

**Міністерство освіти і науки України  
Чернівецький національний університет  
імені Юрія Федьковича**

Географічний факультет  
Кафедра геодезії, картографії та управління територіями

**ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ПРИ  
ВИРШЕННІ ЗАДАЧ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА (НА ПРИКЛАДІ  
ЗЕМЕЛЬНИХ НАДІЛІВ М. НОВОСЕЛИЦЯ)**

**Дипломна робота  
Рівень вищої освіти – другий (магістерський)**

Виконав: студент VI курсу, групи 628  
спеціальності: 193 “Геодезія та землеустрій”  
ОП “Геодезія”  
**Храб Д. І.**

Керівник: к. геогр. н., асистент кафедри  
геодезії, картографії та управління територіями  
**Дарчук Костянтин Вікторович**

До захисту допущено:  
Протокол засідання кафедри № \_\_\_  
від “\_\_” \_\_\_\_\_ 2021 року  
Зав. кафедри \_\_\_\_\_ проф. Сухий П. О.

м. Чернівці  
2021 рік

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ БПЛА .....	6
1.1. Особливості використання та класифікація БПЛА .....	6
1.2. Основні напрямки використання БПЛА .....	11
1.3. Вимоги до комплексу БПЛА та оснащення злітно-посадкових смуг. ....	18
<i>Висновки до розділу 1 .....</i>	<i>24</i>
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА ПРИ ВИРІШЕННІ ЗАДАЧ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА.....	25
2.1. Сутність точного землеробства, його ролі для ефективного ведення агродіяльності.....	25
2.2. Використання БПЛА у сільському господарстві.....	30
2.3. Огляд вітчизняного ринку агродронів.....	34
<i>Висновки до розділу 2.....</i>	<i>44</i>
РОЗДІЛ 3. ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА ДЛЯ ВИРІШЕННІ ЗАДАЧ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА НА ЗЕМЕЛЬНИХ НАДІЛАХ М. НОВОСЕЛИЦЯ.....	45
3.1. Загальна характеристика території дослідження.....	45
3.2. Підготовчі роботи щодо проведення льотно-знімальних робіт.....	53
3.3. Моніторинг стану посівів із використанням БПЛА.....	57
3.4. Особливості внесення ЗЗР та трихограми із безпілотників.....	63
<i>Висновки до розділу 3.....</i>	<i>66</i>
ВИСНОВКИ .....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	69

## ВСТУП

**Актуальність теми.** В останні роки йде активне впровадження безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у різні сфери виробництва. На сьогоднішній день триває обговорення, наскільки безпілотні технології потрібні у сфері АПК для вирішення завдань сільського господарства. У таких розвинених країнах як Австралія, Канада, США давно говорять про позитивний економічний ефект безпілотних технологій. Є досвід застосування цих технологій в Україні.

Поява безпілотних літальних апаратів (БПЛА) вдихнула нове життя у галузь дистанційного моніторингу земель населених пунктів. Завдяки високій роздільній здатності, можливостям виконання періодичних зніманих та відносно невисокій ціні знімання, дані ДЗЗ стали доступними не тільки для міських та селищних поселень, але й для сільських. Але незважаючи на загальну вивченість питань використання даних ДЗЗ в цій галузі, використання даних отриманих з БПЛА володіє певною специфікою, дещо відмінною від процедур залучення традиційних космічних чи аерофотознімків. Тому в даній магістерській роботі подано спробу опису специфіки використання даних ДЗЗ отриманих БПЛА для потреб містобудування, здійснити апробацію БПЛ-технологій для потреб точного землеробства м. Новоселиця; проаналізувати результати знімання отримані в результаті апробації БПЛ-технологій для потреб містобудування.

**Об'єктом дослідження** виступили земельні наділи м. Новоселиця Чернівецького району, а **предметом** особливості їх зондування та оприскування засобами БПЛА.

Так, **метою** дослідження стало виявлення особливостей використання БПЛА при складанні топографічних планів масштабу 1:2 000. Виходячи з цієї мети були сформульовані наступні завдання:

1) охарактеризувати ключові принципи використання сучасних технологій БПЛА, зокрема їх історичні передумови й фізичні принципи;

2) дослідити методичні аспекти використання безпілотних літальних засобів для цілей сільського господарства;

- 3) провести аерофотознімання території земельних масивів;
- 4) виявити специфіку камеральної обробки даних отриманих з БПЛА;
- 5) розкрити особливості використання БПЛА при внесенні ЗЗР та трихограми

У роботі використано сукупність загально та конкретно **наукових методів**, кожен із яких застосовувався в рамках єдиного системного підходу. Із поміж усіх методів дослідження варто окремо виділити методи аналізу і синтезу, що застосовувались у процесі написання усіх розділів роботи, історичний метод застосований для написання 1-го пункту першого розділу та картографічний й геоінформаційний методи, що використовувалися для побудови геопросторових моделей представлених у третьому розділі магістерського дослідження. Дослідження базується на теоретичних та практичних напрацюваннях.

**Наукова новизна одержаних результатів.** На основі опрацювання значної кількості літературних і нормативно-правових джерел, а також технічних проектів та документацій, нами:

***вперше:***

- проведено знімання території для цілей точного землеробства;
- опрацьовано результати аерофотознімання земельних наділів

Новоселиці;

***набули подальшого розвитку:***

- реалізація технологічної схеми дистанційного зондування Землі, за допомогою безпілотників;
- методико-технологічні прийоми дослідження фотограмметричної діяльності;
- теоретичні і практичні аспекти подальшого розвитку БПЛА на території м. Новоселиці.

**Практичне значення одержаних результатів.** Результати виконаного магістерського дослідження особливостей використання БПЛА для точного землеробства, можуть бути використані для відображення системно упорядкованого і конкретизованого стану дистанційного зондування території,

висвітлення проблем його розвитку і оновлення, рекомендацій можливих шляхів їх вирішення. Теоретичні й методичні положення роботи, окрім того, можна використовувати при аналогічних дослідженнях для інших поселень.

***Структура та обсяг роботи.*** Магістерська робота складається зі вступу, 3-х розділів, висновків, доповнена списком використаних джерел, який налічує 50 найменування. Загальний обсяг роботи складає 72 сторінки машинописного тексту (основна частина на 65 сторінках). Робота супроводжується 5 таблицями та ілюструється 40 рисунками.

## РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ БПЛА

### 1.1. Особливості використання та класифікація БПЛА

Для виконання повітряної зйомки, відповідну знімальну апаратуру встановлюють на носій, який піднімає її на необхідну висоту, переміщає у просторі і забезпечує певне орієнтування на місцевості. Окрім знімальної апаратури, на носіїві монтують цілий ряд додаткового приладдя, необхідного для виконання зйомочних робіт.

Використання безпілотних літальних апаратів, вирішує цілий ряд задач, який на в умовах сьогодення такий широкий, що для вдалого вирішення кожного із них застосовуються системи спеціально оптимізовані під вирішення певних функцій. При цьому визначне місце займає оптимальний вибір певного виду безпілотника, який можна вибрати за основними характеристиками які зображені на *рис. 1.1*.

Носії зйомочної апаратури ділять на такі основні групи: підводні, наземні, авіаційні й космічні. Найбільш широко для дистанційного зондування використовуються авіаційні й космічні апарати, серед яких виокремлюються безпілотні літальні апарати.

*Безпілотні літальні апарати* [від англ. трутень] (БПЛА, БЛА, безпілотники, дрони) – літальний апарат без екіпажу на борту, який призначений для аерозйомки й спостереження у реальному часі за навколосемними об'єктами.

За сучасним визначенням, «безпілотником» є тільки той апарат, котрий перебуває під постійним дистанційним контролем пілота і призначений для повернення на злітно-посадковий майданчик й для подальшого повторного використання.

Раніше радіокеровані й повністю автоматизовані апарати об'єднували ціле поняттям *безпілотна авіація* – літаки, керування якими здійснюється без пілота, використовуючи прилади різних систем (радіолокації, телебачення), які подають команди на автопілот. При цьому елементи системи керування розташовані за межами літака і можуть бути на землі, на воді й у повітрі, на місці старту, на маршруті польоту й у районі цілі.

