask:

- глибокий аналіз даних і розуміння аграрного бізнесу;
- інтеграція з різноманітними джерелами даних, навіть таких як введення на місці через мобільний додаток;
- наявність інструментів управління роботою на господарствах;
- широкі можливості візуалізації та аналізу отриманих даних, що дозволяє користувачам з легкістю знаходити інсайти та зробити правильні рішення.

3.3 Аналіз та огляд потреб основних видів користувачів сервісів моніторингу

В ході дослідження області було виокремлено чотири основних категорії користувачів системами:

- агрохолдинги;
- фермерські господарства;
- віддалені фермери;
- науково-дослідницькі інститути.

3.3.1 Агрохолдинги

Агрохолдинг – це об'єднання аграрних підприємств, яке використовує свої кошти для придбання контрольних пакетів акцій інших підприємств, що займаються виробництвом та переробкою сільськогосподарської продукції. Холдинги стали важливою складовою аграрної економіки України згідно з відповідним законодавством. Агрохолдинг складається з головної (материнської) компанії, яка володіє контрольним пакетом акцій дочірніх підприємств і координує їхню діяльність. Дочірні підприємства зберігають фінансову та юридичну самостійність, але основні стратегічні рішення приймаються холдинговою компанією. Створення агрохолдингу має на меті відновлення міжгалузевих зв'язків між сільськогосподарськими та переробними підприємствами, забезпечення паритету цін між сільськогосподарською продукцією та матеріально-технічними ресурсами промислового походження, а також розширення бізнесу і завоювання нових секторів ринку. Створення агрохолдингу шляхом об'єднання підприємств у єдиний технологічний цикл сприяє зниженню витрат і підвищенню ефективності компанії.

Україна має кілька значних агрохолдингів, серед яких виділяються такі компанії, як Нібулон, Миронівський Хлібопродукт, УкрЛандФармінг, Кернел, Сварог Вест Груп, Астарта та інші. Ці холдинги розгорнулися великі підприємства з інтегрованим циклом виробництва, включаючи посівну, вирощування, збір, переробку та збут сільськогосподарської продукції. Вони володіють значними земельними площами, сучасними технологіями та обладнанням, інфраструктурою для зберігання та переробки продукції. Агрохолдинги забезпечують ефективне використання ресурсів, оптимізацію виробничих процесів, розширення асортименту продукції та виходження на міжнародні ринки. Вони сприяють створенню нових робочих місць, впровадженню сучасних агротехнологій, підвищенню якості продукції та конкурентоспроможності аграрного сектора в цілому.

Українські агрохолдинги також впливають на розвиток сільськогосподарського регіону, забезпечуючи інвестиції в інфраструктуру,

соціальні проекти та розвиток сільськогосподарських громад. Вони спрямовують свої зусилля на підвищення рівня життя селян, розвиток освіти, культури та інших галузей соціально-економічного розвитку. Однак, разом з позитивними аспектами, існують і деякі виклики, пов'язані з діяльністю агрохолдингів. Вони можуть стикатися з проблемами земельної реформи, екологічними питаннями, соціальною відповідальністю та конфліктами інтересів з місцевими громадами. Розвиток агрохолдингів в Україні відображає загальний тренд у сільському господарстві багатьох країн світу. Багато країн стикаються з ростом агрохолдингів із схожими метою – підвищення ефективності виробництва, забезпечення продовольчої безпеки, розвитку сільськогосподарського сектора та збуту продукції на міжнародному ринку. Разом з тим, важливо забезпечити баланс між розвитком агрохолдингів і підтримкою малих та середніх фермерських господарств. Малі фермери є важливими суб'єктами сільськогосподарського сектора, і їхній розвиток також потребує уваги та підтримки для забезпечення різноманітності в галузі та сталого розвитку сільських територій. Українські агрохолдинги продовжують грати важливу роль у розвитку сільськогосподарського сектора країни. Вони сприяють модернізації та інноваціям, залученню інвестицій, розширенню ринків збуту та створенню нових робочих місць. Правильне управління агрохолдингами, з урахуванням екологічних та соціальних аспектів, може сприяти сталому розвитку аграрного сектора та підвищенню життєвого рівня селян [7].

Рейтинг агрохолдингів України за площею землі, що вони обробляють представлений на Рисунку ??

