

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

Навчально-науковий інститут заочної та післядипломної освіти

Кафедра геодезії і геоінформатики

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до кваліфікаційної роботи

**на тему: «Моніторинг земель сільськогосподарського призначення  
безпілотними літальними апаратами»**

Виконав: студентка, групи МАГ71  
Спеціальність 193 Геодезія та землеустрій  
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Абеленцева А. О.  
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.е.н., доцент Бочко О.І.

**ДУБЛЯНИ – 2024**

У період інтенсивного розвитку економічної та виробничої діяльності необхідно оцінити вплив та визначити ступінь впливу на довкілля регіону від промислового виробництва . Щоб врахувати антропогенний вплив, необхідно спочатку знати масштаби та глибину впливу на середовище існування та зміни біосфери Землі. Це призводить до необхідності моніторингу земель сільськогосподарського призначення з можливістю подальшої екологічної оцінки та прогнозування.

Об'єктом дослідження є використання безпілотних літальних апаратів під час контролю за станом земель сільськогосподарського призначення.

Метою дипломної роботи є розробка методики оперативного моніторингу земель сільськогосподарського призначення із застосуванням комбінованого знімання безпілотними літальними апаратами.

Зміст	
ВСТУП	4
1. КЛАСИФІКАЦІЯ БЕЗПІЛОТНИХ АПАРАТІВ, ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ	5
1.1 Основні відомості про безпілотні літальні апарати	5
1.2 Методи та цілі моніторингу	8
1.3 БПЛА в галузі моніторингу	12
1.4 Методи обробки інформації моніторингу	15
2. ОСНОВНІ ЗАСАДИ ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ.	20
2.1 Завдання та функції використання БПЛА в сільському господарстві	20
2.2 Загальна характеристика алгоритмів управління БПЛА	25
3. МЕТОДИКА ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ	29
3.1 БПЛА як основа складова моніторингу земель	29
3.2 Особливості використання БПЛА для моніторингу земель	33
4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	41
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ ВІД НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ	47
ВИСНОВКИ	51
Бібліографічний список	52

## ВСТУП

З розвитком інформаційних технологій і удосконаленням управління виникла тенденція до зменшення ролі людини в системах людина-машина, а іноді й повного виключення її з управління складними технічними об'єктами. Останнім часом особливо активно досліджуються різні аспекти створення та використання безпілотних транспортних засобів: автомобілів, самохідних механізмів, літальних апаратів різних призначень. Значний інтерес до цієї тематики виявляється й у сільському господарстві, де безпілотні літальні апарати (БПЛА) успішно використовуються для моніторингу земель сільськогосподарського призначення та захисту рослин від хвороб та шкідників.

Моніторинг полягає у складній системі регулярних тривалих спостережень у просторі та часі, що дає інформацію про минуле та поточне становище навколишнього середовища.

Мета дипломної роботи - оцінити стан земель сільськогосподарського призначення з використанням безпілотників. Завдання роботи: просувати технологічний прогрес з використанням БПЛА та впровадження нових методів у галузі охорони навколишнього середовища. Предмет дослідження - моніторинг земель сільськогосподарського призначення за допомогою безпілотних літальних апаратів.

# **1. КЛАСИФІКАЦІЯ БЕЗПІЛОТНИХ АПАРАТІВ, ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ**

## **1.1 Основні відомості про безпілотні літальні апарати**

Сучасний комплекс безпілотних літальних апаратів представляє собою високотехнологічну систему, яка включає елементи штучного інтелекту та інтегрується в загальновійськову систему збору інформації та прийняття рішень. Ці апарати є складними технічними системами, які включають безпілотні авіаційні комплекси з наземними пунктами управління, обробки отриманої інформації, засобами зв'язку, транспортування та навантаження, а також засобами експлуатації.

Успіх їх використання пов'язаний переважно зі стрімким розвитком мікропроцесорної техніки, систем управління, навігації, передачі інформації та штучного інтелекту. Ці досягнення дозволяють здійснювати автоматичний політ від зльоту до посадки, виконувати завдання моніторингу земної або водної поверхні, а також забезпечувати безпілотним літальним апаратам військового призначення функції розвідки, пошуку, вибору цілей і їхнього ураження.

У багатьох індустріально розвинених країнах активно ведуться розробки як безпілотних літальних апаратів, так і силових установок для них. За даними зарубіжних фахівців, в даний час у 32 країнах розробляється і виробляється понад 250 моделей безпілотних літальних апаратів.

Досвід застосування безпілотних літальних апаратів у цивільних і військових цілях у різних країнах під час військових операцій, антитерористичних дій та у вирішенні цивільних завдань, надає можливість визначити конкретні завдання, види та створити систематизовану класифікацію безпілотних літальних апаратів.

Основні показники класифікації включають тип системи управління, вагу, масштаб завдань, тип палива, конфігурацію крила, тривалість польоту, практичність польоту, конструкцію літального апарату, базування, правила польотів, кількість використань, тип паливного баку, радіус дії, максимальну

швидкість польоту, кількість двигунів, застосування, спосіб підйому/посадки та час отримання зібраної інформації.

Тип управління визначає характер БПЛА. Дистанційно керовані літальні апарати оперують оператором земної станції в області видимості. Автономно керовані працюють без участі пілота, який взаємодіє лише з системами зворотного зв'язку через інші контрольні системи. Автоматичні апарати виконують програмовані завдання. Авіаційні системи, які дистанційно керуються, працюють на основі вбудованих систем.

У сільському господарстві використання дронів має різноманітні цілі: збір даних та картографування змін у землях, аналіз інформації для управління ресурсами та навіть розпилення пестицидів. Ця практика базується на дистанційному дослідженні, використовуючи супутникові та повітряні платформи. Супутникові системи, такі як MODIS, OLI та AVHRR, можуть стати потенційним засобом для моніторингу рослинності через їхню просторову та часову роздільну здатність. Використання дронів, як от мікродрон MD4-200, дозволяє оцінювати біомасу сої, люцерни та кукурудзи. Також, вертольотні дрони із багатоспектральними та тепловими камерами використовуються для визначення біофізичних параметрів та рівня води в грошовому винограднику. У контексті сільськогосподарського використання, безпілотні літальні апарати стали не лише засобом збору даних, а й ефективним інструментом у веденні археологічних досліджень та моніторингу рослинності. Сучасні методи функціональної класифікації БПЛА які забезпечують різні функції у народному господарстві, зокрема в сільському господарстві представлено на (рис. 1.1)



## Рисунок 1.1 Функціональна класифікація БПЛА

Функціональна класифікація безпілотних літальних апаратів (БПЛА) може бути проведена відповідно до їх застосування та функціональних можливостей:

### **Розвідка та моніторинг:**

- Розвідувальні апарати для збору інформації;
- Моніторингові БПЛА для постійного нагляду за об'єктами або територіями;

### **Безпека та захист:**

- Військове застосування для здійснення військової розвідки та безпеки;
- Цивільні системи для забезпечення безпеки об'єктів та місцевостей;

### **Сільське господарство:**

- БПЛА для землеробства для моніторингу посівів, збору даних про стан поля, внесення добрив тощо;
- Застосування у виноградниках або розсадниках для контролю та догляду за культурами;

### **Комерційне використання:**

- Фото- та відеозйомання з висоти для створення медіа-контенту;
- Доставка товарів (наприклад, експрес-доставка вантажів);

### **Доставка допомоги та рятувальні операції:**

- Безпілотні доставки медикаментів, харчів чи допомоги в урбанізованих або важкодоступних областях;
- Пошуково-рятувальні операції в зоні катастроф або природних лих;

### **Наукові та дослідницькі цілі:**

- Дослідницькі БПЛА для збору даних та наукових вимірювань;
- Дослідження кліматичних змін за допомогою дистанційного зондування;

Ця класифікація виокремлює основні функції та сфери використання безпілотних літальних апаратів, вказуючи на різноманіття їхніх можливостей і застосувань у різних галузях та сферах життя.





## 1.2 Методи та цілі моніторингу

Моніторинг земель сільськогосподарського призначення включає в себе різноманітні методи та цілі, спрямовані на контроль, оцінку та управління сільськогосподарськими угіддями. Моніторинг земель сільськогосподарського призначення дозволяє максимально ефективно використовувати ресурси та оптимізувати процеси вирощування сільськогосподарських культур для покращення урожайності та збільшення ефективності сільського господарства.

Моніторинг земель сільськогосподарського призначення спрямований на виявлення змін у стані ґрунтів, ерозії, забрудненні хімічними речовинами та контроль за їх використанням у сільському господарстві та міському будівництві. Ціль моніторингу - забезпечити інформацію для управління землекористуванням, охорони ресурсів та природи. Моніторинг проводиться на різних рівнях, включаючи локальний, регіональний, національний та глобальний, з орієнтацією на глобальні екологічні проблеми та оцінку якості довкілля. Оцінка якості визначається порівнянням параметрів моніторингу з нормативами, але для повноцінної оцінки використовуються показники якості та біологічні тести, що допомагають визначити межі шкідливих впливів на організми та встановити норми для екологічної стандартизації.

Екологічні критерії визначають межі змін у параметрах навколишнього середовища, які можуть негативно впливати на стабільність природних екосистем. Однак складність полягає у багатстві організмів та їхній різній вразливості до різних факторів. Визначення критеріїв для оцінки якості довкілля є важливим завданням, бо воно визначає вплив на "корисні" популяції, які є економічно важливими. Однак, багато пропозицій альтернативних показників не мають широкої визнаності і не включені до нормативних документів.

Моніторинг земель використовує різноманітні методи для оцінки, контролю та аналізу стану земельних ресурсів. Серед найпоширеніших методів та цілей моніторингу можна виділити:

Терестріальний моніторинг- наземні спостереження, включаючи вимірювання властивостей ґрунтів, водних ресурсів та рослинного покриву.

Геоінформаційні системи (ГІС)- аналіз та управління географічною інформацією для створення карт та моделей земель.

**Цілі моніторингу включають:**

Слідкування за змінами в розміщенні земельних угідь, їхньому стані та використанні для виявлення можливих проблем;

Вивчення ступеня ерозії та пошкодження ґрунтів для розробки заходів з їх захисту;

Виявлення та оцінка рівня забруднення земель хімічними речовинами, включаючи важкі метали та пестициди;

Забезпечення інформацією для планування використання земельних ресурсів для сільського господарства, житлового будівництва та інфраструктури;

Забезпечення ефективного управління земельними ресурсами для збереження біорізноманіття та екосистем;

Ці методи і цілі разом допомагають у кращому розумінні стану земель та допомагають приймати обґрунтовані рішення з їх збереження та раціонального використання. Моніторинг земель на державному та регіональному рівнях є ключовим завданням для забезпечення ефективного використання та охорони земельних ресурсів.