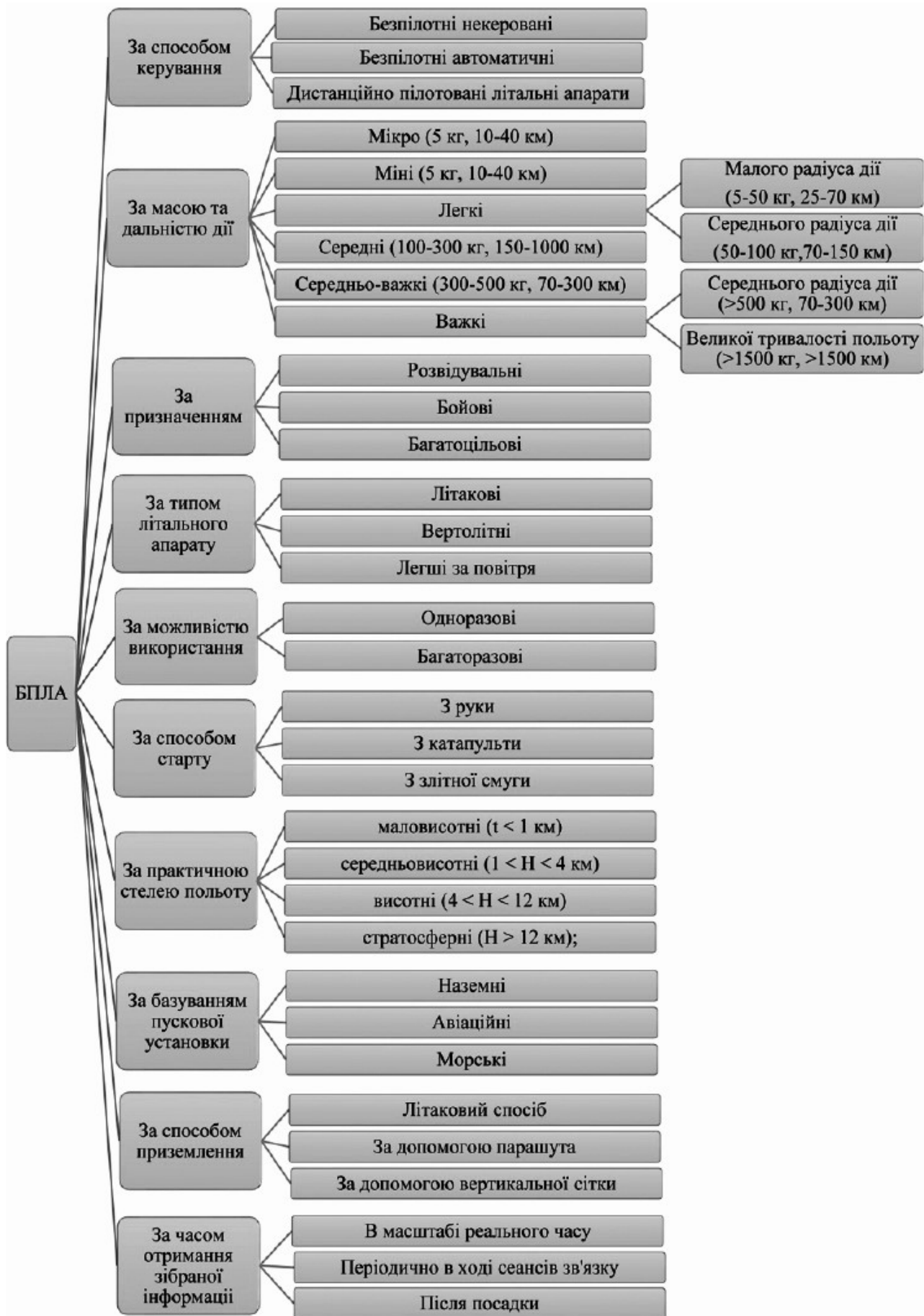


Рис. 1.1. Класифікація БПЛА

В залежності від принципів керування можна виділити наступні різновиди безпілотних літальних систем:

- безпілотні некеровані (БНЛА);
- безпілотні автоматичні (БАЛА);
- безпілотні дистанційно-пілотовані літальні апарати (ДПЛА).

У авіації на початку XXI століття йде стрімке розширення саме ДПЛА, і про них йдеться, коли уживають термін «дрон» (англ. *drone*), «безпілотник», або англійську аббревіатуру *UAV*. Тобто, під цими термінами розуміють саме повітряне судно, котрим через канали зв'язку керує пілот.

Напочатку свого розвитку безпілотники були розроблені для військових і оборонних задач, проте сьогодні вони все частіше використовуються для розв'язання різноманітних цивільних цілей, в тому числі фотомонтажу, рятувальних операцій, моніторингу дорожньої інфраструктури, сільського господарства й авіафотозйомки.

БПЛА мають відповідати правилам безпеки польотів. Міжнародні цивільні авіаційні правила, прийняті після 1944 року на рівні ООН, забороняють безпілотники літати над територією іншої країни без її дозволу. Сьогодні на території Європейського Союзу існує система регулювання польотів дронів на основі фрагментарних правил країн-учасниць.

Окремого правового регулювання потребує використання БПЛА масою до 1 500 г, тоді як літальні апарати масою понад цього значення залишаються під юрисдикцією EASA (Європейського агентства із авіаційної безпеки).

Проте національні норми використання безпілотників у різних країнах-учасницях відрізняються охопленням, змістом й рівнем деталізації, що не дозволяє сформулювати умови для взаємного визнання й відкриття повітряного простору. Тому сьогодні ведеться загальна робота з розробки гармонізованих норм і правил використання БПЛА у повітряному просторі Європейського Союзу.

Для нормативно-правового регулювання використання безпілотних апаратів визначаються наступні різновиди:



1. ДПАС / RPAS – Дистанційно пілотовані авіаційні системи – системи, що містять: літальний апарат, котрі керуються пілотом із віддаленої пілотної станції (наприклад на землі чи у будівлі); одну або декілька пов'язаних із ними віддалених станцій контролю, командування й управління зв'язку й інші компоненти, необхідні для роботи (наприклад злітна катапульта).

2. БАС / UAS – Безпілотні автономні системи – безпілотні авіаційні системи, які функціонують автономно й керуються за допомогою комп'ютера без втручання пілота після його зльоту.

Цей тип виключений з поля нормативно-правового регулювання, так як на даний час вони заборонені для використання, а державні органи, зокрема в Євросоюзі, не намагаються регулювати їхнє використання на цьому етапі.

Тому, в цьому розділі будемо розглядати правове використання саме ДПАС / RPAS - дистанційно пілотованих авіаційних систем.

*Технічні специфікації* безпілотних літальних апаратів розрізняються за розміром, продуктивністю й типом. Вони можуть бути, як майже непомітними, не більше комахи, так і великими, схожими на пілотовані літаки.

Вони можуть зависати у повітрі чи розвивати швидкість до 277 м/с. Керування безпілотними засобами може здійснюватись за допомогою планшета, смартфона або програмного забезпечення супутникового зв'язку. Вони запускаються за допомогою ракет, катапульта чи вручну й переносити різноманітні засоби, наприклад відеокамери чи пестициди. Сучасні технології дозволяють запускати БПЛА на значні висоти протягом тривалого часу, однак переважна більшість не піднімається більше ніж на 150 м над землею.

Це пояснюється тим, що саме повітряний простір на цій висоті використовується переважно для польотів планерів чи легкомоторної авіації.

Чинниками застосування БПЛА в якості нового інструменту отримання аероданих є недоліки двох традиційних способів отримання даних дистанційного зондування за допомогою космічних супутників (космічне знімання) і повітряних пілотованих апаратів (аерофототопографічне знімання).

Дані космічної зйомки дозволяють отримати знімки з максимальним

розрізненням у 30 см, що недостатньо для крупномасштабного картографування. Окрім того, не завжди вдається підібрати безхмарні зображення з архіву. У разі знімання під замовлення втрачається оперативність отриманої інформації. Відносно компактних ділянок оператори й дистриб'ютори переважно не виявляють гуманної цінової політики.

Традиційна аерофотозйомка, яка проводиться за допомогою крупногабаритних літаків (Ан-30, Ту-134, Ан-2, Іл-18, Cessna, L-410) або гелікоптерів (Мі-8Т, Ка-26, AS-350) вимагає високих економічних витрат на обслуговування й заправку ПММ, що призводить до підвищення вартості вихідної продукції.

Розкриємо випадки, коли застосування стандартних авіаційних комплексів *нерентабельно*:

- зйомка незначних об'єктів й малих за площею територій. У цьому випадку економічні й часові витрати на організацію робіт, що припадають на одиницю відзнятої площі, істотно перевершують аналогічні показники при зніманні великих масивів (тим більше для об'єктів, значно віддалених від злітної смуги);
- при необхідності проведення регулярного знімання у цілях моніторингу протяжних об'єктів: ЛЕП, трубопроводи, транспортні магістралі.

Таким чином, очевидними перевагами застосування БПЛА є:

- можливість зйомки із незначних висот із наближенням до об'єктів.

Отримання знімків високої просторової роздільної здатності;

- рентабельність;
- оперативність отримання зображень;
- можливість застосування у зонах надзвичайних ситуацій без ризику для життя й здоров'я пілотів.

Варто зазначити, що технологія аерофотозйомки із БПА в значній мірі відпрацьована. На тепер велика частина існуючих і експлуатованих апаратів призначені для повітряного рекогносрування й спостереження, які здійснюються за допомогою фото-і відеознімання.

Варто виділити і *негативні аспекти* використання БПЛА:

1) підвищена аварійність БПА, що пов'язано із необладненістю БПА системою розпізнавання перешкод й відходу від зіткнень, окрім того, багато моделей оснащені не цілком досконалими автопілотованими системами (для здешевлення вартості й зменшення ваги бортового устаткування). Ризик втрати апарату й обладнання призводить до того, що низка компаній можуть віддати перевагу купувати не БПА, а льотні години у організацій, які спеціалізуються на безпілотних запусках;

2) на сьогоднішній день ринок цивільних БПЛА, у тому числі й для потреб аерофототопозйомки, гальмується відсутністю нормативної бази для інтеграції БПЛА в єдиний авіа простір. Ця проблема не була вирішеною повністю ні в одній країні світу. В Україні поки вжито лише перші кроки в цьому напрямку.

На тепер легальні запуски БПА у комерційних цілях виконується на підставі дозволів, технологія отримання яких відпрацьована компаніями-постачальниками БПА. При цьому відповідальність за політ лежить на операторі-кермувальнику, який здійснює запуск й керування.