Рейтинг агрохолдингів за кількістю землі			
№	Агрохолдинг	Про компанію	Земельний банк, га ↑
1	KERNEL Кернел	«Кернел» - агрокомпанія-лідер, що експортує зернові культури Чорноморського регіону. Характеристики «Кернел» - розвинена інфраструктура, численні активи, виробничі землі, ряд елеваторів...	510 000
2	UkrLandFarming УкрЛандФармінг (U...)	Група UkrLandFarming входить в топ-10 світових земельних операторів. Це найбільший власник земель, що включає 22 українські області, 3 кліматичні зони, що дозволяє ефективно управляти ризикам...	475 000
3	МХП Мироновский Хлеб...	ПАТ «Мироновський хлібопродукт» - агропромисловий холдинг, великий вітчизняний лідер, який налічує 20 організацій в семи українських областях. Крім розведення птиці, МХП займає...	370 000
4	 Національна Акад...	Національна академія аграрних наук України розпочала свою діяльність як Всеукраїнська академія сільськогосподарських наук 22 травня 1931 (з 1990 р... - Українська академія аграрних наук)...	362 600
5	Агропросперіс Агропросперіс (NCH)	«Агропросперіс» - найбільший виробник і експортер сільськогосподарських культур Чорноморського регіону. Ми фінаксуємо і поставляємо на експорт більше 2 млн. Тонн зер...	300 000
6	АСТАРТА-КИЇВ Астарта Київ	Астарта - вертикально-інтегрований агропромисловий холдинг, який з 1993 року працює в сфері цукрового і сільськогосподарського виробництва, зарекомендувавши себе як стабільна, прозора компані...	243 000
7	CONTINENTAL Континентал Фарме...	«Континентал Фармерз Груп» - сільськогосподарська компанія з міжнародними інвестиціями, що працює в Західноукраїнському регіоні, привлекла свою команду найкращих професіоналів галузі...	195 000
8	EPICENTR Епіцентр Агро	«Агрохолдинг 2012» - підприємство, яке вирощує зернові, бобові та олійні культури. Генеральний директор - Василь Іванович Мороз. Засновники та бенефіціари - Герета Галина Федорівна і Гере...	160 000
9	АСТ Аграрные системы...	Компанія «Аграрні системні технології» - сучасне українське аграрне підприємство з корпоративною структурою управління і багаторічним міжнародним досвідом. Високоєфективну і професій...	150 000
10	HARVEAST Харвест (HarvEast)	HarvEast Holding створений 10 березня 2011 року на базі сільськогосподарських активів ПАТ ММК ім. Ілліча. Акціонерами HarvEast Holding є група СКМ і група «Смарт-Холдинг». Відповідно...	127 000

Рисунок ?? – Рейтинг агрохолдингів України за кількістю землі в од.га.

Агрохолдинги мають за собою цілє підвищити власну продуктивність за рахунок оптимізації робочого процесу, запровадження нових технологій, сортів, добрив і т.д. На Рисунку ?? наведено Tier-list що відповідає необхідності потреб для агрохолдингу у сервісі моніторингу, не враховуючи основний функціонал.



Рисунок ?? – створений tier-list необхідності функціоналу для агрохолдингів.

3.3.2 Фермерські господарства

Фермерське господарство – це вид аграрної підприємницької діяльності, який полягає у вирощуванні сільськогосподарських культур, тваринництві та інших пов'язаних з ними видів діяльності на невеликій території.

Україна має велику кількість господарств, які займають значну частку у загальній кількості сільськогосподарських підприємств. За даними Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України, станом на кінець 2020 року, українські фермерські господарства складали більше 23 тис. підприємств, які виробили майже 13% загальної вартості сільськогосподарської продукції в країні.

Роль фермерських господарств в обробці землі на території України велика. Фермери вирощують різноманітні сільськогосподарські культури, такі як зернові, олійні культури, овочі, фрукти та ягоди, а також займаються тваринництвом, в тому числі вирощуванням худоби та птиці. Фермери також забезпечують розвиток регіональних економік та стимулюють соціально-економічний розвиток малих населених пунктів, де зазвичай знаходяться їх господарства. Вони можуть бути більш гнучкі в своїй роботі, чим великі агрохолдинги які залежать від багатьох зовнішніх факторів, адаптуватись до змін у погодних умовах та ринкових потреб, швидко відреагувати на нові технології та наукові розробки, що дозволяє їм бути конкурентоспроможними на ринку. Окрім того, ці ланки господарства мають важливу роль у забезпеченні продовольства населення та розвитку сільськогосподарського сектору економіки. Вони забезпечують місцеву споживчу базу якісними та свіжими продуктами, зменшуючи залежність від імпорту. Також фермерські господарства можуть впроваджувати принципи сталого розвитку, застосовуючи екологічно чисті методи виробництва та збереження природних ресурсів. Це дозволяє зберегти ґрунт та водні ресурси, зменшити забруднення довкілля та сприяти збереженню біорізноманіття.

За даними Державної служби статистики України, фермерські господарства в 2021 році становили близько 8% від загальної кількості сільськогосподарських підприємств в Україні.

Фермерські господарства, як важлива складова аграрного сектору, прагнуть до підвищення своєї продуктивності шляхом оптимізації робочих процесів, впровадження нових технологій, використання передових сортів рослин, ефективного використання добрив та інших сучасних агротехнологій. Для досягнення цих цілей, фермери потребують доступу до сервісу моніторингу, що надає необхідну інформацію про зміни стану їхніх сільськогосподарських угідь.

На Рисунку ?? наведено Tier-list, що відображає рівень важливості та необхідності функціоналу сервісу моніторингу для фермерських господарств. Цей перелік враховує потреби та вимоги фермерів, забезпечуючи їм зручний і надійний інструмент для контролю та аналізу стану їхніх посівів, росту рослин, виявлення хвороб та шкідників, а також планування оптимального використання ресурсів.