Моніторинг земель на рівні держави та регіонів є ключовим завданням для ефективного управління та збереження земельних ресурсів. На державному рівні:

-Розробка національних стратегій управління земельними ресурсами, що включає в себе правила використання, збереження та відновлення земель;

-Установлення норм використання земель, контроль забруднення та встановлення екологічних стандартів;

-Створення та управління системою збору та аналізу даних про земельні ресурси на рівні країни;

-Розроблення законодавства, що регулює використання земель та їх захист, включаючи питання власності та прав на володіння;

Моніторинг земель сільськогосподарського призначення на рівні держави включає в себе систему оцінки, спостереження та аналізу земельних ресурсів у межах країни. Ця практика зазвичай охоплює ділянки, які використовуються для сільського господарства та мають значний вплив на продовольчу безпеку, економіку та екологію країни. На рівні держави моніторинг земель сільськогосподарського призначення включає ряд аспектів. Рисунок 1.2



Рисунок 1.2. Моніторинг земель сільськогосподарського призначення на державному рівні

Система збору даних передбачає реєстрацію та збір інформації про земельні ділянки, включаючи власників, види використання, розміри та границі земельних ділянок. Визначення рівня плодючості земель для вирощування рослин, визначення стану ґрунтів та необхідних заходів для їх збереження передбачає Оцінку родючості ґрунтів. Моніторинг змін використання земель являє собою систему показників за змінами у призначенні та використанні земельних ділянок – конвертація земель для сільськогосподарських цілей, індустріального використання, будівництва та інфраструктури. Виявлення

можливих проблем ерозії, забруднення ґрунтів хімічними речовинами, впливу сільськогосподарських практик на навколишнє середовище висвітлює Екологічний моніторинг. Планування розвитку та використання отриманих даних для розробки стратегій збереження родючості ґрунтів, планування раціонального використання земельних ресурсів та підтримки стійкого розвитку.

Ціллю системи моніторингу на державному рівні є забезпечення ефективного використання земельних ресурсів, збереження родючості ґрунтів та забезпечення сталого розвитку аграрного сектору країни.

Моніторинг земель на регіональному рівні передбачає:

- моніторинг стану земельних ресурсів в конкретних районах для вирішення проблем на місцевому рівні;

- розробляти стратегії використання землі, враховуючи специфіку регіонів, їхні особливості та потреби;

- контролювати використання земель для будівництва, сільського та лісового господарств, планування та нагляд за ними;

- підтримувати та реалізовувати ініціативи на місцевому рівні для збереження та відновлення земельних ресурсів.

Моніторинг земель як на державному так і на регіональному рівнях допомагає визначати пріоритети у розвитку, ефективно управляти земельними ресурсами та захищати навколишнє середовище для сталого та екологічного розвитку країни чи регіону.

### **1.3 БПЛА в галузі моніторингу**

Безпілотні літальні апарати використовуються для збору географічних даних через спостереження. З розвитком автономних і мережевих транспортних засобів появляються нові сервіси та додатки, пов'язані з безпілотниками. Але розпізнавання рухомих транспортних засобів залишається складною задачею для БПЛА. Методи виявлення таких об'єктів

відповідають точності реєстрації зображень, адже платформи БПЛА часто змінюють своє положення. Точні методи реєстрації зображень потребують значних обчислювальних ресурсів для реалізації в реальному часі.

Деякі вчені пропонують використовувати камери безпілотних літальних апаратів для виявлення транспортних засобів. У своєму підході вони використовують згорткові нейронні мережі для точної ідентифікації транспортних засобів у реальному часі. Їх метод включає порівняння суміжних об'єктів, класифікацію пікселів як фон або потенційні цілі, а нейронна мережа БПЛА навчається розпізнавати потенційні цілі як транспортні засоби. Цей підхід вже показав приблизно 90% точності виявлення транспорту на основі зображень, отриманих від БПЛА.

Для виявлення доріг використовується алгоритм спостереження за ними через сегментацію зображень. Цей алгоритм забезпечує ефективну сегментацію двовимірних кольорових зображень, дозволяючи виявити дороги. Крім цього, для спостереження за дорогами використовується методика, що базується на вирівнюванні гомографії. Цей підхід об'єднує відеодані з БПЛА з моделюванням трафіку, поліпшуючи моніторинг і контроль руху в реальному часі. Але основна проблема - обмежений час польоту БПЛА, який може бути використаний для збору даних без підзарядки.

Ці дослідження спрямовані на поліпшення безпеки систем спостереження за дорожнім рухом, використовуючи безпілотні літальні апарати (БПЛА). У подібних дослідженнях застосовуються безпілотники вагою до 5 кілограмів, які можуть літати до 6 годин, мають телеметрію на відстань 1,5 кілометра і здатні нести корисне навантаження масою до 2 кілограмів. Система складається з п'яти компонентів: приймача сигналу, радіопередавача, модема для польотних даних, комп'ютера для відображення БПЛА на карті та системи відеозв'язку в режимі реального часу.

Основна мета цих досліджень - покращення ефективності та точності систем спостереження за дорожнім рухом, використовуючи безпілотні літальні апарати. Для покращення системи виявлення транспортних засобів,

вчені використовують згорткові нейронні мережі для більш точної ідентифікації транспортних засобів у реальному часі. Цей підхід включає кілька етапів, таких як порівняння суміжних об'єктів, класифікація пікселів об'єктів як фону або потенційних цілей, навчання нейронної мережі на потенційних цілях для класифікації їх як транспортні засоби або фону. Цей підхід досягає точності виявлення близько 90% і може бути використаний для системи виявлення та стеження за транспортними засобами на основі зображень, зібраних БПЛА.

Додатково, використання БПЛА для спостереження за дорогами дозволяє отримувати динамічну інформацію про транспортні засоби, таку як їх місцезнаходження і швидкість в реальному часі. Щоб досягти цього, вчені розробили систему, яка включає реєстрацію зображень, витяг зображень, визначення форми транспортного засобу і його стеження. Ця система використовує унікальні елементи, які дозволяють налаштовувати транспортний потік і рух транспортних засобів, а також використовувати декілька суміжних зображень для підвищення точності виявлення і стеження за транспортними засобами. Вона також забезпечує можливість точного збору параметрів транспортного потоку в реальному часі.

Сільське господарство вже використовує супутникові і повітряні платформи для дистанційного дослідження. Проте обмеження, такі як груба роздільна здатність і вплив хмар, спонукають до використання безпілотних літальних апаратів (дронів) для отримання високоякісних зображень.

Дрони з високороздільними цифровими камерами використовуються для оцінки біомаси рослин, таких як соя, люцерна і кукурудза. Також використовуються дрони з тепловими та багатоспектральними камерами для вимірювання біофізичних параметрів, наприклад, для визначення рівня води виноградників.

Використання безпілотних літальних апаратів в дистанційних дослідженнях приносить користь в різних галузях, включаючи археологію, моніторинг рослинності та інші дослідження. Вони дозволяють проводити

спостереження в небезпечних або важкодоступних місцях і безперервно відслідковувати зміни, збираючи високоякісні дані. Наприклад, у сфері археології дрони використовуються для документування археологічних розкопок і створення детальних карт територій

Безпілотні літальні апарати активно використовуються для моніторингу рослинності. Загалом, використання безпілотних літальних апаратів у сільському господарстві виявляє значний потенціал для поліпшення аналізу продуктивності, ефективного управління ресурсами та моніторингу сільськогосподарських угідь. Вони забезпечують детальні дані високої точності, що сприяє прийняттю обґрунтованих рішень і підвищенню ефективності сільського господарства.

Так, безпілотні літальні апарати мають великий перевагу у здатності використовувати різні типи камер. Це можуть бути звичайні відеокамери для видимого спектру або теплові камери, які реєструють теплове випромінювання. Ця різноманітність камер суттєво розширює можливості безпілотників у виявленні об'єктів та цікавих точок, особливо в нічний час, коли теплове випромінювання від предметів, тварин, транспорту чи вогню може бути використано для їх локалізації.

#### **1.4 Методи обробки інформації моніторингу земель**

Протягом останніх десятиліть інтенсивний розвиток сільського господарства спричинив значну деградацію земель. Це великим чином пов'язано зі зростанням вітрової та водної ерозії, що стало результатом широкомасштабного оброблення землі. Україна зазнала впливу водної та вітрової ерозії на площі понад 14,9 млн гектарів сільськогосподарських угідь, що становить 35,2% їхньої загальної площі. Це призвело до серйозних проблем у відновленні природного потенціалу ґрунтів для біоенергетичних потреб.

Щорічні втрати гумусу через мінералізацію та ерозію ґрунтів складають 32–33 млн тон, що відповідає 320–330 млн тон органічних добрив. Еколого-економічні втрати від ерозії перевищують 9,1 млрд гривень. Ефективність використання земельних ресурсів стає ще складнішою через зростання комплексності її характеру, особливо в технічному, економічному, соціальному та екологічному аспектах. Ситуація в Україні стала настільки критичною, що подальша деградація земельних ресурсів у сільському господарстві може мати катастрофічні наслідки. У процесі земельної реформи було недооцінено багато факторів, що впливають на ефективне використання землі, включаючи спрощений механізм формування земельних ділянок, відсутність регулювання власності та оподаткування, відсутність ефективної системи управління земельними ресурсами і неповний кадастр земель.

Ці дані підкреслюють актуальність питань щодо підвищення ефективності моніторингу земель сільськогосподарського призначення за допомогою безпілотних літальних апаратів. У сучасних умовах зростаючого розвитку суспільства та складності інфраструктури, інформація стає ключовим ресурсом для ефективного управління землекористуванням. Всі управлінські рішення та дії базуються на цій інформації. Сучасні інформаційні технології, зокрема безпілотні літальні апарати, геоінформаційні системи, GPS та дистанційне зондування Землі, стали важливими засобами для підвищення ефективності проведення моніторингу земельних ресурсів зокрема.

Сучасні ГІС стали невід'ємним інструментом для розв'язання завдань, пов'язаних із просторово-розподіленою інформацією, таких як збереження вихідних даних, ефективна обробка просторової інформації, візуальний та геостатистичний аналіз, а також генерація картографічних інформаційних продуктів. Завдання ефективного опрацювання даних моніторингу земель потребує використання сучасних методів та інформаційних технологій для прийняття рішень. Ці системи базуються на використанні ГІС для аналізу та візуалізації просторових даних отриманих за допомогою літальних



безпілотних апаратів, а також на методах підтримки прийняття рішень, включаючи багатокритеріальний аналіз рішень.

Впровадження сучасних ГІС та перехід до автоматизованого ведення земельного кадастру створює можливості для ефективного управління землекористуванням на національному рівні зокрема. Вони також сприятимуть створенню автоматизованого опрацювання даних моніторингу земель і сприяють розвитку ефективних регіональних ГІС в Україні, що можуть бути використані не лише для управління земельними ресурсами, але й для вирішення завдань просторового розвитку регіонів.