3) не врегульовані до кінця питання сертифікації, страхування й реєстрації літальних засобів, що обмежує ефективне їх використання.

## **1.2. Основні напрямки використання БПЛА**

В останні десять років безпілотні літальні апарати набули величезну популярність, особливо у найбільш розвинених державах світу. Галузь застосування безпілотників досить широка. Вони можуть моніторити дорожню ситуацію, як міську, так і на віддалених ділянках, вести контроль за пожежною ситуацією в лісах або за паводковими водами в регіонах тощо. Несучи службу, безпілотники передають відзнятий відеоматеріал на ноутбук, за допомогою якого можна керувати безпілотним засобом. Представимо вашій увазі основні сфери застосування БПЛА (рис. 1.2):

1. *Спектросональна зйомка.* Вигляд фотозйомки, в процесі якої відбувається одночасне отримання фотографічних зображень об'єкта у різних ділянках (зонах) спектру електромагнітні хвилі. Наприклад, у сільському



господарстві використання БПЛА дозволяє отримати модель місцевості з роздільною здатністю до 3 см. Знімки отримують в видимому та інфрачервоному діапазонах. Така зйомка дає вичерпну картину про

стан ґрунтів, а детальність дозволяє контролювати посіви з точністю до 5 см. Широкий спектр отриманих даних дозволяє оцінювати проблеми полів по сходам і виявляти причини різних проблем.

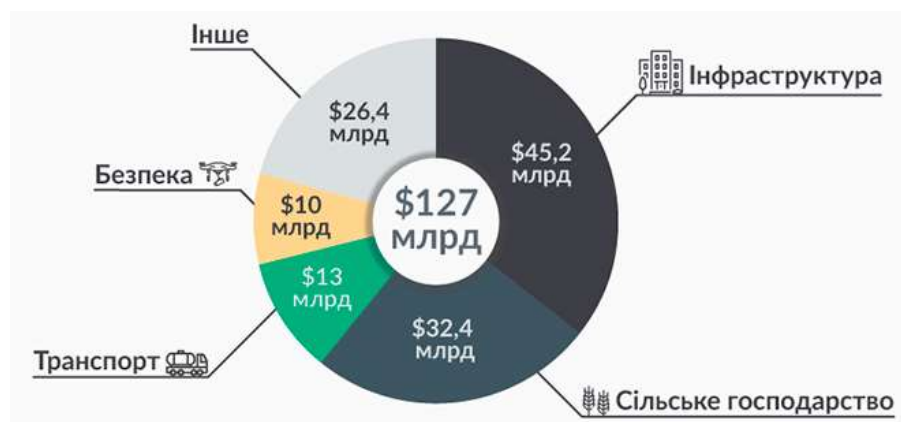


Рис. 1.2. Світовий ринок послуг із використанням БПЛА

2. *Аерофотозйомка території.* Це комплекс робіт, що включає різні процеси від фотографування земної поверхні з літака, що летить, до отримання аерофотознімків, фотосхем чи фотопланів знятої місцевості. Усі аерофотознімальні матеріали використовуються для вирішення цілої низки питань у галузі лісового господарства та лісової промисловості. При плановій зйомці камера спрямована вертикально донизу, під прямим кутом до землі. На знімках ми бачимо плоску картину (ортогональна проекція), що нагадує зображення на географічних картах. При перспективному (оглядовому) зніманні камера спрямована під кутом до горизонту. При перспективній аерофотозйомці на знімках ми бачимо об'ємну картину (аксонометрична проекція): не тільки дахи споруд, а й бічні поверхні (стіни). Таким чином, ми можемо судити не тільки про взаєморозташуванні об'єктів на площині, а й про їхню форму.

3. *Облік тварин з повітря за допомогою БПЛА.* При суттєвому зниженні

витрачених коштів на залучення пілотованої авіації стало рентабельним застосування безпілотних літальних апаратів при обліку тварин. Такий «повітряний облік» дозволяє точно визначити чисельність тварин у мисливському господарстві та виявити місця їх концентрації.



4. *Дистанційний контроль стану нафтопроводів та газопроводів.* На сьогоднішній день застосування безпілотних літальних апаратів є найбільш ефективним та економічно вигідним методом обстеження нафтопроводів та газопроводів. В режимі реального часу виходять якісні зображення, що



дозволяють виявляти нафтові розливи, виявляти акти несанкціонованої діяльності (звалища, врізання, проведення робіт в зонах, що охороняються тощо). Аерофотознімки, отримані з борти БПЛА, дозволяють аналізувати та оцінювати технічний стан трубопроводів та навколотрубного простору.

5. *Аеро- та космозйомка місцевості.* Застосовується як для безперервного одночасного контролю за забрудненням природного середовища (земної поверхні, водних акваторій та приземної атмосфери), так і для контролю технічного стану об'єктів на всьому протязі тисячокілометрових водних та наземних нафтових та газових трас. Крім того, дані дистанційного моніторингу дають можливість оперативно виявляти та точно визначати координати зон

небезпечного прояву стихійних природних процесів, які можуть призвести до аварій, а також відстежувати та прогнозувати критичні розривами магістральних трубопроводів та повільні односпрямовані геодинамічні деформації земної поверхні.

Серед основних завдань, що вирішуються за допомогою аеро- та космозйомки, можна виділити такі:

- виявлення порушень технічного стану об'єкта: розривів, тріщин, корозійних зон, пошкоджень гідро- та теплоізоляції тощо;
- складання карт ґрунтів, зон підтоплення, обводнених ділянок, областей засолення, що промерзають і відтаєнь ґрунтів тощо;
- дослідження сучасних екзогенних процесів (сели, зсуви, обвали).

б. *Аерофотозйомка та геодезія.* Надає матеріали аерофотозйомки, які можуть бути застосовані в наступних сфер діяльності:



- ведення державного кадастру нерухомості та контроль містобудівної діяльності у населених пунктах;
- реагування на надзвичайні ситуації;
- контроль снігового та льодового покриву, кромки льодоставу, прогноз стоків річок та моніторинг місць розливів рік;
- оновлення топографічних карт;
- моніторинг різних типів об'єктів;
- моніторинг стану сільськогосподарських угідь, у тому числі цільового використання земель, оперативна оцінка стану та ступень деградації земель, прогноз урожайності;
- створення географічних інформаційних систем.

7. *Моніторинг і розпізнавання об'єктів, що рухаються.* Моніторинг проводиться в зонах, що охороняються, в денний і нічний час.

8. *Моніторинг лісових ресурсів.* Включає оцінку ступеня вирубки лісового масиву, визначення порід дерев, запобігання виникненню лісових пожеж



(висохлий ліс, тліючі торфовища, виявлення малих вогнищ пожеж), оцінку збитків лісових ресурсів після пожеж або природних катаклізмів, виявлення несанкціонованих звалищ, визначенням осіб та номерів машин порушників. Дрони з інфрачервоними датчиками застосовують виявлення лісових пожеж на ранній стадії.

9. *Моніторинг ремонтно-будівельних робіт.* У багато разів прискорює та здешевлює роботу в порівнянні з традиційними методами. Він дозволяє оцінити ступінь готовності об'єкта; виявляти та аналізувати ушкодження, аварії; планувати ремонтні роботи; передбачати та моделювати природні впливи.



10. *Безпілотна охорона.* Підвищує рівень безпеки, контролюючи об'єкти та людей на певних територіях. Більшість часу у охоронця йде на патрулювання



території підприємства, а в безпілотника це виходить набагато швидше та краще. Прикладів тому безліч: щоб уникнути несанкціонованих проникнень безпілотники патрулюють нафтогазопроводи, родовища корисних копалин, лінії

електропередач від зняття ізоляторів, міста та міжміські траси під час проведення масштабних заходів.

11. *Безпілотні прикордонники.* Спостерігають за кордоном за допомогою інфрачервоних та звичайних відеокамер з висоти до 6 км із оглядом у 50 км. Зображення з відеокамери виходить настільки деталізованим, що з висоти видно, що знаходиться за плечима у порушників.

12. *Поліцейський спецназ.* Це безпілотні мікродрони, які можна запускати прямо з рук. Літають вони на висоті до 75 м, їхній електромоторчик практично не чутний з землі і здатний довше за годину протримати апарат у повітрі. Такі дрони є провісниками розвитку гілки надмініатюрних апаратів настільки крихітних, що саме поняття літального апарату стосовно них вимагатиме деякого уточнення. Зараз розроблені безпілотники вагою всього 10 грамів.

13. *БПЛА для доставки вантажів клієнтам.* Система доставки за допомогою безпілотників запущена в тестовому режимі американському



онлайн-магазині Amazon, а також у поштової службі Швейцарії. Ці безпілотники здатні перевозити вантажі вагою до 1 кг на відстань, що перевищує 10 км, без підзарядки батареї. Також розпочали роботу проекти з цілодобової доставки медикаментів, бакалії, а також по поверненню товару, що не підійшов.

14. *Допомога в Екстрених ситуаціях.* Дрон для пошуку зниклих дітей, як і собаки, може відстежувати запах дитини. Дрони з термодатчиками використовуються для пошуку людей, завалених лавиною.