Фермерські господарства					
Градація функцій по корисності саме для фермерських господарств Де: А - з високою корисністю; С - з низькою корисністю.	А	Швидке орієнтування між полями за допомогою кадастрового номеру та його інтеграція в обраний сервіс моніторингу.	Зменшення вартості користування сервісом	Рекомендації щодо культур, сортів, добрив та часу їх використання зважаючи на погодні умови або поради науково-дослідницького інституту, який розташований поблизу.	Представлення в сервісі пошуку земельних ділянок та своєрідного списку, де на першому місці буде краща зі співвідношенням ціна-якість, або параметр який буде вказаний користувачем у фільтрах пошуку.
	В	Можливість отримати коротке зведення щодо поля без високого навантаження на пристрій, шляхом відображення бажаної інформації у вигляді таблиць або тексту, без вдавання до зображень отриманих з супутника.	Спрощення початком роботи та подальшим використанням	Коротке зведення про орієнтовану рентабельність вибраної ділянки землі	Отримання даних щодо розповсюдженості та популярності агрокультур у обраному регіоні
	С	Можливість внесення власних даних до обраного сервісу (календар внесення добрив, посіву, орієнтованого збору урожаю, дані про сорти культур, актуальна інформація про сівозміну)	Проведення дослідницької діяльності/ введення або запровадження нових методів чи культур	Можливість публікації та винесення в широкій доступ рентабельності, яка базується на власних статистичних даних, складових аграрного процесу (культури, сорти, календарні плани, добрива, валідність до місцевості)	

Рисунок ?? – створений tier-list необхідності функціоналу для фермерських господарств.

Фермерські господарства розраховують на сервіс моніторингу, який надає точну та актуальну інформацію про погодні умови, вологості ґрунту, врожайність та інші показники, що допомагають приймати обґрунтовані рішення та забезпечують оптимальний рівень продуктивності та ефективності господарства. Такий сервіс допомагає фермерам вести контроль над своїми культурами,

попереджати можливі проблеми та забезпечувати якість та високу врожайність своїх посівів."

3.3.3 «Віддалені» фермери.

"Віддалені фермери" – це ті, хто володіє землею, але знаходяться на значній відстані від неї та не займаються безпосередньо її обробкою. Зазвичай, такі фермери мають іншу основну діяльність, а земельні ділянки знаходяться в іншому регіоні, країні чи континенті. У порівнянні з спекулянтами, "віддалені фермери" мають більш позитивну репутацію серед суспільства, оскільки вони зазвичай вкладають свої ресурси в розвиток аграрної галузі, збільшення виробництва та підвищення рівня життя населення у сільській місцевості.

Частка "віддалених фермерів" на ринку землі України складає меншість, оскільки переважна більшість власників земельних ділянок активно займається їх обробкою. Проте, з появою законодавчих змін щодо продажу землі, з'явилась можливість залучення інвестицій з боку іноземних інвесторів, що може сприяти зростанню числа "віддалених фермерів" на ринку землі. У світі існують багато прикладів компаній, які володіють земельними ділянками в країнах, де вони не мають виробничих підрозділів. Наприклад, компанія "Cargill" є власником понад 500 тисяч акрів землі в США, а компанія "Louis Dreyfus" володіє понад 500 тисяч акрів землі в Латинській Америці, Африці та Азії. У таких випадках компанії можуть використовувати землю для вирощування культур на продаж або для власних потреб. Віддалені фермери часто стикаються з проблемами, які пов'язані з транспортуванням врожаю до ринку або складу для зберігання, а також з комунікацією з покупцями та постачальниками. Також вони можуть мати обмежені можливості отримання доступу до новітніх технологій та методів вирощування культур через віддаленість від центрів наукових досліджень та інфраструктури. Однак, віддалені фермери також мають свої переваги, зокрема, доступ до більших ділянок землі за більш доступними цінами та можливість ефективного використання землі для розвитку бізнесу, наприклад, для створення туристичних аграрних комплексів.

Загалом, віддалені фермери грають важливу роль у забезпеченні продуктами харчування віддалених регіонів, але вони також потребують допомоги у вирішенні проблем, які виникають в процесі вирощування та збуту продукції.

Віддалені фермери, які працюють у віддалених та важкодоступних районах, мають особливі потреби та виклики у веденні сільськогосподарської діяльності. Їх головною метою є підвищення продуктивності та ефективності своїх господарств за допомогою оптимізації робочих процесів, використання новітніх технологій, високоякісних сортів рослин, ефективного використання добрив та інших ресурсів. На рисунку ?? представлений Tier-list, що відображає значущість та необхідність функціоналу сервісу моніторингу для віддалених фермерів. Цей перелік враховує особливості їхньої ситуації, забезпечуючи їм доступ до надійної та комплексної інформації про стан їхніх посівів та господарств. Віддалені фермери покладаються на сервіс моніторингу, який забезпечує їх точними даними про погодні умови, вологості ґрунту, зростання рослин та інші показники, що допомагають приймати обґрунтовані рішення та забезпечувати оптимальний рівень продуктивності господарства.



Рисунок ?? – створений tier-list необхідності функціоналу для «віддалених» фермерів.