Опрацювання даних моніторингу земель - це процес, який включає збір, аналіз та тлумачення даних, зібраних з різних джерел, для оцінки екологічного стану. Ця процедура включає в себе різноманітні етапи та методи:

- збір інформації це початковий етап, під час якого здійснюється збір даних про земельні ділянки, використовуючи різні технології, такі як GPS, супутникові знімки, терестріальні обстеження та інше. Отримані дані піддаються обробці, уточненню та стандартизації, включаючи геопросторовий аналіз та обробку зображень;

- аналіз та інтерпретація даних метаяких виявлення тенденцій, змін у використанні земель, оцінка рівня забруднення та розробка стратегій управління земельними ресурсами;

- візуалізація результатів отриманих результати можуть бути представлені у вигляді карт, графіків, діаграм тощо, для кращого розуміння та прийняття рішень;

- прогнозування та моделювання проводиться на основі отриманих даних можна розробляти прогнози щодо майбутніх змін у земельному використанні та оцінювати вплив різних факторів на земельні ресурси;

- використання результатів передбачає оцінку та узагальнення результатів дозволяють розробляти стратегії збереження та раціонального використання земель.

Опрацювання інформації з моніторингу земель є важливим етапом для ухвалення обґрунтованих рішень у сфері земельних відносин, охорони навколишнього середовища та розвитку територій.

Аналіз якості та придатності земель для сільськогосподарського використання, будівництва, промисловості та інших цілей в рамках конкретного регіону. Виявлення та аналіз змін у використанні земель, забудові, екологічному стані тощо на території регіону. Спостереження за станом екології, виявлення проблем забруднення, раціонального використання природних ресурсів та їх вплив на здоров'я мешканців регіону. Підготовка звітів і рекомендацій на основі отриманих даних для органів місцевого самоврядування, урядових структур, громадських організацій тощо. Обмін даними та співпраця з іншими регіональними та національними установами для отримання більш повної картини стану земель та природних ресурсів. Використання даних моніторингу для розробки стратегій розвитку територій, управління природними ресурсами, забезпечення стійкого розвитку регіону. Опрацювання цих даних на регіональному рівні допомагає ухвалювати обґрунтовані рішення, спрямовані на збереження земель та ефективне використання ресурсів конкретної території.

Віддалений моніторинг відтворює можливість використання безлічі каналів передачі даних у базовій станції для зберігання та аналізу інформації. Ця можливість є важливою, оскільки дозволяє оперативно реагувати на перевищення порогового рівня за допомогою даних моніторингу. Методологічна база екологічної статистики, що досліджує екологічний стан навколишнього середовища, базується на системному підході.

Опрацювання інформації моніторингу земель включає різні методи, які використовуються для аналізу та опрацювання отриманих даних. На рисунку 1.3 представлено основні складові методів цього процесу.



Рисунок 1.3 Методи опрацювання інформації моніторингу земель

Геопросторовий аналіз передбачає використання географічної інформації для виявлення закономірностей, зв'язків та взаємозв'язків у просторі, що допомагає розуміти проблеми та потенційні можливості використання земель.

Застосування статистичного методу з використанням різних статистичних моделей для аналізу даних, виявлення трендів, кореляцій, варіацій та прогнозування майбутніх подій на основі отриманих даних. Обробка зображень являє собою метод опрацювання знімків, фотографій, картографічних матеріалів. Метод моделювання застосовується з використанням математичних моделей для симуляції та передбачення різних сценаріїв розвитку земельного використання, зокрема, врахування впливу різних факторів на екосистеми. Ці методи сприяють зрозумінню даних, виявленню тенденцій, аналізу стану земельних ресурсів та формулюванню стратегій їх управління та збереження.

Математичне моделювання використовує абстрактні моделі систем, використовуючи математичні символи. Цей процес дозволяє досліджувати зміни у поведінці системи, виходячи з різних параметрів моделі. Для побудови

правильної математичної моделі необхідні значні емпіричні знання, накопичені екологами у різних галузях. У моделюванні навколишнього середовища важливий принцип "не всі зв'язки істинні", що передбачає відбір основних зв'язків для наближення до реальності. Методологія моделювання базується на системному підході, який використовується нарівні з експериментом та спостереженнями. Моделі в екології поділяються на тактичні та стратегічні. Тактичні моделі прогнозують стан окремих екосистем під різними впливами, тоді як стратегічні моделі описують загальні властивості екологічної системи, такі як стійкість і саморегуляція. Методи математико-картографічного моделювання включають створення картографічної моделі, що відображає просторову диференціацію природних компонентів екосистеми та зміни під впливом людської діяльності. Далі, на основі цих даних, створюється математична модель та комп'ютерні програми для їхнього аналізу.

Опрацювання інформації з моніторингу земель - це складний процес аналізу та обробки даних, отриманих під час систематичного спостереження за земельними ресурсами. Ця діяльність включає в себе різноманітні етапи та методи, такі як збір даних, аналіз, картографування, прогнозування та узагальнення результатів для впровадження стратегій збереження і раціонального використання земельних ресурсів.

## 2. ОСНОВНІ ЗАСАДИ ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ.

### 2.1 Завдання та функції використання БПЛА в сільському господарстві

Останніми роками різними підприємствами було розроблено багато БПЛА у складі мобільних авіаційних комплексів, але результати отримані в процесі цієї діяльності — мінімальні, що являє собою прямий наслідок відсутності чіткої позиції заявника до проблем пов'язаних з можливістю науково-промислового комплексу. За даними маркетингових досліджень іноземних компаній, розвиток БПЛА призведе до зростання розподілу системи безпеки польотів та обліку інформації [12]. Над територією України до 2040 р. постійно (у режимі «24\7\365») можуть перебувати у повітрі не менше, як 50 000 БПЛА, об'єднаних в єдину систему надання робіт і послуг для задоволення різних постійно зростаючих потреб економіки, у тому числі сільськогосподарського призначення. Середньостатистична чисельність зайнятих у розробці і виробництві безпілотних авіаційних систем (БАС) становить до 40 000 осіб, а чисельність зайнятих в експлуатації буде забезпечено комплексним рішенням і сягне 100 000 осіб до 2040 р. [13].

БПЛА (безпілотні літальні апарати) здобувають все більшу популярність у сільському господарстві через їхні можливості та переваги:

- БПЛА використовуються для аерофотозйомки та збору даних про стан посівів, рослинності та ґрунту. Це дозволяє фермерам здійснювати більш точне та ефективне ведення сільськогосподарської діяльності, виявляти проблеми росту рослин та оптимізувати використання ресурсів;

- Отримані від БПЛА дані можна обробляти за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, що дозволяє аналізувати здоров'я рослин, виявляти дефекти та потенційні проблеми, а також робити передбачення для підвищення врожайності;

- Деякі БПЛА оснащені системами розпилення агрохімікатів, що дозволяє точно і рівномірно обприскувати поля, використовуючи менше ресурсів та мінімізуючи втрати;

- БПЛА можуть охоплювати великі площі землі швидше та ефективніше, ніж традиційні методи моніторингу. Вони можуть легко літати над угіддями та здійснювати знімання різний час доби, що дає можливість збирати більше даних для аналізу;

- Використання БПЛА може призвести до зменшення витрат на робочу силу, паливо та інші ресурси, оскільки вони працюють автономно та ефективно.

Такі БПЛА стають все більш необхідними в сільському господарстві, допомагаючи фермерам вдосконалювати свою діяльність, підвищувати врожайність та ефективність вирощування рослин.

Сільськогосподарська авіація, а саме використання літальних апаратів для сільськогосподарських потреб, спрямована на проведення аграрних операцій, таких як розпилення добрив (пестицидів, гербіцидів, інсектицидів тощо) на посіви та внесення різних поживних речовин у сільськогосподарські культури. У сільському господарстві безпілотний авіаційний транспорт використовується для підживлення рослин та захисту посівів від хвороб і шкідників, а також для санітарних цілей. Проте вартість таких послуг ускладнює фінансування в сільському господарстві.

**Розвиток транспортного обслуговування сільського господарства передбачає:**

- організаційні та економічні аспекти транспортування;
- впровадження нових технічних рішень для сільськогосподарських підприємств;
- основні напрямки політики транспортування;
- концепцію державної підтримки транспортного обслуговування на селі.

**Суб'єкти, об'єкти та елементи системи повітряних сполучень включають:**

- авіаційні підприємства та експлуатанти літальних апаратів;
- організації, що забезпечують технічні та наземні аспекти польотів;
- установи, що проводять технічне обслуговування літальних апаратів;

-організації, що відповідають за аеродромне та навігаційне забезпечення польотів;

-структури, що здійснюють навчання та підвищення кваліфікації персоналу;

-органи державного контролю малої авіації;

-літальний персонал.

**Також об'єктами авіаційної інфраструктури є:**

-аеродроми, гідроаеродроми, вертодроми, вертолітні майданчики;

-водні причали для гідролітаків;

-пункти заправки палива;

-технічні центри авіаційного обслуговування;

-засоби зв'язку, навігації та метеорологічного спостереження;

-установи для медичного обслуговування та відпочинку персоналу.

**Елементами системи повітряних сполучень є:**

-організація та управління використанням повітряного простору;

-система державного контролю малої авіації;

-координація та контроль польотів літальних апаратів;

-обслуговування повітряного руху;

-система інформаційного забезпечення польотів;

-технічне та наземне обслуговування літальних апаратів;

-забезпечення безпеки авіаційного транспорту;

-система професійної підготовки та сертифікації літального персоналу.

Основним завданням безпілотної авіації в сільському господарстві є такі чинники Рисунок 2.1



Рисунок 2.1 Завдання використання авіації в сільському господарстві

Безпілотники є потужним інструментом для точного та ефективного моніторингу земельних ділянок, що дозволяє збільшити урожайність та оптимізувати аграрні процеси.

Використання комп'ютерних моделей для розуміння та передбачення змін стану земель в різних сценаріях, що допомагає у прийнятті рішень. Ці процеси спрямовані на збільшення рівня знань та розуміння про те, як людська діяльність впливає на земельні ресурси, і на розвиток стратегій для збереження та ефективного використання цих ресурсів. На рисунку 2.2. представлено складові системи моніторингу.





Рисунок 2.2 Складові системи моніторингу.

Основні завдання моніторингу земель включають:

- використання дистанційного зондування Землі для отримання матеріалів.
- поновлення системи моніторингу земель, зокрема мережі опорних пунктів, з врахуванням раціонального розміщення та представницької щільності.
- створення мережі дослідних та еталонних земельних ділянок.
- включення наукових, навчальних та проектних установ до системи моніторингу - земель через опорні пункти земельних ділянок.