15. *Дрони-офіціанти.* У Європі та Азії з'явилися закусочні, які прославилися тим, що почали використовувати безпілотники для доставки замовлень до столиків: квадрокоптер з плоским верхом керується офіціантом з iPad і може приносити відвідувачам їжу та напої зі швидкістю 40 км/год. Але те, що у Великій Британії зроблено заради залучення уваги, у Сінгапурі – сувора необхідність. Тут дуже багато ресторанів, та персонал для них стає дефіцитною



робочою силою, тому місцеві ресторатори старанно експериментують із технологіями, які могли б вирішити проблему – від машин для смаження рису до міні-поїздів для доставки замовлень. Дрони стали логічним наступним кроком, і з лютого цього року мережа ресторанів Timbre ввела їх у штат: відвідувачі роблять замовлення за допомогою планшетного комп'ютера, закріпленого на столі, а їжа та напої прилітають із кухні на квадрокоптері.

16. *Дрон, що роздає інтернет.* Два гіганти ІТ-індустрії – компанії Google та Facebook, майже одночасно оголосили про свої плани створення мережі супутників і дронів, що утворюють інтернет-покриття на всій поверхні землі.



17. *Пляжний рятувальник.* Дрон – чудовий аналог рятувальника, що сидить на вежі. Це довели у Австралії: місцева служба успішно протестувала мультикоптер, налаштований на спостереження за прибережною зоною. Апарат не лише може попередити відпочивальників про наближення акул – у разі потреби він здатний кинути рятувальний круг потопаючому.

Проаналізувавши все вище викладене можна дійти висновку: вже незабаром безпілотна авіація займе перше і головне місце порівняно з пілотованою. Це можна пояснити тим, що під час використання безпілотників не потрібні людські ресурси, а отже ніхто не наражає своє життя на небезпеку, а також тим, що у безпілотників дуже широкий спектр застосування в оборонній промисловості, у сфері забезпечення безпеки, у сфері охорони здоров'я, розваг та у багатьох інших сферах.



### 1.3. Вимоги до комплексу БПЛА та оснащення злітно-посадкових смуг

Як вже зазначалося у попередньому питанні, для виконання робіт із картографування території застосовуються БПЛА літакового чи гелікоптерного типів. Вони можуть оснащатися, як електричними двигунами, так і двигунами внутрішнього згоряння.

Для ефективного виконання льотнознімальних робіт, до комплексу безпілотного комплексу дистанційного моніторингу мають входити:

- не менше 2-х літальних апаратів, розташованих в захисних кейсах (або чохлах) вагою не більше 20-25 кг, зручних для перенесення у польових умовах;
- приймально-передавальна антена у комплекті із автоматичним пристроєм стеження й з'єднувальним кабелем;
- наземна станція керування із лептопом спеціального призначення (протиударне, волого-пилрозахисне), із мінімальними технічними характеристиками: обсягами жорсткого диска 500 Гб та оперативної пам'яті 4 Гб;
- зарядна станція (зарядний пристрій) із комплектом акумуляторних батарей чи запас паливо-мастильних матеріалів для ДВЗ БПЛА;
- пускова установка, для БПЛА літакового типу: ручна – гумовий джгут із карабіном (3 комплекти), і пневматична (механічна) катапульта;
- мануали із льотної експлуатації, паспорти й формуляри на БПЛА, та його аксесуари;
- комплект запасних частин та допоміжного обладнання для проведення дрібного ремонту у польових умовах;
- щогла чи штатив для кріплення приймально-передавальної антени.

До додаткового оснащення комплексу дистанційного моніторингу рекомендується включати:

- малогабаритну бензоелектростанцію потужністю не менше 1000 Вт і вагою не більше 20 кг або додатковий автомобільний акумулятор ємністю не менше 60 А/год, вагою не більше 25 кг (для роботи у польових умовах у випадку відсутності автомобіля, чи неможливості під'їзду автомобіля до місця запуску

БПЛА);

➤ знімний HDD- або SSD-диск (знімний носій інформації з об'ємом пам'яті не менше 240 Гб);

➤ анемометр і конус-вітропоказчика;

➤ GNSS-приймач супутникової навігації (ГЛОНАСС / GPS / Galileo);

➤ 3-4 «радіомаяка» із індивідуальним живленням і тривалістю їхньої роботи не менше 8 годин. Зарядні пристрої елементів живлення повинні забезпечувати їх заряджання від бортової мережі автомобіля. У тому випадку, якщо конструкція й ПЗ БПЛА передбачає їхнє застосування;

➤ антенний кабель-подовжувач довжиною 25-50 м із підсилювачем сигналу для збільшення висоти підйому антени у польових умовах, якщо конструкція й програмне забезпечення наземної системи управління передбачає їх застосування.

➤ 1-2 портативних флеш-карт пам'яті (Micro SD) класу запису не нижче 10-го та об'ємом не менше 8 Гб для запису фото (відео) інформації на борту БПА, якщо конструкція й програмне забезпечення БПА передбачає їхнє застосування;

Для проведення робіт із картографування території безпілотники можуть оснащуватися наступними засобами моніторингу (бортовими цільовими навантаженнями):

- відеокамерами інфрачервоного (ІЧ) діапазону (тепловізорами);
- відеокамерами оптичного (видимого) діапазону;
- ретрансляторами стільникового та радіозв'язку;
- комбінованими відеокамерами (оптичного й ІЧ діапазонів);
- радіолокаційними засобами;
- цифровими камерами оптичного діапазону.

Залежно від типу БПЛА цифрові камери можуть встановлюватися у носовій частині фюзеляжу, у крилі або під фюзеляжем. Об'єктиви цифрових камер можуть бути нерухомими чи мати один або два ступені ходу, а також змінну фокусну відстань (трансфокатор).

Для моніторингу місцевості переважну більшість відеокамер

встановлюють турельного типу, що монтуються на гіростабілізованих платформах під фюзеляжем БПЛА й забезпечують круговий огляд нижньої півсфери у форматі 180°.

Для знімання окремих ділянок місцевості переважаними є цифрові камери, що встановлюються нерухомо у крилі або під фюзеляжем БПА.

Як вже зазначалося вище, для організації пошуку, у разі аварійної посадки, рекомендується оснащувати БПА пошуковими маячками й засобами відстеження. При цьому час автономної роботи маячків має бути не менше 8 годин.

Обов'язково, до роботи із комплексами дистанційного моніторингу на базі БПА допускаються фахівці, придатні до роботи по пунктах 1, 3, 7, 13 «Переліку робіт, при виконанні яких проводяться попередні і періодичні медичні огляди (обстеження), наказ Міністерства охорони здоров'я і соціального розвитку України № 83 від 16 серпня 2004 року», які пройшли курс та навчання за затвердженими програмами по експлуатації БПА певного типу, і які засвоїли навички практичної роботи із комплексом й допущені до самостійної роботи наказом по організації.

Для виконання усіх польотних завдань, включаючи передпольотний контроль, зліт, політ по заданому маршруту, посадку, потрібно провести розрахунок у складі двох операторів.

При установці НСУ на автотранспорті до складу розрахунку може включатися й водій.

Також допускається експлуатація комплексу одним оператором (якщо це обумовлено у документації по експлуатації певного типу БПЛА).

Оператори повинні знати:

- ✓ специфіку застосування БПЛА для потреб у певній сфері діяльності;
- ✓ порядок й правила експлуатації БПЛА;
- ✓ основи літакокерування, аеродинаміки, метеорології;
- ✓ правила техніки безпеки при виконанні робіт з БПЛА;
- ✓ правила ведення радіозв'язку.

Оператори безпілотників повинні вільно користуватися ПК, вміти орієнтуватися у картографічних матеріалах.

*При підборі команд, їх оснащують:*

Автомобілем підвищеної прохідності із можливістю роботи оператора всередині салону. Транспортний засіб має бути обладнаний сонцезахисними шторками, системою обігріву й кондиціонування салону, інвертором (перетворювачем напруги живлення із 12 (24) на 220 вольт і потужністю не менше 1000 Вт, вузлами кріплення додаткового монітора. А у *комплектацію автомобіля* повинні входити:

- УКХ-радіостанція для зв'язку із наземними командами й іншими операторами БПА;

- УКХ-радіостанція для зв'язку із повітряними суднами;

- рідкокристалічний монітор з діагоналлю не менше 20 дюймів;

- компас або бусоль;

- супутниковий телефон;

- GNSS-приймач супутникової навігації (ГЛОНАСС / GPS);

- ручний акумуляторний ліхтар;

- бензопила із каністрою для ПММ об'ємом 5-10 л;

- лопата та сокира;

- ручна пила (ножівка столярна чи лучкова);

- вуглекислотний або порошковий вогнегасник;

- аптечка для надання домедичної допомоги;

- набір кемпінгових меблів;

- спальні мішки й надувні матраци, із розрахунку на кількість членів команди (при базуванні у польових умовах);

- кемпінговий каркасний тент (дуговий намет), висотою не менше 2 м;

При виконання *робіт поблизу водних об'єктів* й в районах із розвиненою водною мережею (великі річки, озера), додатково оснащається:

- надувним 2-хмісним човном із веслами;

- додатковим акумуляторним електричним ліхтарем;

- рятувальними жилетами.

При виконанні робіт у *осінньо-зимовий період*, команда має оснащатися:

- акумуляторним дрилем зі свердлом діаметрами 10-12 мм й довжиною 200-300 мм – для установки штиря ручної гумовою катапульти у замерзлий ґрунт;

- лопатою для розчищення майданчика від снігу;
- двома парами мисливських лиж або снігоступами.