Такий сервіс моніторингу дозволяє віддаленим фермерам вести ефективний контроль над своїми культурами, вчасно виявляти можливі проблеми та впроваджувати необхідні заходи для забезпечення успішного росту та врожайності

рослин. Він стає незамінним інструментом для планування та оптимізації сільськогосподарських процесів для віддалених фермерів, допомагаючи їм досягати стійкого та прибутку врожаю. Окрім того, він допомагає віддаленим фермерам ефективно контролювати свої поля, виявляти потенційні проблеми та вчасно впроваджувати необхідні заходи для забезпечення успішного росту та врожайності рослин. Сервіс моніторингу стає незамінним інструментом для планування та оптимізації сільськогосподарських процесів для віддалених фермерів, допомагаючи їм досягати стійкого та прибуткового сільськогосподарського виробництва. Забезпечуючи доступ до точних даних про кліматичні умови, вологість ґрунту, стан рослин та інші важливі параметри, сервіс моніторингу дозволяє віддаленим фермерам приймати обґрунтовані рішення, раціонально використовувати ресурси та ефективно управляти своїми господарствами. Таким чином, віддалені фермери залежать від сервісу моніторингу, який враховує їхні особливі потреби та надає комплексну підтримку у веденні їхньої сільськогосподарської діяльності. Цей сервіс допомагає їм ефективно впроваджувати новітні технології, високоякісні сорти рослин та ефективне використання ресурсів, що веде до підвищення продуктивності, зниження витрат та досягнення стійкого розвитку їхніх фермерських господарств.

3.3.4 Науково-дослідницькі інститути.

Науково-дослідницькі агроінститути України – це спеціалізовані наукові установи, які займаються дослідженнями у сфері сільського господарства, розробкою нових технологій та методів обробки землі, селекцією рослин і тварин, вивченням аграрних ринків та економіки галузі. Користь від науково-дослідницьких агроінститутів полягає в тому, що вони дозволяють забезпечити високу якість виробництва, збільшення врожайності та ефективність використання землі. Наукові розробки, отримані в агроінститутах, сприяють розвитку сільського господарства та забезпечують довгострокову стійкість галузі. У ринку землі науково-дослідні агроінститути не займають великої частки, оскільки їх головною діяльністю є наукові дослідження та розробки, а не виробництво продукції. Але

вони є важливими гравцями в розвитку галузі сільського господарства, оскільки допомагають забезпечити якість та ефективність виробництва.

До науково-дослідницьких агроінститутів України належать:

- Інститут землеробства і рослинництва імені О.Н. Соколовського НААН – займається проблемами підвищення продуктивності сільськогосподарських культур і поліпшення стану ґрунтів.
- Інститут олійних культур і льону НААН – займається вивченням олійних культур і льону для поліпшення урожайності та якості продукції.
- Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН – займається вивченням сільськогосподарських культур та шляхів їх поліпшення, розробкою сортів рослин.
- Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НААН – займається вивченням флори України, її біології та ресурсів, а також проблемами рекультивації ґрунтів та відновлення біорізноманітності.
- Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН – займається вивченням енергетичних та цукрових культур для отримання біопалива та цукру.
- Інститут механізації та електрифікації сільського господарства НААН – займається розробкою та вдосконаленням машин та обладнання для виконання сільськогосподарських робіт.
- Інститут зоології НААН – займається дослідженнями тваринного світу, екології та біології комах.

Науково-дослідні агроінститути грають важливу роль у розвитку аграрного сектору України. Вони забезпечують наукові дослідження та розробки у галузі сільського господарства, що дозволяє покращувати технології вирощування рослин та тварин, підвищувати ефективність виробництва та знижувати витрати.

Ще один важливий аспект, який варто згадати – це сприяння агроінститутами здійсненню ефективного трансферу знань та технологій до сільського господарства. Науково-дослідницькі інститути проводять різноманітні наукові

дослідження та експерименти, розробляють нові технології та методи, які після успішної перевірки можуть бути передані селянам та фермерам для їх застосування на практиці.

Загалом, науково-дослідницькі агроінститути відіграють важливу роль в розвитку сільського господарства та забезпеченні сталого розвитку аграрного сектору в Україні. Вони займають значну частку на ринку землі, працюють над розв'язанням актуальних проблем та пошуку нових можливостей, сприяють збільшенню врожайності та покращенню якості сільськогосподарської продукції. Діяльність агроінститутів є важливим фактором в економічному, соціальному та науковому розвитку України.

У контексті сервісу моніторингу, науково-дослідницькі інститути мають специфічні потреби. Рисунок ?? представляє Tier-list, який відображає важливість та необхідність функціональності сервісу моніторингу для науково-дослідницьких інститутів. Цей перелік враховує їхні особливості та допомагає забезпечити доступ до точної та детальної інформації про зміни стану рослин та ґрунту.