- перевага геоінформаційних технологій та створення відповідних баз даних з уніфікованими процедурами збирання, зберігання та обробки інформації.
- використання систем глобального позиціонування для точного визначення географічного положення ділянок, де спостерігаються негативні процеси.
- оцінка заподіяної шкоди земельним ресурсам у разі надзвичайних екологічних ситуацій.
- спостереження за стабільністю продуктивного функціонування орних земель.
- координація та концентрація кадрових та фінансових ресурсів для раціонального використання та охорони земель.

Моніторинг земель є системою спостереження за станом земель з метою своєчасного виявлення змін, їх оцінки, відвернення та ліквідації наслідків негативних процесів.

## **2.2 Загальна характеристика алгоритмів управління БПЛА**

Алгоритми керування безпілотними літальними апаратами (БПЛА) становлять ключову складову, що забезпечує належне функціонування та ефективне виконання завдань цих пристроїв. Вони визначають режими роботи, реагують на зміни у навколишньому середовищі та приймають рішення стосовно політної діяльності, навігації, стабілізації та виконання завдань місії.

Ці алгоритми керування можуть бути реалізовані у вигляді програмного забезпечення, що запускається на вбудованих системах апаратного забезпечення. Вони складаються з послідовності кроків та обчислень, які визначають параметри керування, забезпечують стабільність, обробляють дані від датчиків та приймають рішення про оптимальне управління апаратом.

Основна мета цих алгоритмів - забезпечити безпечний та ефективний політ БПЛА з урахуванням стабільності, точності, маневреності та інших

критеріїв. Вони враховують різноманітні фактори, такі як фізичні обмеження, особливості навколишнього середовища, мету місії та вимоги оператора. Ці алгоритми сприяють плавному та стабільному русі апарату, точності навігації та ефективному виконанню завдань.

Загальна характеристика алгоритмів управління БПЛА полягає в тому, що вони використовують комплексний підхід до керування апаратом. Вони враховують різні параметри та фактори, забезпечуючи стабільність, точність, надійність та безпеку польоту БПЛА. Важливою особливістю цих алгоритмів є їхній розвиток та вдосконалення відповідно до нових вимог та технологічних можливостей.

Зворотний зв'язок управління безпілотними літальними апаратами (БПЛА) є важливою частиною їх системи керування, дозволяючи реагувати на зміни та коригувати роботу засобів. Ці алгоритми ґрунтуються на інформації від датчиків, порівнюючи фактичний стан апарата (виміряні дані) з очікуваним станом (задані параметри). Суть роботи алгоритмів полягає у спостереженні за фактичним станом БПЛА, який відображається в вихідних сигналах датчиків, та його порівнянні з бажаним станом, визначеним заданими параметрами. За результатами цього порівняння алгоритми генерують сигнали управління для корекції поточного стану БПЛА та досягнення очікуваного.

Ці алгоритми використовуються для різних цілей управління БПЛА, включаючи забезпечення стабільності, компенсацію збурень, коригування помилок навігації та виправлення некоректних рухів, спричинених зовнішніми впливами або системними перешкодами. Основна ідея полягає у постійному контролі за фактичним станом безпілота та управління його керуванням на основі цієї інформації. Алгоритми зворотного зв'язку генерують сигнали управління, які коригують його роботу, враховуючи актуальні дані та вимоги до стану апарата. Стабілізація - одна з основних функцій цих алгоритмів. Вони спрямовані на збереження стійкого стану БПЛА, утримання його рівноваги та попередження небажаних коливань або рухів шляхом корекції сигналів

управління. Крім того, алгоритми зворотного зв'язку можуть компенсувати збурення, які впливають на рух БПЛА. Вони аналізують вхідні дані з датчиків, виявляють збурення, такі як турбулентність атмосфери або інші зовнішні фактори, і надсилають відповідні сигнали управління для компенсації цих збурень і забезпечення більш точного та стабільного руху.

Також алгоритми зворотного зв'язку використовуються для коригування помилок навігації. Вони порівнюють позицію, швидкість та орієнтацію БПЛА з заданими значеннями, які визначені місією або оператором. Якщо виникають помилки, алгоритми забезпечують коригування управління, щоб виправити ці помилки і забезпечити точне слідування заданій траєкторії. Таким чином, алгоритми зворотного зв'язку можуть виправляти некоректні рухи. Це включає в себе ситуації, коли БПЛА зіштовхується з перешкодою або стається неконтрольоване відхилення від заданої траєкторії. Алгоритми зворотного зв'язку сприяють виявленню цих некоректних рухів та негайно надсилають відповідні сигнали управління, щоб виправити ситуацію та повернути БПЛА до стабільного та контрольованого режиму.

В загальному, алгоритми зворотного зв'язку використовуються в управлінні БПЛА для виконання наступних завдань:

- Стабілізація: Забезпечення стійкого режиму руху БПЛА та запобігання небажаним коливанням.
- Компенсація збурень: Коригування сигналів управління для компенсації впливу зовнішніх збурень та забезпечення стабільного руху.
- Коригування помилок навігації: Виправлення помилок у визначенні позиції, швидкості та орієнтації БПЛА, щоб досягти точного слідування заданій траєкторії.
- Виправлення некоректних рухів: Виявлення та коригування неконтрольованих відхилень від заданої траєкторії або виявлення зіткнень з перешкодами. Ці алгоритми використовують інформацію з датчиків БПЛА, щоб надати відповідність між фактичним станом системи та бажаним станом.

Вони дозволяють реагувати на зміни в оточенні, коригувати рух та забезпечити точне та контрольоване виконання місії.

Системи стабілізації в безпілотних літальних апаратах (БПЛА) грають ключову роль у підтримці стабільності та орієнтації під час польоту. Їх завдання полягає в управлінні небажаними відхиленнями, коливаннями чи іншими зовнішніми факторами, які можуть впливати на сталість апарату. Системи стабілізації виявляють такі відхилення та висилають сигнали для коригування орієнтації апарату. Для досягнення потрібної стабільності та точності, системи стабілізації використовують різні методи та алгоритми. Системи стабілізації можуть включати в себе алгоритми фільтрації та обробки сигналів, що спрямовані на зменшення шуму, фільтрацію вібрацій та підвищення точності вимірювань. Це сприяє забезпеченню стабільності БПЛА навіть в умовах зовнішніх перешкод або непередбачуваних ситуаціях.

У підсумку, пілотні алгоритми, такі як автопілоти та системи стабілізації, відповідають за керування польотом БПЛА та забезпечення його стійкості, маневровості та точності руху. Вони застосовуються для автоматичного контролю польоту і управління курсом.

### 3. МЕТОДИКА ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ

#### 3.1 БПЛА як основа складова моніторингу земель

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) відкривають нові перспективи для дистанційного картографування та моніторингу з використанням просторово-часових даних. Регулярні зйомки дозволяють відстежувати розвиток гідрологічних процесів та їх наслідки. Автоматизований процес збору та обробки просторової інформації гарантує високу точність результатів.

Хоча технології дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) через космічні апарати та авіацію вже досить вивчені й застосовуються, безпілотні літальні апарати є справжньою революцією у моніторингу та картографуванні підстильної поверхні. Вдосконалення апаратури для зйомок та носіїв корисного навантаження, використання повітряних куль, дирижаблів, а також розвиток цифрових зйомок та активних сенсорів (радарів, лазерних систем) відкривають широкі можливості для БПЛА.

Використання безпілотних літальних апаратів для дистанційного картографування є перспективним методом отримання геодезичних даних для моніторингу. На рисунку 3.1 представлено типи дронів, які використовуються у сільському господарстві та для оцінки стану сільськогосподарських угідь.





Рисунок 3.1 Загальний тип дронів

Безпілотні літальні апарати можуть бути класифіковані за принципом управління: автоматичні, некеровані та дистанційно-пілотовані. Інновації у цій сфері роблять їх доступними для широкого використання, зокрема у виробництві послуг.

Одне з важливих застосувань безпілотних систем – це аналіз земельних і лісових ресурсів, що дозволяє спеціалістам відстежувати зміни на землі та отримувати детальну інформацію про використання земельних ресурсів.

У порівнянні з традиційними методами аерофотозйомки, використання малогабаритних безпілотних літальних апаратів має численні переваги: не потребує спеціальних майданчиків для зльоту, може працювати на мінімальній висоті та в будь-яких погодних умовах. Вони також мають високу роздільну здатність, що дозволяє зафіксувати навіть найдрібніші деталі рельєфу та об'єкти з великою точністю.

Дрони дозволяють здійснювати аерофотозйомку малих об'єктів та майданчиків, де це було б складно чи технічно неможливо для інших методів.

Вони також використовуються у різних галузях, включаючи моніторинг простору, розвідку, екологічний контроль, контроль транспорту та створення географічних інформаційних систем (ГІС), серед іншого.

Ведення сільського господарства згідно з принципами сталого розвитку означає узгоджене поєднання економічних, екологічних та соціальних аспектів управління землями сільськогосподарського призначення. Це спрямовано на збереження лісових ресурсів, їх тривале й невиснажливе використання та підтримку різноманітних функцій лісів на протязі тривалого періоду.

Програма розвитку сільського господарства Львівської області на 2021–2024 роки визначає основні напрями, спрямовані на збалансований розвиток цієї галузі. Серед них – моніторинг засобами БПЛА та посилення екологічних, соціальних та економічних функцій, охорона та захист сільськогосподарських угідь, їх раціональне використання та відтворення.

Для досягнення мети публікації необхідно:

- описати територію та умови лісорослинного покриву на досліджуваній території;
- представити основні аспекти організації лісового господарства.
- вивчити можливості застосування безпілотних літальних апаратів для управління територією лісгосподарського призначення, відповідно до вимог раціонального природокористування.

Важливим застосуванням БПЛА є моніторинг станів посівів. Вони можуть збирати величезну кількість даних з висоти 80-280 метрів, надаючи дуже деталізовану інформацію. Ці дані можуть використовуватися для розрахунку різних параметрів, таких як нормалізований диференційний вегетаційний індекс (NDVI), який дозволяє визначити кількість фотосинтетично активної біомаси рослинного покриву. Це лише невелика частина того, що можуть робити дрони. Вони є універсальними інструментами для багатьох сфер і мають значний потенціал у вирішенні різних завдань, надаючи швидко та точну інформацію відразу великим обсягом.



Існують нормативно-правові акти, що регулюють аерофотознімання, але вони були розроблені для пілотованих повітряних суден і не враховують усіх особливостей використання безпілотних літальних апаратів. Поки відсутні стандарти для перевірки даних, отриманих від БПЛА, тому вимірювання, здійснені за допомогою дронів, вимагають підтвердження шляхом земних методів. Закон не вимагає обов'язкової сертифікації самого апарату чи продукції, отриманої в результаті його застосування.