Крім того, операторів БПЛА забезпечують спецвзуттям та спецодягом згідно із рекомендованим переліком в таблиці 1.1

*Таблиця 1.1*

*Перелік спеціального одягу для оператора, при виконанні задач пов'язаних із БПЛА*

№ п/п	Найменування спецодягу	Термін носення, роки
1	Костюм бавовняний для захисту від загальних механічних забруднень й шкідливих біологічних факторів	3
2	Бейсболка	3
3	Черевики з натуральної шкіри (юхтові) з високими берцями	4
4	Напівкомбінезон утеплений	4
5	Перчатки шкіряні на байці	4
6	Куртка демісезонна утеплена	4
7	Унти хутряні, або бахіли	6
8	Плащ (плащ-накидка)	Черговий
9	Чоботи гумові рибацькі	Чергові

*Вимоги до проведення взльоту та посадки*

Порядок вибору місце взльоту БПЛА:

- вивчити місцевість у передбачуваній точці старту, при цьому необхідно урахувати: місце старту слід вибирати максимально високою щодо передбачуваного маршруту із мінімальним віддаленням від досліджуваних об'єктів, що дозволяє збільшити корисний час роботи і досягнення максимальних результатів;

- майданчик для запуску переважно обирають з трав'янистим покривом.

Розмір майданчика повинен бути не менше 50x50 м із умовою, щоб на прилеглій місцевості не знаходились об'єкти, що перешкоджають штатному режиму зльоту, посадки й пошуку БПЛА (щогли, річки, озера, яри, будови, вишки) в радіусі до 300 м;

- визначити напрямок й швидкість вітру (які біля поверхні землі й на робочій висоті можуть відрізнятись);
- визначити положення сторін світу;
- визначити напрямок запуску і переконатися у відсутності перешкод в цьому напрямку;
- визначити напрямок маршруту щодо НСУ й переконатися у відсутності перешкод у цьому напрямку для забезпечення прямої радіовидимості;
- для безпечного запуску й посадки БПА має бути повна відсутність перешкод: заводських труб, будівель, щогл, вишок, хмаочосів висотою понад 100 м.
- переконатися у відсутності перешкод в зоні посадкової глісади. Слід врахувати, що на посадку літальний апарат заходить проти вітру, а точка захоплення координат є точкою відкриття парашута у режимі автоматичної посадки й аварійної посадки у випадку втрати зв'язку;

#### *Вибір ділянки посадки*

Ділянка посадки обирається поблизу точки старту із урахування можливості візуального контролю оператором заходу на посадку й самої посадки БПЛА.

Для приземлення БПЛА вибирають рівну ділянку місцевості розміром 50x50 м. На ділянці не має бути предметів, при приземленні на котрі може бути пошкоджений БПЛА, а саме: пнів і каменів, кущів і дерев, стовпів й ЛЕП, будівель і споруд, водотоків тощо.

- при посадці у ручному режимі точка випуску парашуту визначається оператором виходячи із поточних метеорологічних умов, розміру, місця й особливостей посадкового майданчика;

- посадка в напівавтоматичному (автоматичному) режимі виконується

тільки при візуальному контролі БПА оператором.

## Висновки до розділу 1

Під час проведення першої частини магістерського дослідження, було розглянуто ключові, теоретичні основи використання безпілотників, розкрито особливості їх використання й класифікацію, а також вимоги які ставляться до комплексу БПА та оснащення злітно-посадкових смуг.

Передумовами застосування БПЛА в якості нового аерознімального засобу є недоліки 2-х традиційних способів отримання дистанційних даних за допомогою супутників (космічна зйомка) й повітряних пілотованих апаратів (аерофотознімання).

Дані космічної зйомки дозволяють отримати зображення з максимальним просторовим розрізненням у 30 см, що недостатньо для крупномасштабного картографування. Крім того, не завжди вдається підібрати безхмарні зображення з архіву. У разі зйомки під замовлення втрачається оперативність отримання цих даних. Відносно компактних ділянок оператори й дистриб'ютори часто не проявляють гнучкої цінової політики.

Використання БПЛА, вирішує цілий ряд задач, який на сьогодні такий широкий, що для вдалого вирішення кожного із них застосовуються системи спеціально-оптимізовані під виконання певних функцій. При цьому визначальне місце займає оптимальний вибір певного виду дрона, який можна обрати за основними показниками.

Носії знімальної апаратури поділяють на наступні основні групи: підводні, наземні, авіаційні і космічні. Найбільш широко для дистанційного знімання використовуються авіаційні й космічні літальні апарати, із-поміж яких виокремлюються безпілотні літальні засоби.



## **РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА ПРИ ВИРШЕННІ ЗАДАЧ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА**

### **2.1. Сутність точного землеробства, його роли для ефективного ведення агродіяльності**

Точне землеробство – інноваційний метод ведення сільського господарства, що передбачає використання новітніх технологій для покращення якості врожаю. Технологія точного землеробства передбачає використання точних даних ДЗ, таких як фото- або відеозображення з дронів або супутників. Такі матеріали дозволяють ефективно спостерігати за станом ґрунтів та врожайністю. Точне землеробство в агровиробництві привертає все більше уваги з боку аграріїв, оскільки ці заходи допомагають скоротити витрати і поліпшити стан довкілля.

Точне землеробство – це пік теперішнього етапу сільськогосподарської революції, яка розпочалася на початку минулого століття із розповсюдженням автоматизованих систем. Вона продовжилася у 90-ті роки, коли були введені нові методи генетичної модифікації.

Щоб виявити переваги точного землеробства у с/г, спершу необхідно визначити, що таке розуміється під поняттям «точне землеробство» та у чому його переваги для аграріїв. По перше, це концепція, яка передбачає спостереження, вимірювання і реагування на зовнішньо- та внутрішньо польову мінливість с/г культур застосовуючи інформаційні технології (ІТ).

Основна ціль точного землеробства визначає його переваги. Цей підхід визначає вимоги до с/г культур та ґрунту для оптимальної продуктивності із одного боку, та збереження ресурсів, забезпечення екологічної стійкості й захисту із іншого. Точне землеробство, як метод регулярного ведення с/г допомагає вирішити найважливіші проблеми землеробства: великі витрати, надлишкове використання ресурсів та руйнівний вплив на довкілля.

У наш час прогресивні науково-технічні відкриття полегшують життя фермерів і дозволяють їм справлятися із різноманітними викликами швидше.

Зважаючи на безліч доступних підходів, аграрії, хочуть мати найкращий й найефективніший продукт за свою ціну. Якщо оцінити переваги та недоліки кожної конкретної технології, моніторинг за допомогою ШСЗ, що є в основі технології точного землеробства, то можна розглядати як найбільш економічний та доступний варіант.

Просторові зображення й інструменти для їхнього тлумачення, що використовуються у точному землеробстві, дозволяють аграріям розпізнати проблемні проміжки, вирішити, котрий метод необхідно застосовувати в цільовій зоні й розрахувати найкращий час.

*Базові технології*, що використовуються у точному землеробстві

1. Технологія змінних норм (Variable rate technology) – будь-яка технологія або метод, що дозволяє фермерам контролювати кількість вкладених ресурсів, які застосовуються у межах визначених сфер господарювання. Ця технологія точного землеробства використовує спеціалізоване ПЗ, контролери й систему диференціального глобального позиціонування (DGPS). В основному існує 3 підходи до технологій змінних норм – ручний, такий, що базується на картах або даних сенсорів.

2. Відбір проб ґрунту за допомогою GNSS – цей підхід точного землеробства заснований на відборі ґрунтових проб для перевірки рівня рН, складу поживних речовин, й інших даних для прийняття оптимальних рішень у сільському господарстві. Значні дані, зібрані шляхом вибірки, застосовуються для розрахунку змінної норми оптимізації посіву та добрив.

3. Комп'ютерні програми – це софт, який використовують для створення точних планів агрогосподарств, карт полів, аналізу врожаю, планів врожайності і визначення точної кількості ресурсів, необхідної для застосування. Серед переваг цього методу точного землеробства у с/г – можливість створити екологічно безпечний план ведення с/г, що, в свою чергу, допомагає знизити вартість й підвищити врожайність. Із іншого боку, ці програми надають дані незначного значення, які не можуть бути застосовані для прийняття ключових

рішень у точному землеробстві через неможливість інтеграції отриманої інформації в інші допоміжні системи.



Отримуються з БПЛА і супутників. У порівнянні з даними з дронів, космічні знімки більш доступні й універсальні.

Точне землеробство дає змогу здійснювати віддалений контроль й управління полями із використанням сенсорів на самих полях, а також дронів й супутників для спостереження з небесного простору. Всі вони підходять для вирішення конкретних цілей, тому вибрати їх не є простою задачею.

Супутникові зображення із самого початку здаються найбільш прибутковим варіантом ДЗ, так як онлайн-програмне забезпечення дозволяє збирати, обробляти і аналізувати дані онлайн.

Використання таких ІТ-продуктів для точного землеробства дає змогу вам зберігати повну інформацію в одному місці, отримуючи історичні дані і їх порівняльний аналіз, складати звіти та ділитися будь-якою необхідною інформацією із усіма учасниками процесу управління полями (аграріями, фермерами, агрономами, що працюють на полях, трейдерами, страховими компаніями, тощо).