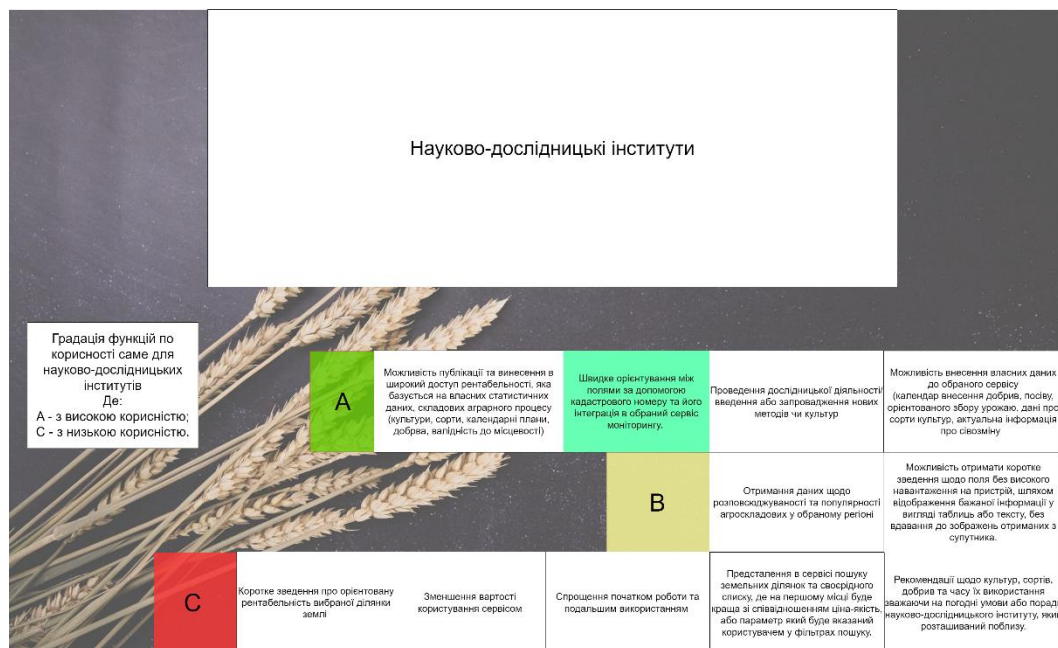


Рисунок ?? – створений tier-list необхідності функціоналу для «віддалених» фермерів.

Науково-дослідницькі інститути використовують сервіс моніторингу для збору даних про різноманітні показники, такі як фізичні та хімічні властивості ґрунту, кількість інсектицидів та пестицидів, кліматичні умови, врожайність та

інші. Це допомагає їм зрозуміти вплив різних факторів на рослинний розвиток та розробити ефективні методики обробки та вирощування рослин. Сервіс моніторингу стає незамінним інструментом для науково-дослідницьких інститутів у проведенні досліджень та експериментів, аналізу даних та впровадженні нових підходів у сільське господарство. Він дозволяє зібрати об'єктивні дані, порівняти результати експериментів та розробити ефективні стратегії вирощування рослин та управління сільськогосподарськими процесами. Завдяки сервісу моніторингу, науково-дослідницькі інститути можуть отримати актуальну інформацію про стан посівів, розвиток хвороб та шкідників, вплив кліматичних умов, а також ефективність використання ресурсів.

Комплексний аналіз отриманих даних дозволяє науковцям виявляти тенденції, залежності та перспективи для подальшого розвитку сільського господарства. Враховуючи цю інформацію, вони можуть розробляти нові методи і технології, що сприяють підвищенню врожайності, зниженню впливу шкідників та захворювань, оптимізації використання добрив та ресурсів, а також покращенню стійкості сільськогосподарських систем до змін клімату та інших зовнішніх факторів.

3.3.5 Загальний висновок щодо спільних потреб розглянутих груп користувачів

В ході дослідження груп користувачів та їх потреб у функціоналі систем моніторингу було виявлено характерні та притаманні риси для кожної з груп, але спільною необхідністю у всіх чотирьох розглянутих групах виявилось «Швидке орієнтування між полями за допомогою кадастрового номеру та його інтеграція в обраний сервіс моніторингу.»(на tier-листах виділено зеленим).

Безумовно, у кожної групи є свої вподобання та необхідності, які зможуть покращити процес користування, але саме орієнтування за кадастровим номером буде спільною рисою, що оптимізує процес користування сервісами моніторингу для всіх розглянутих типів користувачів

3.4 Кадастровий номер

Кадастровий номер – це унікальний ідентифікатор, що призначається земельній ділянці або об'єкту нерухомості в кадастровій системі. Він використовується для однозначної ідентифікації та реєстрації земельних ділянок та нерухомості, і є важливим елементом в системі земельно-кадастрового відображення та управління майном.

Функціонал кадастрового номера включає:

- Унікальна ідентифікація: Кадастровий номер надає кожному земельному ділянці або об'єкту нерухомості унікальний ідентифікатор, що дозволяє однозначно відрізнити його від інших об'єктів.
- Реєстрація та відображення в системі: Кадастровий номер дозволяє зареєструвати земельну ділянку або нерухомість в кадастровій системі та належним чином відобразити її на кадастрових планах та мапах.
- Посилання на інформацію: Кадастровий номер може бути використаний як посилання на додаткову інформацію, пов'язану з об'єктом, таку як правові акти, документи власності, реквізити власника та інше.

Історія кадастрового номера сягає давніх часів, але його систематизація та широке використання стало можливим з появою сучасних кадастрових систем. Кадастрові системи почали розвиватися в різних країнах з метою впорядкування власності на землю та нерухомість, забезпечення правової стабільності та ефективного управління майном[10].

3.5 Діаграма IDEF0

Діаграма IDEF0 (Integration Definition for Function Modeling) – це методологія моделювання функцій, процесів та систем, що була розроблена в рамках проекту ICAM (Integrated Computer-Aided Manufacturing) в США в 70-х роках XX століття. Ідея розробки полягала в тому, щоб мати один інструмент для моделювання процесів, що забезпечило б зрозумілість, якість та ефективність управління комплексними системами. Головна мета полягала в розумінні бізнес-процесів та удосконаленні їх ефективності.