Існують три типи процедур добровільної сертифікації, що стосуються технічних та програмних комплексів для зйомки, продукції програмно-апаратних комплексів та відповідності технології внутрішнім документам компанії для створення ортофотопланів та цифрових моделей місцевості. Нинішній стандарт визначає компетентність для забезпечення безпеки польотів, але не охоплює етичні аспекти, конфіденційність даних та інші аспекти якості вирішення завдань. Безпілотні авіаційні технології знайшли застосування в різних галузях і мають значний потенціал для вирішення багатьох завдань, від моніторингу до перевезень. Вони управляються програмно-апаратними комплексами з пультів або автономно за попередньою програмою.

Для забезпечення високої точності моніторингу і фотознімання, особливо в складних місцях, устаткування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) повинне включати ряд компонентів:

- супутникову навігаційну систему (GPS);
- телеметрична інформація та радіозв'язок;
- командні та навігаційні радіолінії з антено-фідерним пристроєм;
- бортова цифрова обчислювальна машина;
- запам'ятовуючий пристрій для зберігання інформації;

Сучасні телевізійні камери на БПЛА надають операторам зображення місцевості в реальному часі, дозволяючи точно орієнтуватися і керувати апаратом. Застосування радарів дозволяє отримувати інформацію в будь-який час, навіть у погані погодні умови.

Модульні системи дозволяють зменшити вартість обладнання та пристосувати його під конкретні умови застосування. Системи радіоуправління БПЛА складаються з радарів, радіоліній та систем управління. Останнім часом на борту БПЛА все частіше використовуються цифрові машини з вищою точністю, що забезпечує менші похибки порівняно з аналоговими системами. Такі машини дозволяють отримати більш точні результати завдяки меншим помилкам в обчислювальних і перетворювальних пристроях.

### **3.2 Особливості використання БПЛА для моніторингу земель**

Концептуальні напрямки розвитку безпілотних засобів в інтересах вирішення завдань національної безпеки та економіки визначаються, з одного боку, співвідношенням між важливістю й обсягами завдань, які необхідно і потрібно ефективно вирішувати за допомогою повітряних платформ без людини на борту, з іншого, – вартістю розроблення, виробництва, експлуатації безпілотних засобів та ефективністю їх застосування, що значною мірою залежить від рівня розвитку науки, техніки і технологій.

Важливо враховувати, що успіх таких систем суттєво залежить від рівня наукових досліджень, технічного прогресу та інновацій в сфері науки та технологій. Підходи до їхнього вдосконалення і розвитку повинні забезпечити баланс між потребами в сучасних рішеннях для різних сфер, включаючи національну безпеку та економіку, і фінансовою доцільністю їхнього впровадження та функціонування. Такий баланс потребує уважної уваги до призначення цих систем, їхнього технічного забезпечення та функціональних можливостей, а також ефективного використання наукових розробок та технологічних новацій. Малогабаритні безпілотні літальні апарати (БПЛА) справді змінюють аерофотозйомку територій, надаючи чимало переваг порівняно з використанням великогабаритних пілотованих літаків.

Одна з основних переваг малогабаритних БПЛА - це їхня маневреність та швидкість розгортання. Вони не вимагають спеціальних злітно-посадкових майданчиків, що робить їх гнучкими у використанні. Також вони можуть літати на менших висотах, ніж традиційні літаки, дозволяючи отримувати більш деталізовану інформацію.

Малогабаритні БПЛА використовують наземні інформаційні комплекси для ефективного управління. Ці комплекси базуються на обчисленні координат повітряного об'єкту, дозволяючи здійснювати точне визначення поточних координат апарату. Отже, малогабаритні БПЛА стали значним проривом у зйомці з повітря, дозволяючи отримувати високоякісні дані швидше, ефективніше і в умовах, які були б складнішими для традиційних літаків. Даний вид повітряного моніторингу прекрасно підходить для аналізу природних ресурсів та надає унікальну можливість відстежувати зміни у використанні земельного фонду. Одним з перспективних інструментів, що використовуються в екологічному моніторингу, є БПЛА. Взагалі за допомогою БПЛА будують ортофотоплани, цифрові моделі місцевості та 3D-моделі, які є досить економічно вигідними і зручними у плані економії часу та грошей (рис. 1).

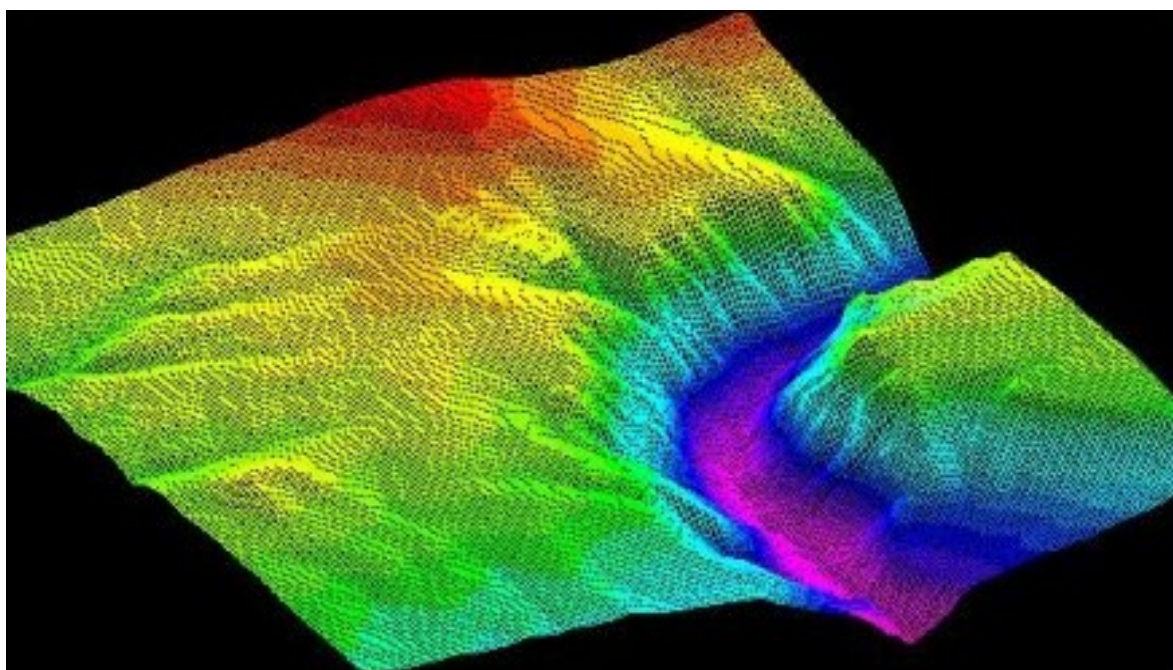


Рисунок 3.2 Тривимірна модель місцевості

Так, безпілотні технології стають все більш доступними та широко використовуваними у цивільних галузях. Розвиток цих систем і послуг, пов'язаних з ними, відбувається досить швидко, що формує нову індустрію. Повітряний моніторинг, здійснюваний за допомогою безпілотних систем, виявляється вельми ефективним для аналізу природних ресурсів та відстеження змін у використанні земельних ресурсів. Аналіз різних методів моніторингу дійсно дозволяє визначити переваги та недоліки в різних діапазонах. Таблиця 1

Таблиця 1

### Аналіз різних методів екологічного моніторингу ґрунтів

Метод моніторингу	Переваги	Недоліки
Наземні виміри	Можливість детального дослідження, висока точність результатів досліджень.	Обмеженість людських ресурсів та спеціальної техніки.
Аерофотозйомка	Обсяг робіт, що виконується одним виконавцем зростає, а вартість робіт знижується на 15-20% (в порівнянні з наземними вимірами). Літак може літати нижче за хмари або повторити політ наступного дня. Можливо отримувати зображення з просторовим розрізненням до декількох сантиметрів.	Висока вартість оренди літальних засобів, як наслідок низька періодичність спостереження. Трудомісткість та великі витрати при обробці результатів.
Космічна зйомка	Велика смуга огляду. Одночасне одержання зображень у видимому і інфрачервоному діапазонах. Висока періодичність спостереження. Швидкість і зручність оброблення цифрових даних.	Залежність від погодних умов (хмарність) в оптичному діапазоні. Висока ціна всепогодних (радіолокаційних) космічних знімків.

Операційна гнучкість, здатність літати на невеликій висоті, високе просторове розрізнення та можливість оперативного управління земельними ресурсами - це лише деякі з переваг такого підходу.

Управління БПЛА базується на наземному інформаційному комплексі, що дозволяє визначати поточні координати повітряного об'єкту на основі базису та відстаней до літального апарату. Крім того, для забезпечення ефективності виконання завдань пов'язаних з екологічним моніторингом використовується резервування елементів з підвищеним рівнем надійності та системи вбудованого контролю. Управління БПЛА у природокористуванні, що базується на результаті аналізу аерофотоматеріалів, допомагає полегшити і

прискорити виробничий процес без втрати якості виробництва. Цей підхід дозволяє швидко отримувати і обробляти інформацію з фотографій, що дозволяє приймати ефективніші та збалансованіші рішення.

Моніторинг земель стає надзвичайно важливим, оскільки спрямований на дослідження та оцінку впливу людської діяльності на ґрунти. Він враховує особливості землекористування, наявність цінних сільськогосподарських угідь та різні види забруднень, такі як хімічні, біологічні та радіоактивні, а також небезпечні інженерно-геологічні явища. Під час моніторингу аналізуються різні аспекти, включаючи характеристики гумусового складу, механічні і водно-фізичні властивості, а також родючість і рівень деградації ґрунтів. Результати моніторингу використовуються для обґрунтування заходів, спрямованих на запобігання або зменшення негативного впливу на ґрунти, відновлення родючості, рекультивацію тимчасово вилучених з використання земель і поліпшення якості малопродуктивних земель.

Моніторинг земель - це система спостереження за станом ґрунтів з метою виявлення змін, їх оцінки та управління негативними наслідками процесів. Вона передбачає збір, обробку, зберігання та аналіз інформації про стан земель, прогнозування змін та розробку науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень з метою збереження екологічної безпеки. Моніторинг земель є новаторським інструментом для аналізу відносин у галузі земельних ресурсів та розробки відповідних управлінських рішень. Ця система проводиться на різних рівнях територіального управління, включаючи райони та міста обласного рівня.

Також актуальним при моніторингу сільськогосподарських угідь є вимірювання площ полів в реальному часі. Переваги вимірювання площі полів за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА) представлено на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3. Переваги вимірювання площі полів за допомогою безпілотних літальних апаратів

Ці переваги роблять безпілотні літальні апарати корисним інструментом для удосконалення та оптимізації процесів у сільському господарстві. На рисунку 3.4 показано вимірювання площ сільськогосподарських угідь БПЛА



Рисунок 3.4 Вимірювання площ сільськогосподарських угідь БПЛА

Поля вимірюються безпілотником відповідно до стандартних процедур. Дрони автоматично злітають та сідають, а політ виконується за попередньо заданим маршрутом. Під час польоту над полем безпілотник здійснює аерознімання, отримуючи фотографії високої якості. Кожен знімок містить повну цифрову інформацію, таку як:

- кут експонування;
- телеметричні дані;
- географічні координати центральної точки фотографії;
- висота, з якої була виконана аерознімання.