У точному землеробстві, зібрати дані – це ще не усе – їх потрібно інтерпретувати. Перевага онлайн-сервісів у тому, що вони також включають інструменти для обробки даних.

Основні аналітичні інструменти для точного землеробства включають, Вегетаційні Індекси

ReCI – Хлорофільний Red Edge індекс – виявляє хлорофіл й, таким чином, здатність до фотосинтезу.

NDVI (Нормалізований диференційний вегетаційний індекс, Normalized Difference Vegetation Index) – оцінює здоров'я рослинного покриву за допомогою відбитого ближнього ІЧ світла.

NDRE (Нормалізований диференційний RedEdge індекс) – також націлений на хлорофіл, проте призначений для моніторингу посівів всередині і наприкінці сезону в точному землеробстві.

NDMI (Нормалізований диференційний індекс вологи) – описує рівень водного стресу культури.

MSAVI (Модифікований коректований ґрунтовий індекс) – відслідковує ранні стадії розвитку рослин для моніторингу стану урожаю.

Актуальна інформація про цикл росту рослин дозволяє агрохімікам, що використовують технологію точного землеробства, умісно обрати найбільш сприятливий час для польових робіт. Які потім включають внесення добрив, інсектицидів, фунгіцидів; розподіл іригаційних чи дренажних систем. Таким чином, ви можете вчасно вирішувати завдання на своєму господарстві.



Оскільки поля на господарстві розрізняються за складом ґрунту, здатністю утримувати воду потребами у поживних речовинах, та багатьма іншими характеристиками,

найкращий засіб – це застосування техніки зонування поля. Технологія точного господарювання пропонує диференційований підхід до визначення цільового призначення угіддя та способу його обробки.

Це робиться за допомогою космічних знімків майже у реальному часі та порівняльного аналізу історичних даних у певній ретроспективі. Коли ви помічаєте певну подібність – це, швидше за все, закономірність, яку можете змусити працювати на вас використовуючи технології точного господарства.

Інтернет і робототехніка замінюють людей у багатьох сферах діяльності, і сільське господарство не виняток. На теперішній час є декілька додатків, що можуть розраховувати кількість посадкового матеріалу чи необхідних поживних речовин на гектар точніше, ніж людина. Використовуючи технології точного землеробства, можна отримувати інформацію про посіви й прогноз погоди на свій смартфон.

Автоматизовані девайси досить розумні, щоб відрізнити бур'яни від рослин й стиглі плоди від недозрілих.



Також важливим є необхідність визначення точного місцезнаходження обладнання, а не просто знати, де приблизно його локацію. У точному землеробстві, ГІС покращує с/г операції і загальну продуктивність. Дощовики і сівалки, що керуються комп'ютером, не проходять одну й ту ж лінію двічі, а це означає, що вони не покривають одну лінію двічі й не допускають пропущених ланок.

Ця інновація точного землеробства у с/г знижує витрати матеріалів і захищає природу у разі застосування хімікатів, не кажучи уже про те, що надмірне удобрення й полив знищують посіви.

Спрощуючи визначення поняття «точного землеробства», ми також можемо зазначити, що це отримання й обробка точної інформації для рослинництва у реальному часі за допомогою новітніх комп'ютерних технологій.

Кінцева мета технології точного землеробства в сільському господарстві – знайти найбільш ефективні рішення.



За допомогою нових технологій можна зберігати весь набір даних в одному хмарному місці й отримувати докладний та всебічний аналіз метеоумов, стадій розвитку рослин, оптимальної кількості й часу для посіву чи внесення добрив, зонування полів засобами ГІС тощо.

Сучасне інтелектуальне програмне забезпечення повідомляє про прогноз погоди, стан врожаю та аномалії його розвитку заздалегідь, щоб запобігти втратам.

Володіючи актуальною інформацією і компетентними рекомендаціями щодо точного землеробства, можна найефективніше використовувати своє господарство, зменшуючи кількість насіння й добрив зробивши тим самим свій внесок в охорону природи.

## **2.2. Використання БПЛА у сільському господарстві**

Максимальної ефективності в сільському господарстві можна досягти, лише володіючи актуальною та точною інформацією про площу, рельєф, специфіку ґрунту полів. Найбільш простим та дієвим способом для отримання таких відомостей є використання безпілотників. Всього за кілька хвилин польоту можна зібрати детальну інформацію про об'єкт, що вивчається, створити ортофотоплан, 3D-модель рельєфу і не тільки. Це дозволяє повністю контролювати сільськогосподарські процеси та своєчасно приймати рішення щодо їх коригування.

Дрони в сільському господарстві України – один із найперспективніших напрямів, на яке активно зростає попит. В інтересах точного землеробства постійно створюються та вдосконалюються як апарати, так і програмне забезпечення, що дозволяє в стислий термін збирати та обробляти отримані дані.

Для активнішого розвитку безпілотників над ринком України знижено регуляторні бар'єри і з'явилися спеціальні програми підготовки професійних операторів невеликих БПЛА.

Завдяки такому підходу пристрої стають одним із затребуваних інструментів у великих українських агрохолдингів, серед яких "Мрія" і "Агропросперіс".

Для спостереження за полями використовують два види БПЛА, що відрізняються своєю конструкцією та льотними характеристиками:

- літакового типу або типу фіксованого крила – найбільш зручний варіант для обльоту великих територій, що характеризується високими аеродинамічними показниками. БПЛА цього типу найкраще підходить для моніторингу протяжних об'єктів або зйомки за умов значного віддалення. Але через особливості конструкції безпілотник повинен постійно рухатися і тому не може працювати в режимі зависання над об'єктом, а також здійснювати зйомку на обмежених територіях.

- коптерні безпілотники або дрони можуть оснащуватися різною кількістю гвинтів, що дозволяє відмінно справлятися з точковою зйомкою в одному місці для обстеження невеликої земельної ділянки, тривимірного моделювання, зрощення. Квадрокоптери відрізняються простою конструкцією, стабільністю польоту та надійністю. До недоліків БПЛА цього виду можна віднести невелику швидкість і обмежений час польоту, через що радіус дії менший, ніж у літакових дронів.

Технологічно оснащені безпілотники у сільському господарстві здатні *виконувати різноманітні операції*:

1) аерофотозйомку – необхідну для виявлення пустот, загибелі врожаю після впливу природних факторів та інших дефектів, що потребують своєчасного усунення. Аерофотозйомка з дрона більш детальна, ніж зйомка із супутника, за рахунок невеликої висоти польоту. Крім того, безпілотні системи дозволяють знімати навіть за умов поривчастого вітру та хмарності;

2) відеозйомка – продуктивність літального апарату при відеозйомці досягає 30 км<sup>2</sup> за 1 годину, що суттєво знижує часові та фінансові витрати порівняно з використанням наземних видів обстеження або пілотованої авіації.

3) 3D моделювання – дозволяє визначати перезволожені чи посушливі території, виїмку ґрунту, грамотно створювати плани та карти зволоження чи осушення ґрунту, рекультивації ділянок чи меліорації земель.

4) тепловізорна зйомка – здійснюється із застосуванням всього спектру інфрачервоного випромінювання: ближнього, середнього та далекого діапазону. Дослідження з БПЛА дає можливість визначити терміни диференціювання точок зростання, що безпосередньо впливає на врожайність та збереження продуктивних властивостей рослин із збереженням спадкових можливостей сорту.

5) лазерне сканування – застосовується для аналізу місцевості на важкодоступних чи недоступних територіях. Даний метод забезпечує отримання точної моделі високої густини з детальним відображенням рельєфу навіть при роботі в умовах сильної загущеності насаджень.

6) обприскування – завдяки можливості дооснащення, дрони використовують для точкового обприскування рослин та плодових дерев. Такий підхід дозволив фермерам обробляти лише хворі рослини, за винятком попадання хімікатів на решту врожаю.

Сучасні безпілотні системи *вирішують такі завдання:*

- оцінка якості посівів та виявлення факту пошкодження чи загибелі культур;
- визначення точної площі загиблих культур;
- аудит та інвентаризація земель, необхідних здійснення угод;
- визначення дефектів посіву та проблемних ділянок;
- аналіз ефективності заходів, спрямованих на захист рослин;
- моніторинг відповідності структури та планів сівозміни;
- виявлення відхилень та порушень, допущених у процесі агротехнічних робіт;



- аналіз рельєфу та створення карти вегетаційних індексів PVI, NDVI;
- збирання інформації для служби безпеки, у тому числі з виявленням факту незаконного випасання худоби на полях;
- супровід будівництва систем меліорації;
- моніторинг зберігання коренеплодів;
- внесення трихограми;
- створення карток для диференційованого добрива та обприскування полів.

Активний інтерес до застосування БЛПА викликаний низкою виражених *переваг технології*:

- висока швидкість досліджень та економія часу фермерів. За день зйомки можна обстежити території площею до 5 тис. га;
- максимальна точність результату.
- можливість візуального аналізу інформації у режимі реального часу.
- можливість вчасно оцінити якість виконаних у полі робіт.
- детальний контроль кожної ділянки всіх етапах сільськогосподарських робіт.

Застосування безпілотників допомагає як провести детальний аналіз умов, які впливають на якість рослинності, та й оптимізувати виробництво щоб одержати максимально ефективного результату з раціональним використанням ресурсів. Регулярна зйомка дозволяє вносити дані до технічних документів з урахуванням прив'язки до часу для оцінки наслідків впливу несприятливих умов.