Ця діаграма включає в себе графічні символи, які можуть бути використані для побудови діаграм процесу від найвищого рівня до деталей. Він також надає нотації для інформації про керування, потік даних та структури даних.

Серед основних переваг діаграми IDEF0 можна виділити:

- Універсальність. Діаграма може використовуватися для аналізу будь-якої діяльності в будь-якій галузі, починаючи від виробництва продукції і закінчуючи організацією соціальних послуг.
- Простота. Діаграма IDEF0 має лаконічну структуру і просту графіку, що дозволяє швидко зрозуміти інформацію, яку вона надає.
- Комунікативність. Дозволяє легко визначити проблемні місця в діяльності і відобразити їх на діаграмі, що сприяє зрозумінню і підтримці співробітниками організації.
- Ефективність. Дозволяє зосередитися на суттєвих аспектах діяльності, відбиваючи їх в одній схемі і зменшуючи кількість деталей, що дозволяє швидко знайти шляхи оптимізації процесів.
- Можливість моделювання. Дозволяє не лише аналізувати існуючі процеси, але й моделювати нові варіанти їх виконання і оцінювати ефективність нових процесів.

У першій версії IDEF0, розробленій в 1981 році, було представлено п'ять рівнів моделі, що дозволяло представляти діаграму процесу на різних рівнях

деталей. В подальших версіях діаграма стала більш гнучкою та придбала нові функції.

Сьогодні застосовується в різних галузях, таких як виробництво, логістика, управління проектами, програмні системи тощо, де необхідно моделювати процеси та детально аналізувати їх[11].

На Рисунку ?? представлено зображення діаграми процесу із актуальними основними даними, такими як управління, механізми та вхідні/вихідні дані, що являє собою IDEF0 діаграму.

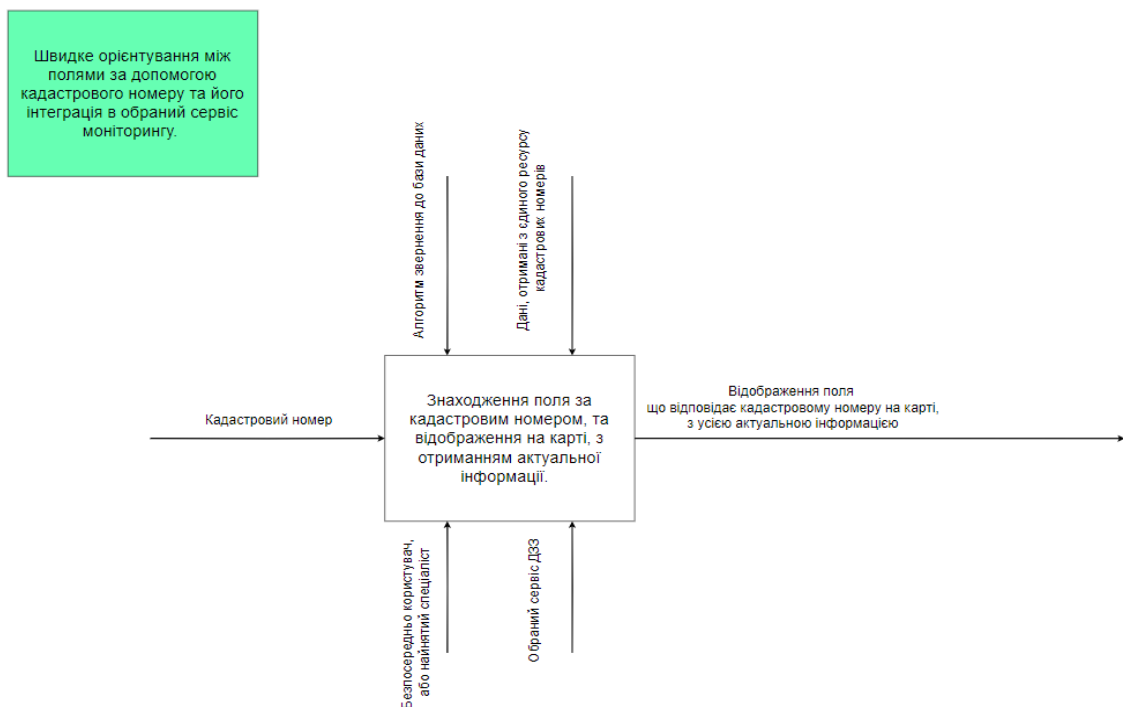


Рисунок ?? – Діаграма до обраного процесу

На рисунку ?? представлено шлях виконання процесу пошуку користувачем ділянки землі за кадастровим номером без наявності цієї функції безпосередньо у обраному сервісі, проблемою будуть витрачений час користувача та додаткові ресурси що ко а рішенням цієї проблеми буде додавання даної функції в сервіс що використовує користувач.