На рисунку 3.5 представлено процес знімання визначення площ БПЛА

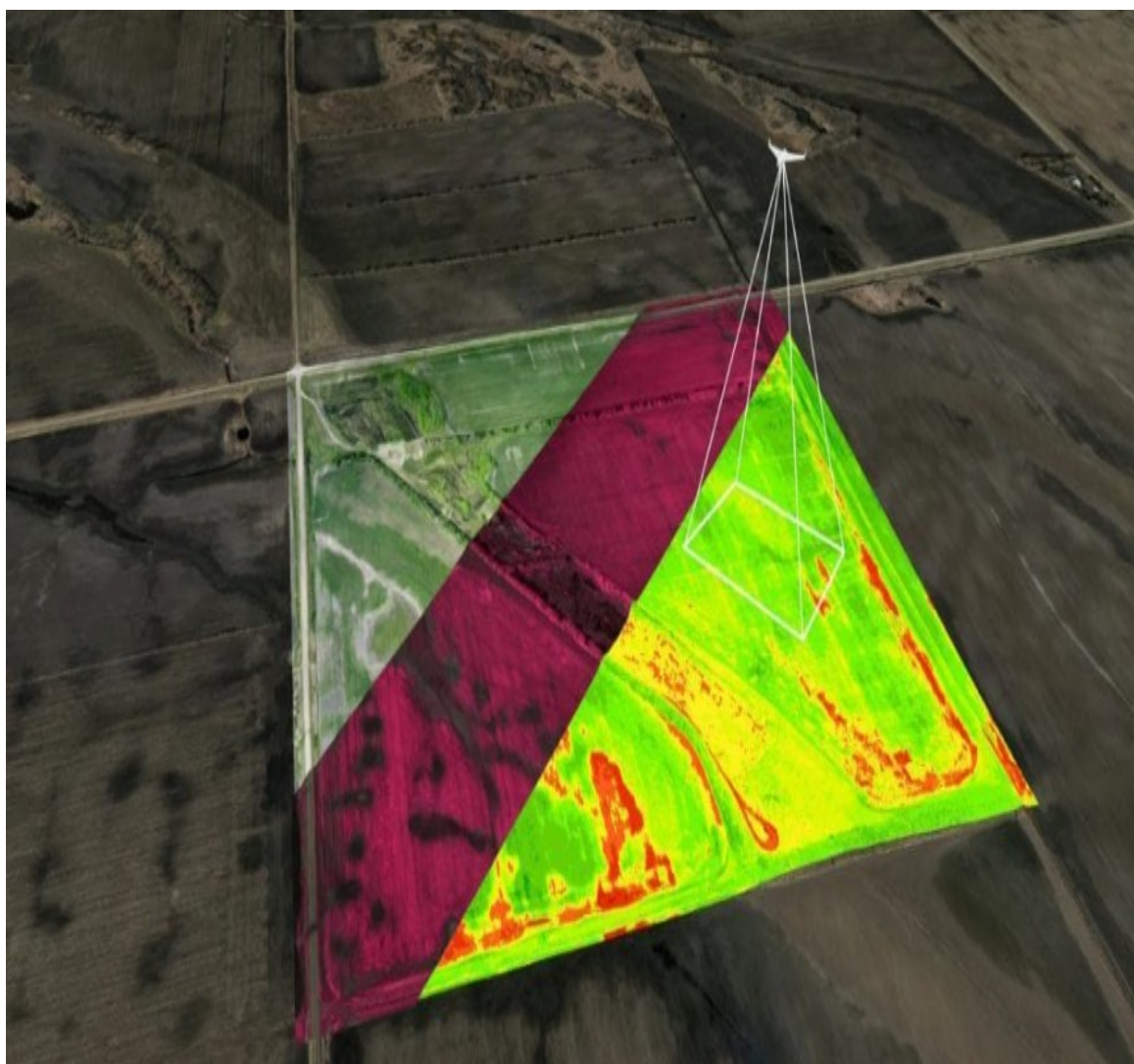


Рисунок 3.5 Процес знімання визначення площ БПЛА

Аерофотознімання БПЛА місцевості є основою моніторингу для подальшого аналізу та обробки даних. Вона надає широкі можливості для збору та оцінки інформації про об'єкти території, а також про вплив на них різних факторів та процесів життєдіяльності, виконуючи збір даних без прямого фізичного втручання на місці. Знімання з висоти використовується для різних цілей, таких як планування посівів, проведення інспекцій та складання карт, а також прогнозу врожайності.

У результаті цього процесу формується ортофото, яке може бути використане для створення ортофотопланів для будь-яких територій.

Ортофотоплани знаходять широке застосування на сільськогосподарських полях для проведення різноманітних аналізів та моніторингу. Вони дозволяють отримати детальну інформацію про структуру земель, визначити області з різними видами рослинності, аналізувати урожайність та потенційні ризики на польових ділянках.

Ці дані стають основою для прийняття рішень у вирощуванні рослин, оптимізації використання ресурсів, визначення зон для збірної урожайності та виявлення проблемних областей для подальшого аналізу та втручання. Такі плани допомагають фермерам та агрономам ефективніше управляти сільськогосподарськими землями та робити інформовані рішення з удосконалення агротехнік.

Результатом знімання з безпілотного літального апарату є знімки, які подальше використовуються для створення ортофотоплану. Застосування програмного забезпечення Agisoft Metashape включає поетапну обробку цих знімків. Початковий етап включав прив'язку опорних точок та вирівнювання фотографій, що служить основою для створення щільної хмари точок для класифікації рельєфу. Далі була проведена обробка та створення карти висот, а також формування ортофотоплану. Важливим етапом є редагування ліній різку знімків, що необхідно для уникнення спотворень та забезпечення якісного переходу на місці перекриття фотографій. Також був детально розглянутий приклад використання ортофотоплану для моніторингу сільськогосподарських



угідь у контексті інтегрованої геоінформаційної платформи GreenSpaces від LATSCHBACHER Україна. Це програмне забезпечення призначено для проведення детальної інвентаризації, управління та планування робочих процесів, моніторингу земельних ресурсів і т. д. Застосування ортофотопланів в цій платформі дозволяє створити мапу та актуальну базу ГІС даних для проведення детального моніторингу земель.

#### **4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

До основних екологічних проблем, які спостерігаються за останні 10-15 років можна віднести: кислотні дощі, руйнування озонового шару, потепління клімату, накопичення відходів, особливо токсичних та радіаційних, зниження біологічного різноманіття, тощо.

Земельний фонд України становить 60 млн. га і представлений переважно різновидами чорноземів, котрі займають 57% всіх сільськогосподарських угідь і становлять 68% орних земель. В середньому на одного мешканця України припадає 0,8 га сільськогосподарських угідь.

Широке коло проблем, включає екологічна безпека в тому числі і заходи по організації раціонального використання природних багатств, збереженню, відтворенню і поліпшенню природного середовища, створення максимально сприятливих екологічних умов для життя і виробничої діяльності населення, охорони його здоров'я, постійного нарощування виробництва екологічно чистих, високоякісних і вітамінних продуктів харчування.

Збереженню, відтворення і поліпшення природного середовища, раціонального використання природних багатств, які здійснюються в умовах створення механізму ринкової економіки, та бажаний стан довкілля на землі можна забезпечити тільки на основі їх планування та управління. Вирішальна роль у безпеці кожної людини і суспільства в цілому належить самому суспільству, економічній суті даного соціально-економічного ладу і визначальному їм праву, як найбільш ефективному регулятору суспільно-економічних відносин між людьми і природою.

##### **Стан ґрунтів та використання земельних ресурсів**

Антропогенний вплив, а також розгул стихій, природних та посилених людиною, завдає ґрунтам величезної, інколи непоправної шкоди. Це, насамперед, водна і вітрова ерозія, погіршення ґрунтової структури, механічне руйнування та ущільнення ґрунту, постійне збіднення на гумус та поживні речовини, забруднення ґрунту мінеральними добривами, отрутохімікатами, мастилами та паливом, перезволоження та засоленість земель.

Родючість є важливою властивістю землі, що відрізняє її від інших засобів виробництва. Завдяки родючості земля має ту особливість, через яку прийнято називати її продуктивною силою.

Втрата ґрунтами грудкуватої структури у верхньому горизонті відбувається внаслідок постійного зменшення вмісту органічних речовин, механічного руйнування структури різноманітними знаряддями обробітку, а також під впливом опадів, вітру, перепаду температур тощо.

Ще однією причиною втрати родючості є багаторазовий обробіток ґрунтів різними знаряддями за допомогою потужних і важких тракторів. Часто поля протягом року обробляються до 10-12 разів.

Важливою проблемою в умовах сьогодення є постійне зменшення вмісту гумусу. Однією із основних причин цього є споживацький підхід до землі, намагання якнайбільше з неї взяти і якнайменше їй повернути. А гумус витрачається не тільки на мінералізацію речовин, а й виноситься з ґрунту в процесі ерозії, з коренеплодами та бульбоплодами, на колесах транспортних засобів, руйнується під впливом різноманітних хімічних речовин.

Внаслідок внесення високих доз мінеральних добрив ґрунт забруднюється баластними речовинами - хлоридами, сульфатами. Ґрунти також забруднюються відпрацьованими газами тракторів, комбайнів, автомобілів, мастилами та пальним, які з них виливаються під час роботи на полях.

Таке використання та погіршення якості земель, особливо в умовах осушення вимагає вжиття термінових науково - обґрунтованих заходів, що сприятимуть значному підвищенню родючості ґрунтів та отриманню екологічно чистих продуктів харчування. Ґрунтові обстеження території Закарпатської області за останні роки проводилися двічі. Від періоду першого ґрунтового обстеження до другого пройшов невеликий термін проте зміни властивостей ґрунтів, особливо дерново – підзолистих, відбулися значні. До основних причин цих змін відноситься осушення і хімічна меліорація. За ці роки проведено осушення майже всіх перезволожених площ, проводилося і

вапнування. Осушення проводилося згідно проектів і під наглядом відповідних організацій, але вапнування і було пущено в основному, на самовплив, а через це деякі площі вапняку внесено надмірну кількість, а деякі залишилися не вапнованими. Саме тому в подальшій господарській діяльності необхідно вапнуванню приділяти належну увагу. Як недостатньо провапнований ґрунт так і надмірно – призводить до погіршення поживного режиму ґранту і до зменшення врожаю.

При удобренні мінеральними добривами особливу увагу слід звернути на їх склад і концентрацію. Так, при вирощуванні культур на орних землях, використовують, як правило, концентровані форми мінеральних добрив. Концентровані мінеральні добрива майже не містять в собі мікроелементів, необхідних для росту і розвитку сільськогосподарських культур і для покращення якості врожаю. В осушених землях з дренажними водами виносяться як макро- і мікроелементи, а внесення великої кількості вапна підсилює цей процес. Друга причина, що збіднює ґрунт на макро- і мікроелементи - це відчуження значної кількості елементів високих врожаїв.