Крім переваг, робота з дронами має низку недоліків, серед яких:

- необхідність отримання спеціального дозволу на польоти;
- залежність точності зйомки від навичок оператора та програмного забезпечення;
- обмежена дальність дії через невисокі можливості акумуляторів.

Сьогодні, дрони доступні не лише великим агрохолдингам та комплексам. Завдяки помірній вартості та поширеності навчальних курсів з управління

апаратами, зйомку можуть собі дозволити середні та навіть дрібні фермерські господарства.

Крім того, зовсім не обов'язково купувати безпілотник. Його можна орендувати або замовити послугу із застосуванням безпілотників у професіоналів.

*Приклад використання безпілотників у господарстві:*

Завдання: Виявлення схожості рослин. Підрахунок кількості сходів соняшнику.

Результат: Через низьку якість роботи висівних комплексів відстань між сходами була нестабільною, була велика кількість перепусток і двійників. Сингуляція складала 86%. Це було виявлено та автоматично пораховано після моніторингу з безпілотника IТЕC Skif NDVI.

Витрати:  $100 \text{ км}^2 \times (1500 + 700 + 700)$  (польоти + ОФП + векторизація М1:2000) = 290 тис. грн.

Економічна ефективність: В результаті після переобладнання та налаштування висівних комплексів у наступному сезоні вдалося значно підвищити якість посівів та отримати сингуляцію сходів до 98 %. Це забезпечило збільшення врожайності до 8 %.

Чистий прибуток у цьому випадку складе 15 млн. грн.

### **2.3. Огляд вітчизняного ринку агродронів**

Розвиток сільського господарства допомагає розвитку технологій і навпаки. Все більше аграрії починають використовувати технології точного землеробства. У зв'язку з цим над полями почали літати БПЛА, які можуть збирати інформацію про поле, моніторити посіви, робити картографію чи навіть обприскувати або вносити трихограму. Агродрони – це рішення для аграріїв, які, наприклад, не можуть собі дозволити послуги повноцінного літака для внесення пестицидів чи комах, або ж хочуть мати карту поля для створення технологічних

колій, по котрих будуть рухатися агротехніка. У роботі ми проведемо огляд безпілотників для сільського господарства як українського так і закордонного виробництва. Розділимо їх на дві категорії: дрони для моніторингу та для внесення розчинів та комах.

Історія багатьох моделей українських агродронів почалася в 2013-2014 роках. Тоді головним поштовхом стала війна на Сході України, а вже згодом – розвиток точного землеробства.

Безпілотники можуть відігравати у точному землеробстві значну роль. Їх використовують для потреб моніторингу, точного обміру полів і як інструмент створення цифрових карт. Наприклад, для подальшого диференційованого внесення азотних добрив. У цьому напрямку Україна лише на кілька років відстає від Європи та США. Там бум агродронів виник ще на початку 2010-х.

В Україні можна виділити 4 сегменти ринку агродронів:

- дистриб'ютори та продавці імпортованих дронів;
- вітчизняні виробники власних безпілотників;
- компанії, що збирають дрони з комплектуючих (зазвичай, китайських);
- сервісні компанії, що надають послуги із використанням дронів.

Українських компаній, які створюють власні БПЛА поки що небагато. Тим не менше, декотрі з них здатні конкурувати з закордонними аналогами, й не лише ціною, але й функціональністю. Отже, вітчизняний ринок агродронів лише зароджується, їх технології активно розвиваються, й на ринку з'являються нові команди та проекти. Можна сміливо припустити, що через 5 років список українських виробників налічуватиме десятки компаній із сотнями різноманітних моделей. У подальшому розвитку ринку агродронів буде сприяти поширення практик точного землеробства.

Сьогодні можемо говорити про декілька українських розробників, які створюють свої дрони спеціально для агродіяльності, а саме: Matrix UAV, ІТЕС, AeroDrone, MegaDrone, Kray Technologies, AgriEYE й AgroDrone.

Самі сервісні компанії є інтеграторами безпілотних систем. Вони надають можливість ознайомитись із технологією на практиці, протестувати її

ефективність на власному агрогосподарстві.

Вибір дрона – питання без однозначної відповіді. Важливим є як ціна та комплектація. Компаніям, які хочуть використовувати БПЛА у своїй роботі, необхідно виходити із того, які завдання й в котрому об’ємі вони повинні будуть виконувати.

Без проведення навчання персоналу користуванню дроном, обробки та інтерпретації отриманих даних, дрон може не використовуватись на повну. Саме тому до вибору потрібно підходити комплексно.



Київська компанія *ІТЕС* починала свій шлях, виробляючи БПЛА для розвідки. Сьогодні ІТЕС випускає не лише армійський БПЛА Patriot, але й *SKIF* – модель, що призначена для сільського господарства.

*SKIF* – це БПЛА з крилом типу «Промінь», працює від електродвигуна та запускається за допомогою еластичної катапульти.

Із характеристик варто відмітити, що його вага 3,6 кг, розмах крил 1,5 м. Він може підніматись на висоту до 400 метрів й перебувати у небі до 2-х годин. Він здатен облетіти та відзняти на фото 1 500 га за виліт.

*SKIF* має потужну камеру з матрицею 20 МР. Цифрова камера дозволяє отримувати фотознімки роздільної здатності до 3 см на піксель із висоти 120 метрів. Цього достатньо, щоб:

- проводити обмір полів із точністю в 5-10 см;
- будувати високоточні ортофотоплани;

*SKIF* може розвивати швидкість до 70 км/год й працювати у радіусі 50 км, що є значним показником для агродронів.

Камера знаходиться у захисному ковпаку, котрий захищає її від пошкоджень при посадці. Сама посадка *SKIF* здійснюється за допомогою парашутної системи.

Модель обладнана GPS-маяком. Таким чином, місцезнаходження дрона

можна побачити як на смартфоні, так і в системі GNSS-моніторингу на комп'ютері.

Комплектація представлена на рис. 2.1.



Рис. 2.1. Комплектація БПЛА IТЕК Skif

Налаштування перед польотом здійснюється використовуючи ноутбук та спеціальне ПЗ. Вагомим перевагою даної моделі є повна автономність роботи. Оператор налаштовує маршрут польоту, запускає БПЛА і далі лише здійснює контроль за польотом. Софт дозволяє дрону проводити обліт та фотознімання самостійно, у автоматичному режимі. Таким чином мінімізується втручання оператора й підвищується точність робіт.

IТЕС продовжує розвивати лінійку дронів SKIF. Виходячи з конкретних потреб агроринку, так окрім базової версії, сьогодні існують наступні моделі:

**MAPPER** – модель із додатковим геодезичним обладнанням, яке дозволяє робити якісні ортофотоплани із сантиметровою точністю.

**NDVI** – модель, обладнана мультиспектральною камерою Mapir Survey-3, яка дозволяє більш ефективно моніторити стан посівів.

**RTK** – модель, призначена для проведення обміру полів. Дозволяючи приймати РТК поправку сигналу GNSS та здійснювати знімання з точністю позиціювання до 20 см.

Вартість комплексу SKIF в залежності від модифікацій становить від 300 тис. до 500 тис. грн.

**MegaDrone** – це молода львівська компанія, офіційним стартом діяльності котрої є кінець 2016 року. Основний акцент робиться на виготовленні практичних, доступних і бюджетних, засобів безпілотної авіації для роботи

аграріїв.

У MegaDrone представлена лінійка із кількох дронів. Це VTOI HAWK, SkyHunter MD-1 і коптерні моделі для внесення трихограм (MD SMART та MD LITE). На них також можна змінити трихограмні модулі, встановити камеру й використовувати їх для моніторингу стану посівів.



За допомогою SkyHunter MD-1 можна вносити трихограму, створювати ортофотоплани, проводити обмір полів й розраховувати індекси вегетації (у сервісі обробки даних DroneDeploy). А це практично основні задачі, які сьогодні ставлять перед агродронами.

Дрон обладнаний двома електромоторами, має розмах крил 1,8 метра. Здатен піднімати до 500 г корисного навантаження на висоту 500 метрів.

Знімання виробник рекомендує проводити із висоти 150 метрів над поверхнею. Цифрова камера Canon s110, котрими комплектують MD-1, на такій висоті здатна робити зображення роздільною здатністю 5-6 см на піксель. Залежно від бажаної якості фото, SkyHunter MD-1 може покривати площу від 600 до 1 200 га за один виліт.

Політ БПЛА SkyHunter MD-1, як у випадку із SKIF, повністю автоматизований й проходить по заданому маршруту.

SkyHunter MD-1 – простий аероапарат, що не потребує спеціального обладнання для запуску. Запуск здійснюється «із руки», посадка відбувається прямо на фюзеляж. У повітрі MD-1 може перебувати до 2-х годин, віддаляючись від оператора на 45 км.

Завдяки своїй простоті, багатофункціональності й відносно невисокій вартості – від 70 000 грн залежно від комплектації, SkyHunter MD-1 може стати безпілотником «першого вибору». Особливо для малих і середніх агропідприємств.