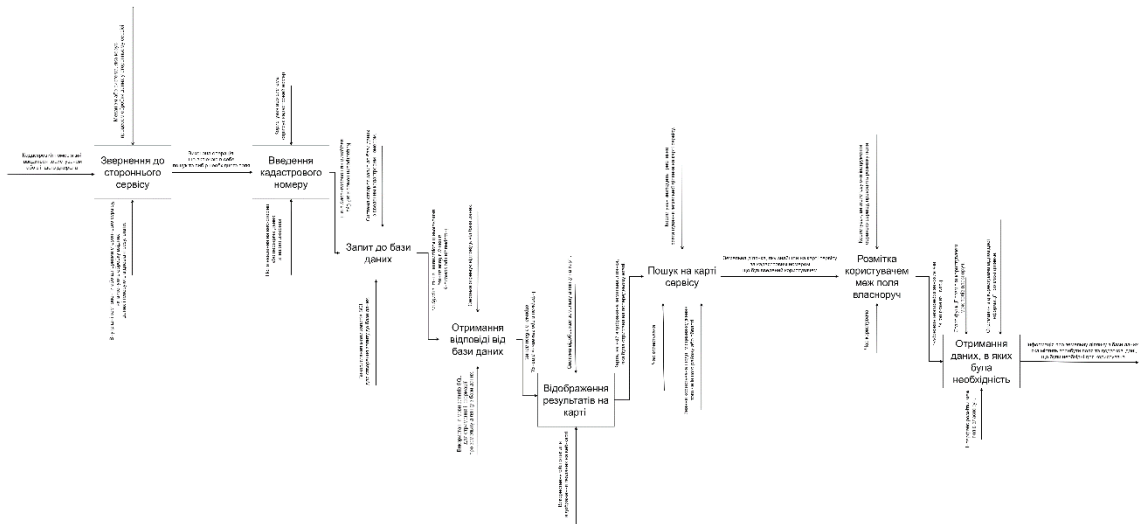


Рисунок ?? – Декомпозиція до обраного процесу без запропонованого рішення

Декомпозиція яка представляє оптимізований процес та наочно демонструє переваги в додаванні цієї функції в сервіс наведена у Рисунку ??.

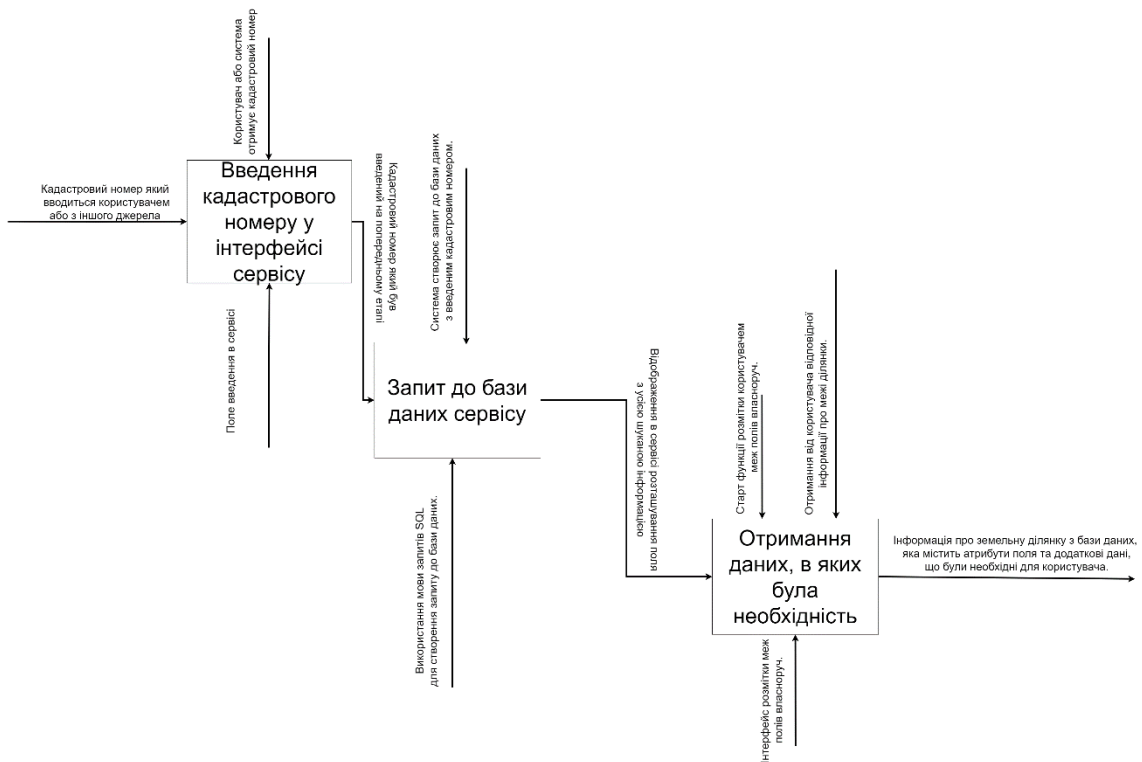


Рисунок ?? – Декомпозиція до обраного процесу без запропонованого рішення

Запропоноване рішення спрощує процес моніторингу та надає значні переваги для користувача. Воно дозволяє швидко орієнтуватися між полями за допомогою кадастрового номеру та інтегрується з обраним сервісом моніторингу для отримання бажаних даних.