Рациональне використання земель з застосуванням запроектованих сівозмін, внесення відповідних норм органічних і мінеральних добрив, висока культура землеробства сприятиме підвищенню врожайності сільськогосподарських культур та збереженню і відновленню родючості ґрунтів.

В умовах складного рельєфу слід значну увагу приділити комплексу агротехнічних заходів, які включають планування щільовання, оранка поперек схилу, кротування тощо.

### **Водні ресурси, їх стан та охорона**

Вода є потужним розчинником і живі організми використовують водні розчини для функціонування біологічних процесів. Водні ресурси необхідні для життя, оскільки беруть участь у кожному процесі, що відбувається в рослинах та у живих організмах.

Найбільшими споживачами і одночасно забруднювачами природних вод є використання міндобрив, пестицидів та інших хімікатів, функціонування

тваринницьких комплексів, зрошування земель є агропромислове виробництво, а також забруднення природних вод побутовими стоками.

Детальний аналіз стану малих річок України проведений науковцями, показав, що вони забруднені на порядок більше, ніж великі, що пояснюється не тільки їх малою водністю, але й недостатньою охороною. Деградація, висихання малих річок призводить до деградації великих рік, тому проблема їх збереження й оздоровлення є однією з найгостріших для України.

Згідно Водного кодексу та Положення “Про водоохоронні зони і прибережні смуги малих річок і водоймищ” в комплексі природоохоронних заходів передбачено водоохоронні зони і прибережні смуги.

В межах сільської ради та за межами населеного пункту проводиться значна робота з охорони вод від забруднення, що зводиться до розробки схеми комплексного використання і охорони вод, згідно з якими вибір ділянок під будівництво об’єктів, а кожен проект будівництва і реконструкції промислових та інших об’єктів проходить екологічну експертизу.

В межах водоохоронних зон виділені земельні ділянки під прибережні захисні смуги шириною 25 – 50 м. Вони є природо – охоронною територією з режимом обмеженої господарської діяльності, де забороняється:

- 1) розорювання земель (крім підготовки ґрунту для залуження і заліснення), а також садівництво та городництво;
- 2) зберігання та застосування пестицидів і добрив;
- 3) влаштування літніх таборів для худоби;
- 4) будівництво будь-яких споруд (крім гідротехнічних, гідрометричних та лінійних), у тому числі баз відпочинку, дач, гаражів та стоянок автомобілів;
- 5) влаштування звалищ сміття, гноєсховищ, накопичувачів рідких і твердих відходів виробництва, кладовищ, скотомогильників, полів фільтрації тощо;
- 6) миття та обслуговування транспортних засобів і техніки (стаття 61 Земельного кодексу України).

Особливу увагу слід приділити завданням з охорони підземних вод від забруднення шляхом будівництва штучних екранів в основі хвостосховищ, звалищ тощо.

### **Охорона атмосферного повітря**

В останні роки занепокоєння викликає стан атмосферного повітря. Атмосфера містить певну кількість домішок, котрі зумовлюються природними та антропогенними джерелами, а рівень забруднення атмосфери природними джерелами є фоновим і несуттєво змінюється з плином часу.

Природа донедавна досить успішно ліквідувала різноманітні забруднення, оскільки атмосфера має могутні властивості самоочищення, але нині вона з цим завданням вже не справляється.

Основними джерелами забруднення атмосфери відносяться як промислові так і побутові процеси - випаровування в повітря шкідливих газів з тваринницьких ферм, зокрема, при несвоєчасній очистці приміщень та неправильному зберіганні гною; накопичення у тваринницьких приміщеннях аміаку, вуглекислого газу та шкідливих мікроорганізмів при відсутності належної вентиляції; викидні гази двигунів тракторів, комбайнів, автомобілів та інших машин, які використовуються на виробництві; випаровування нафтопродуктів при неправильному їх зберіганні та використанні, втратах на машинних дворах, у майстернях, сховищах пального та мастил; викиди побутових підприємств - котельні, цехи з переробки сільськогосподарської продукції.

### **Стан охорони і примноження флори і фауни**

Стан навколишнього природного середовища значною мірою визначається рівнем лісистості та якісним станом лісів. Ліси переважно виконують захисні водоохоронні та санітарно – гігієнічні функції. Однак вони інтенсивно експлуатуються, гинуть від пожеж, внаслідок недбалого відведення земель з вирубкою під різного роду будівництво. Їх стан зумовлений не лише рівнем та інтенсивністю антропогенного впливу, але й

зростаючим техногенним навантаженням, що порушує природну стійкість і функції котрі формують середовище лісових екосистем.

## **5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ ВІД НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

Поняття про охорону праці Охорона праці являє собою систему правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних засобів та заходів, що спрямовуються на збереження життя, здоров'я, працездатності людини в процесі трудової діяльності.

Керівник підприємства повинен організовувати та забезпечувати контроль трудової діяльності працівників у відповідності до вимог Закону України «Про охорону праці» та проводять забезпечення безпечних умов праці на робочому місці. Працівники при прийомі на роботу та в процесі виконання робіт повинні проходити інструктаж, а також вивчення за кошти роботодавця інструкцій з охорони праці, надання першої медичної допомоги, знати та вміти застосовувати на практиці навички невідкладної допомоги потерпілим у разі виникнення нещасних випадків, знати правила поведінки у надзвичайних ситуаціях. Працівники, що виконують роботи з підвищеною небезпекою чи на посадах з необхідним професійним добором, як інспектори рибоохорони, повинні кожного року проходити за рахунок роботодавця спеціальне навчання та перевірку знань до нормативно-правових актів з охорони праці. Посадові особи, що відповідальні за організацію безпечного ведення робіт при прийнятті на роботу та періодично раз на три роки повинні проходити навчання та перевірку знань з питань охорони праці.

Порядок проведення навчання, а також перевірки знань посадових осіб з охорони праці визначені типовим положенням, яке затверджується уповноваженим центральним органом виконавчої влади з нагляду за охороною праці. До виконання робіт не допускаються працівники та посадові особи, що не пройшли навчання, інструктажі та перевірку знань з охорони праці. Якщо у працівника чи посадової особи виявляються незадовільні знання з охорони праці то вони зобов'язані протягом місяця пройти повторне навчання та перевірку знань. Відповідальний за організацію, навчання та



перевірку знань працівників та проведення інструктажів з питань охорони праці, є керівник підприємства.

Головними факторами травматизму виступають водне середовище, водний та наземний транспорт. Існують ризики для життя пов'язані з охороною порядку при затриманні порушника закону (поранення). Частина працівників постійно працює за комп'ютером та протягом робочого дня має низьку рухову активність. Як результат існує ймовірність набуття захворювань опорнорухового апарату: кіфозу, лордозу та інших викривлень хребта, тромбозу глибоких вен. Аналіз шкідливих та небезпечних факторів виробництва Оскільки співробітників, які приймають участь у природоохоронних рейдах комплектуються табельною зброєю та засобами подразнюючої дії (перцевий спрей). Оскільки значну частину часу патруль проводить на водоймі то значну небезпеку для працівників становить водне середовище в зимовий період часто патрулювання проводиться по кризі, для уникнення травматизму та нещасних випадків необхідно дотримуватися правил поведінки на водоймах в зимовий період: 1. забороняється виходити на кригу в темний час доби та за умов поганої видимості (туман, снігопад, дощ); 2. за необхідності перейти річку використовувати льодові переправи; 3. забороняється перевірка міцності льоду ударом ноги, для цього доцільно використовувати лижну палицю. Якщо після сильного удару на поверхні криги з'явилася то це є ознакою тонкої та по ній не дозволяється пересуватися, необхідно по власному сліду повернутися на берегову лінію, ковзаючими кроками та не відриваючи ніг від льоду, для розподілення навантаження на більшу площу необхідно розставити ноги на ширину плеч, дані дії необхідно виконувати при потріскуванні льоду або виникненні тріщин. 4. за умов вимушеного переходу водойми рекомендовано дотримуватися протоптаних стежок чи йти прокладеною лижнею. За умов їх відсутності перед спуском на лід необхідно уважно оглядати місцевість та прокласти маршрут; 5. за необхідності групового переходу слід дотримуватися дистанції між учасниками 5–6 метрів; 6. перехід замерзлої водойми краще здійснювати на

лижах, кріплення лиж повинне бути розстебнутим, щоб за необхідності їх можна було швидко скинути палиці слід тримати в руках не накидаючи петлі на кисті рук, щоб за необхідності відразу ж відкинути; 7. за наявності рюкзака його варто вішати на одне плече, щоб у разі 56 провалювання під кригу легко від його позбутися; 8. на замерзлій водоймі при собі необхідно мати при собі мотузку довжиною 20 – 25 метрів, з глухою петлею та вантажем на кінці. Вантаж дозволить закинути мотузку до людини, що провалилася під кригу; 9. однією з головних причин нещасних випадків на льоду є алкогольне сп'яніння в даному стані людина має неадекватну реакцію на небезпеку, при потраплянні у надзвичайну ситуацію стають безпорадними. Частина працівників безпосередньо контактує та працює з рибою іхтіологи та інспектори повинні дотримуватися інструкції обробки риби в лабораторних умовах. Інструкція з охорони праці, яка нижче наведена була розроблена відповідно до Закону України «Про охорону праці» (Постанова ВР України від 14.10.1992 № 2694-ХІІ) в редакції від 20.01.2018р, на основі «Положення про розробку інструкцій з охорони праці», затвердженого Наказом Комітету по нагляду за охороною праці Міністерства праці та соціальної політики України від 29 січня 1998 року № 9 в редакції від 1 вересня 2017 року. Дану інструкцію було розроблено для запобігання травматизму і забезпечення безпечної роботи працівників, що виконують ручну обробку риби. До виконання робіт з рибою допускаються особи, що ознайомилися з даною інструкцією та пройшли відповідну підготовку, медичний огляд, прослухали вступний інструктаж з охорони праці, первинний інструктаж з охорони праці на робочому місці та не мають медичних протипоказань до виконання робіт. Працівник зобов'язаний мати особисту медичну книжку до якої заносяться результати медичних обстежень, відомості про перенесені інфекційні захворювання та здачу санітарного мінімуму. Працівник, що виконує ручну обробку риби може знаходитися під впливом наступних виробничих та шкідливих факторів: • низька температура повітря та підвищений рівень вологості повітря робочої зони; 57 • високий рівень шуму на робочому місці; • низький ступінь

освітлення робочої зони; • гострі краї, задирки та нерівності робочої поверхні, інвентарю, інструменту та тари; • значні фізичні перевантаження; • порізи та уколи від риб'ячої луски, плавників, шипів та інструменту. За встановленими нормами працівник повинен отримувати засоби індивідуального захисту та санітарний одяг. Робітники зобов'язані дотримуватися та виконувати правила пожежної безпеки, знати місця розташування первинних засобів пожежогасіння та бути ознайомленими з планом евакуації. Робоче приміщення повинне укомплектовуватися медичною аптечкою з необхідними лікарськими засобами та перев'язувальним матеріалом, призначена для екстреного надання першої медичної допомоги у випадку травматизму.