Ось деякі корисні аспекти цього рішення:

- Скорочення часу і зусиль: Запропоноване рішення дозволяє користувачу швидко знайти поле за його кадастровим номером без необхідності додаткових дій або запитів до сторонніх сервісів. Це зберігає час та зусилля користувача, оскільки він може швидко отримати актуальну інформацію без зайвих перешкод.
- Зручність та точність: Запропоноване рішення дозволяє відображати результати пошуку на карті в обраному сервісі моніторингу. Це забезпечує зручну візуалізацію полів та дозволяє користувачеві легко орієнтуватися у їх розташуванні. Крім того, можливість розмітки меж поля власноруч дозволяє отримувати більш точні дані та встановлювати необхідні параметри моніторингу.
- Економія ресурсів: Запропоноване рішення дозволяє отримувати лише необхідні дані, що допомагає уникнути зайвого завантаження бази даних та оптимізує використання ресурсів. Це ефективно використовує час і обчислювальні потужності, що дозволяє економити ресурси і забезпечувати більш швидко та ефективну роботу сервісу моніторингу.

ВИСНОВКИ

У дослідженні було проведено аналіз області дистанційного зондування в сільськогосподарському секторі, включаючи його розвиток, технології та застосування. Ретроспектива історії дистанційного зондування надала контекст для подальшого розуміння сучасних тенденцій та можливостей.

У роботі були розглянуті та проаналізовані популярні сервіси моніторингу, такі як "EOSDA Crop Monitoring", "FieldView", "FarmLogs", "Cropio", "Granular insights" і "AgriTask". Для кожного сервісу були описані його переваги та недоліки, що дозволило зробити порівняльний аналіз та визначити їх сильні та слабкі сторони.

Було проаналізовано основних користувачів сервісів моніторингу, зокрема агрохолдинги, фермерські господарства, віддалені фермери та науково-дослідницькі інститути. Цей аналіз дозволив визначити потреби та вимоги різних категорій користувачів та спрямувати подальші рекомендації щодо вдосконалення інформаційної системи.

В ході дослідження була виявлена потреба впровадження в сервіси моніторингу можливості пошуку поля за кадастровим номером. Ця нова функціональність дозволить користувачам швидко та точно локалізувати потрібну земельну ділянку та здійснювати моніторинг її стану. Описана Idef0 діаграма показує, як це нововведення може оптимізувати користування сервісом та полегшити доступ до необхідної інформації.

Загалом, інформаційна система аналізу зміни стану рослин сільськогосподарських угідь з урахуванням даних їх дистанційного зондування є потужним інструментом для підтримки управління в аграрному секторі. Аналіз області, популярних сервісів моніторингу та основних користувачів допомагає зрозуміти їх переваги та недоліки, а також визначити потреби різних груп користувачів. Рекомендації щодо оптимізації та вдосконалення інформаційної системи, зокрема впровадження пошуку поля за кадастровим номером, можуть покращити її функціональність та доступність. Застосування такої системи сприятиме ефективному використанню ресурсів, сталому розвитку

сільськогосподарського сектора та підвищенню конкурентоспроможності аграрної галузі.

Хоча, зрозуміло, що при впровадженні даної функції безпосередньо в обрану систему підвищить ефективність праці за рахунок зменшення часу та зусиль користувача на пошук необхідної інформації щодо поля, варто зазначити, пропозиція потребує практичної апробації в реальних умовах щоб напевно дізнатися як саме і на скільки нововведення в інтерфейс вплине на зріст графіків ефективності та зручності користування системами моніторингу агрокультур в цілому.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Довгий С. О., Лялько В.І., Бабійчук С. М. Кучма Т. Л., Томченко О. В., Юрків Л. Я. ОСНОВИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ: ІСТОРІЯ ТА ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ Київ – 2019
2. Omia, E.; Bae, H.; Park, E.; Kim, M.S.; Baek, I.; Kabenge, I.; Cho, B.-K. Remote Sensing in Field Crop Monitoring: A Comprehensive Review of Sensor Systems, Data Analyses and Recent Advances. Remote Sens. 2023, 15, 354. <https://doi.org/10.3390/rs15020354>
3. Xue, J.; Su, B. Significant remote sensing vegetation indices: A review of developments and applications. J. Sens. 2017, 2017, 1353691.
4. Huete, A.R. Vegetation Indices, Remote Sensing and Forest Monitoring. Geogr. Compass 2012, 6, 513–532
5. Волонтир Л. О., Зелінська О. В. Інформаційно-логістичні системи управління аграрним підприємством: Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики. 2018. №12. С. 88-96.
6. Нетреба І. О. Інформаційне забезпечення як фактор ефективної взаємодії суб'єкта і об'єкта в системі управління підприємством [Текст] / І. О. Нетреба // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія "Економіка". 2009. № 107–108. С.
7. Про холдингові компанії, що створюються в процесі корпоратизації та приватизації : Указ Президента України від 11.05.1994. № 224/94. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/224/94>
8. Про холдингові компанії в Україні: Закон України від 15.03.2006 № 3528–IV // Відомості Верховної Ради України. 2006. № 34. Ст. 291. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3528-15>
9. Волонтир Л. О., Зелінська О. В. Інформаційно-логістичні системи управління аграрним підприємством: Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики. 2018
10. khmelnyska.land.gov.ua

11. <https://vitechcorp.com/resources/GENESYS/onlinehelp/desktop/Views/IDEF0.htm>