Працівники повинні володіти навичками надання першої допомоги потерпілим у випадках травматизму та знати місце знаходження аптечки. Робітники зобов'язані інформувати свого безпосереднього керівника про будь-які ситуації, що становить загрозу здоров'ю та життю працівників, про нещасні випадки, що трапляються на харчоблоці (кухні), у разі раптового погіршення самопочуття та при перших ознаках інфекційних захворювань. Робітники зобов'язані дотримуватися встановленого в організації режиму праці, відпочинку а також трудової дисципліни. Неприпустимим є виконання робіт у стані алкогольного сп'яніння чи у стані зміненої свідомості під впливом наркотичних, психотропних або інших речовин, що так чи інакше впливають на свідомість працівника. З метою попередження та запобігання розповсюдження захворювань шлунково-кишкового тракту та боротьби з гельмінтозами працівники зобов'язані: коротко стригти нігті, ретельно мити руки з милом перед початком виконання робіт, після кожної перерви та зіткнення з забрудненими предметами. Працівник, що допустив не виконання або порушив дану інструкцію з охорони праці по ручній обробці та роботі з рибою, притягується до відповідальності у відповідності до Правил внутрішнього трудового розпорядку, трудовим договором та за необхідності підлягає позачерговій перевірці на знання норм та правил з охорони праці.

## ВИСНОВКИ

Застосування БПЛА у сільському господарстві має величезний потенціал і з кожним роком інтерес до його застосування зростає. Використання безпілотних літальних апаратів у сільському господарстві є інновацією для України, оскільки БПЛА, у першу чергу, використовували для військових потреб і тільки після військових випробувань почалося широке застосування в сільському господарстві.

Сучасні безпілотники оснащені мультиспектральними камерами, висока якість зображення яких дозволяє з точністю діагностувати датчиками проблемні ділянки сільськогосподарських угідь системами супутникової навігації, компактними бортовими комп'ютерами, вони також обладнані засобами для внесення хімікатів. БПЛА в сільському господарстві здатні вирішувати такі завдання:

- оцінювання хімічного складу ґрунту;
- охорону сільськогосподарських угідь;
- прогнозування врожайності сільськогосподарських культур;
- обприскування хімічними препаратами для боротьби зі шкідниками та хворобами;
- оцінювання зростання сільськогосподарських культур;
- оперативний моніторинг стану рослин;
- оцінювання обсягу робіт і контроль за їх виконанням для оптимальної побудови іригації і меліорації;
- інвентаризації сільгоспугідь;

Систематичний і системний моніторинг земель є ключовим методом для виявлення динаміки та оцінки землекористування. Цей процес включає розробку стратегій та заходів, спрямованих на ведення державного земельного кадастру та управління використанням земельних ресурсів. У зв'язку з цим, завдяки своїй багатофункціональності, безпілотні літальні апарати (БПЛА) здатні виконувати широкий спектр завдань, що є менш фінансово витратними та дозволяють отримати високоякісні результати моніторингу земель. Коротко

представлено матеріали опрацювання знімання з безпілотного літального апарату (БПЛА) та створення ортофотоплану сільськогосподарських угідь що є основою для поліпшення моніторингу та спостереження за зеленими насадженнями. Процес створення ортофотоплану сільськогосподарських угідь описано, виходячи з отриманих даних знімання. Ортофотоплан було побудовано на основі отриманих даних за допомогою алгоритмів, що реалізовано в програмі Agisoft Metashape. Для досягнення цього результату було проведено ряд підготовчих процесів, включаючи як автоматичне програмування.

## Бібліографічний список

1. Barton J. D. Fundamentals of Small Unmanned Aircraft Flight / J. D. Barton // Johns Hopkins APL Technical Digest. -2012. -V. 31, No 2. - С . J 132-149.
2. Canon EOS 5D [Електронний ресурс]. Режим доступа : <http://www.dpreview.com/reviews/CanonEOS5D/>. - 13.04.1998.
3. CHDK - альтернативна прошивка. Параметри пульта [Електронний ресурс]. - Режим доступа: <http://chdk.s1an.su/blog/2009-01-27-140.24.07.2007>.
4. Chen J. Application of UAV system for low altitude photogrammetry - XXIIISPRS Congress. Melbourne. - 2012. - P. 351- 354.
5. Droschel D. Omnidirectional perception for lightweight UA Rostock. - 2013. - P. 107- 112.
6. Gini R. Aerial images from an UAV system: - XXIIISPRS Congress. Melbourne. - 2012- - P. 361-366.
7. Makelainen A. 2D-hyperspectral:frame nager camera data ш photogrammetric mosaicking / Makelainen A., Saari H., Hippil., Sarkeala J., Soukkamaki J. Rostock. - 2013. - P . 263-267.
8. MP2 128g autopilot integration and verification for stabilization and control of mini-UAV aircraft in autonomous flight [Text] / A. Olejnik, R. Rog-Olski, T. Moisej, O, Chmaj // Pomiaru Automatyka Robotyka. - 2013. - № 2. - С . 3 J 3-320.
9. Аналіз експериментальних робіт із створення великомасштабних планів сільських населених пунктів при застосуванні БПЛА / Галецький В. , Глотов В. - 2012. - № 76. - С .85-93 .
10. В. Галецький, В. Глотов, В. Колесніченко, О. Прохорчук, А. Церклевич . Аналіз експериментальних робіт створення великомасштабних планів сільських населених пунктів при застосуванні БПЛА .
11. Використання безпілотних літальних апаратів для обстеження аварійних та загрозованих ділянок при виникненні аварійних ситуацій у вугільних

- шахтах і на будівельних об'єктах // А. Ф. Булат, Т. В. Бунько, С. В. Шатов, І. Є. Кокоулін. Геотехнічна механіка, 2018.
12. Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. 2000. № 1–2. С. 188–190.
  13. Галушко С . Безпілотні літальні апарати кардинально змінюють облік авіації майбутнього Електронвий ресурс / Галушко С. // Авиапанорама - 2005. - №4
  14. Геоінформаційні системи та електронні карти [Електронний ресурс]. Режим доступа: [http://geointer.ru.host13661.18.serv38.hostland, pro/uslugi/geoinformaczionnyie-sistemyi-i-elektronnyie-kartyi](http://geointer.ru.host13661.18.serv38.hostland.pro/uslugi/geoinformaczionnyie-sistemyi-i-elektronnyie-kartyi). - 02.06.2013.
  15. Глотов В . Аналіз сучасних методів знімання та опрацювання великомасштабних планів В. Глотов, А. Гуніна // Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва. - 2014. - Ви. П (28). - С. 65-70.
  16. Глотов В., Церклевич А. Аналіз і перспективи аерознімання з безпілотного літального апарата // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2014.
  17. Голінько В. І., Безщасний О. В. Охорона праці при геологорозвідувальних роботах: навч. посіб. М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. Д.: НГУ, 2014. 218 с.
  18. Гуляницький Л., Сторчевий В. (2019). Одна спеціальна задача маршрутизації БПЛА. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Математика і інформатика. 69-78.
  19. Електронний ресурс: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
  20. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці: підруч. Львів: Укр. акад. друкарства, 2006. 336 с.
  21. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо оптимізації процедури користування відомостями Державного земельного кадастру» URL: <https://land.gov.ua/docs/nd-zd/017.pdf>

22. Закон України «Про внесення змін і доповнень до деяких законодавчих актів України щодо відповідальності за правопорушення в галузі зв'язку» // Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1996, № 46, ст. 247.
23. Закон України «Про землеустрій» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15#Text>
24. Зінченко О.Н. Безпілотні літальні апарати: застосування в цілях аерознімання для картографування (частина 1) // Ракурс. – 2011.
25. Зорін Д. О. «Екологічні проблеми природоохоронних територій» [Електронний ресурс] Д. О. Зорін. – 22. – Режим доступу до ресурсу: <http://elar.nung.edu.ua/bitstream/123456789/2186/1/11>
26. Інструкція до цифрової фотограметричної станції «Дельта» URL: <http://www.novageografia.com/vogels-1419-1.html>
27. Матійчик М.П. Тенденції застосування безпілотних повітряних суден в цивільній авіації / Матійчик М.П., Качало І.А // Матеріали XI міжнародної наук.техн.конфер. "АВІА 2013". - 2013. - С . 97.
28. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт студентами 48 спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» з дисципліни «Застосування безпілотних літальних апаратів в ПС» / С. М. Трохимець, Р.М. Янчук Рівне : НУВГП, 2011-41 с.
29. Офіційний сайт підприємства «ГЕОСИСТЕМА» URL: <http://geosystem.ua/index.php/about-us>
30. Павлушенко М. БПЛА . • Історія, застосування, загроза розповсюдження перспектив розвитку / М Павлушенко, Г. Евстафьев, И. Макаренко,. М.: «Права людини», 2005. - 612 с.
31. Повітряна технологія Teamnet International [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.teamnet.ro/ru/resheniya/vozdushnaya-tehnologiya/>. 08.09.2001.
32. Проблеми створення безпілотних авіаційних комплексів в Україні / Гребеников А.Г., Журавский А.Г., Мяслица А.К. - 2009. - № 42. -С . 111-119 .



33. Проценко М.М. Авазіл структури та варіантів побу дови безпілотних авіацііних комплексів / Проценко М.М. // Вісник ЖДТУ Віспик ЖДТУ. - № 2. - с. 113-118.
34. Проценко М.М. Аналіз методи цифрової обробки відеозображень апаратуруо безпілотного літального апарата/ Проценко М.М. // Вісник 46 ЖДТУ. - № 3 (т. 1)
35. Сечин А.Ю., Дринкин М.А., Киеселева А.С. /Безпілотний літальний апарат: застосування в аерозніманні //А ТИП № 3(50). - 2013 с. 56- 58.
36. Станкевич С.А. Застосування сучасних технологій аерокосмічного знімання в аграрній сфері / Станкевич С.А., Васько А.В. -2011. - С. 44-50.
37. Тимочко О.І. Класифікація безпілотних літальних апаратів /О.І .Тим.очко, Д.Ю. Голубничий, В .Ф. Третьак, І.В. Рубай// Система озброєна і військова техніка. - 2007. Вип. 1 (9). С. 61-66.
38. Трубников Г.В . Безпілотні літальні апарати і технологічна модернізація країни / Трубников Г.В ., Воронов В .В. - 2009. -№ 4. -С. 11-20.