Безпілотник *VTOI HAWK* – нова розробка від MegaDrone. Це літак вертикального зльоту й посадки. Запуск відбувається за допомогою катапульти чи ручного запуску (із руки), посадка переважно проходить на фюзеляж чи відбувається за допомогою парашуту. Йому не потрібна злітна смуга – достатньо майданчика розміром усього 2 на 2 м для того, щоб злетіти й сісти. Із ним легко



працювати, й це велика перевага. Керувати ним легше, ніж із попередніми моделями – якщо там треба спершу пройти навчання близько тижня, то тут можна обійтися без нього. Його

технічні характеристики: час польоту – 1 год, покриття – до 1 тис. га за виліт, дальність сигналу – 9 км, максимально допустима швидкість вітру – 10 м/с, максимальна швидкість польоту – 90 км/год. Додатково можна встановити на нього камеру для знімання.

Цей БПЛА був розроблений в кінці 2018 року, під кінець агросезону. Він був випробуваний на території одного із львівських агрохолдингів й зарекомендував себе дуже легким у користуванні. До речі, його можна задіяти не лише у агросекторі – він підходить для будь-якої галузі, яка потребує простого й ефективного літального апарату. Основна відмінність VTOI HAWK від інших моделей – його незначні розміри й простота використання. Наразі запущено серійне виробництво таких дронів й на сьогодні продано більше, ніж 10 штук.

### **Matrix UAV. Катана-Агро**

Matrix UAV – проект, котрий з’явився в середовищі волонтерського руху. За 3 роки команді вдалося перейти від саморобних дронів до виробництва оригінальних моделей різного призначення.

«Катана» створювався як військовий безпілотник, проте завдяки своїм характеристикам знайшов місце на агроринку.

Сьогодні Matrix UAV все більше уваги приділяє агро діяльності. Слідом за агрономіфікацією «Катани» було створено важку мультифункціональну

платформу «Командор», призначену для внесення засобів захисту рослин (ЗЗР).



«Катана-Агро» – це БПЛА легкого класу. Він простий у керуванні та обслуговуванні. Значну роль в цьому зіграло перше функціональне призначення дрона – військова розвідка. Він створювався

за принципом “запустив та забув”. Усе, що потрібно від оператора – викреслити польотний план на екрані планшету, увімкнути живлення й запустити дрон. Усе інше – зліт, політ за маршрутом, виконання льотно-польотного завдання, посадки – апарат виконує самостійно, у автоматичному режимі. При цьому оператор має можливість керувати дроном під час польоту у ручному режимі.

Таблиця 2.1

### Порівняльна характеристика БПЛА

	ITEC SKIF	MEGADRONE SKYHUNTER MD-1	MATRIX UAV КАТАНА-АГРО
Призначення	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Моніторинг стану посівів</li> <li>○ Створення ортофотоплану</li> <li>○ Обмір полів</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Моніторинг стану посівів</li> <li>○ Створення ортофотоплану</li> <li>○ Внесення трихограми</li> <li>○ Обмір полів</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Моніторинг стану посівів</li> <li>○ Створення ортофотоплану</li> <li>○ Обмір полів</li> </ul>
Час польоту, хв	120	120	80
Покриття, га/виліт	1500	600-1200	700-1000
Вага, кг	3,6	3,3	2,6
Корисне навантаження, кг	0	0,5	0,3
Камера	Вбудована, 20 Мр	Canon s110, 13 Мр	Вбудована, 17 Мр
Тип запуску	Катапульта	Ручний	Ручний
Тип посадки	Парашут	На фюзеляж	На фюзеляж
Тип двигуна	Електричний	Електричний, 2 шт.	Електричний
Макс. висота польоту, м	400	500	600
Макс. дальність польоту, км	50	35	40
Макс. швидкість польоту, км/год	70	90	70

«Катана-Агро» має заявлений радіус польоту до 60 км, й може перебувати в повітрі до 1,5 год. Вартість комплексу, до котрого входять два БПЛА, сьогодні стартує від 300 тис. грн.

Отже, MegaDrone SkyHunter MD-1 – універсальний БПЛА “бюджетного вибору” для малих й середніх підприємств. Найкращий варіант за



співвідношенням “ціна-якість”, має широкий спектр використання та низьку вартість ремонту й обслуговування.

ІТЕС SKIF – найбільш автоматизований та захищений БПЛА українського виробництва. Має декілька модифікацій апаратів різного призначення, простий у використанні, із високими характеристиками продуктивності. Це надійний БПЛА для великих виробників та агрохолдингів.

Matrix UAV «Катана-Агро» – легкий дрон для малих й середніх підприємств. Функціональний, але дорожчий у порівнянні з SkyHunter MD-1.

Компанія **Dronee** зовсім невелика – її команда складається із трьох осіб. Компанія базується у м. Бровари під Києвом і створює БПЛА із 2017 року. Найбільш популярна модель DroneePLANE. Це легкий літак для професійної геодезії й картографії. Він зроблений так, що на нього без проблем можна встановити ПЗ, яке поставляється разом із літаком і ставиться на iPad (Dronee App, додаток для iOS, софт для знімання дронів). При цьому легко створювати проект польоту, завантажувати на літак й його запускати. Тому він підходить навіть для новачків без будь-яких попередніх навичок польоту, й це його найбільша перевага.

На DroneePLANE можна монтувати камеру (звичайну RGB Sony RX0 чи мультиспектральну Parrot Sequoia.) Час польоту із камерою RGB Sony RX0 складає 55 хвилин, із Parrot Sequoia – 38 хвилин. Спочатку лінійка складалася тільки із дрона з камерою RGB Sony RX0, після чого була розширена моделлю із мультиспектральною камерою. Кожна камера призначена для вирішення своїх



задач. Так, Parrot Sequoia більше підходить для с/г, хоча RGB Sony RX0 також може бути використана для цих потреб, як і у класичній геодезії. Можна легко змінити модель на іншу, просто змінивши камеру, або придбати дві і використовувати на повну.

Дрон виготовлений із сучасного гнучкого спіненого матеріалу і має зручний чохол, котрий захищає його, коли він не використовується, дозволяє легко носити його із собою, куди б ви не пішли – ідеально для імпровізованих польотів.

Цей БПЛА у першу чергу призначений для моніторингу стану посівів й виконання технологічних операцій, обміру полів та створення ортофотопланів, геодезичних робіт й інспектування об'єктів. Його покриття складає до 450 га за виліт. Запуск виконується вручну, максимально допустима швидкість вітру – до 12 м/с, посадка здійснюється на фюзеляж.

Є багато замовлень таких БПЛА на Європу і США. В Україні їх переважно купують невеликі холдинги й підприємства. Основна галузь використання – с/г. Зокрема їх застосовували для CFG (Continental Farmers Group), а також у співпраці з платформою Hummingbird, котра завантажує дані із дронів та аналізує стан посівів. Для інших підприємств DroneePLANE переважно використовували в цілях обміру полів й моніторингу стану посівів.

Компанія **ABRIS DG** – старожил ринку БПЛА в Україні. Група займається проектуванням безпілотних технологій протягом уже 20 років, має досвід роботи у легкій й надлегкій авіації, виробництві БПЛА, наземному моніторингу та аерофотозйомці. Тому її продукція є провідною у сегменті професійних безпілотників. Компанія пропонує на вибір клієнтам цілу лінійку дронів, залежно від специфіки їхньої діяльності. Дрони від ABRIS можуть стати незамінним інструментом для прецизійного аерофотознімання рівнинної й гірської місцевості, протяжних й площинних об'єктів, моніторингу сільгоспугідь, картографування полів, внесення біологічних засобів захисту рослин (ЗЗР), створення прив'язаних ортофотопланів, онлайн-відеомоніторингу територій й об'єктів і ЦМР.

Лінійка ABRIS складається із трьох літакових платформ. Це FLIRT Iron, FLIRT Arrow та FLIRT Cetus. Розглянемо кожен із них.

**FLIRT Iron.** Модель розроблена у 2018 році безпосередньо для потреб с/г, а саме внесення біологічних засобів захисту рослин (трихограми). Відмінною особливістю моделі FLIRT Iron є оригінальна конструкція із високоміцних



алюмінієвих сплавів й цупкої тканини, яка забезпечує літаку високу надійність та ремонтпридатність. Тобто літак у принципі не вбивається. Час його польоту складає 1 год, покриття –

1000 гектарів за виліт при проведенні моніторингу стану посівів, запуск – ручний або через катапульту, максимально допустима швидкість вітру – 10 м/с, посадка на фюзеляж чи за допомогою парашуту. Особливість цього літака в тому, що він літає на незначній висоті над посівами (близько 10 м), що й дозволяє вносити трихограму. FLIRT Iron відмінно зарекомендували себе на минулорічному сезоні внесення ЗЗР. Завдяки використанню ПЗ ABRIS Flight Planner, можливе виконання робіт навіть в нічний час на полях зі складним рельєфом й перешкодами, що зазвичай важко та ризиковано виконувати на пілотованих літаках або мотодельтапланах.

Оскільки конструкція літака модульна, із часом з'явився задум зробити його універсальним інструментом, та цю модель стали комплектувати додатково камерами для аерофотознімання та відеомоніторингу. Найближчим часом можна очікувати виходу ще однієї більшої за розміром моделі, яка матиме змогу підіймати на борт декілька камер одночасно, які зможуть здійснювати знімання із різних ракурсів (фронтально, униз, убік). Перший зразок Big Iron (Biron) вже скомплектовано, він виконав низку тестових польотів.

Таким чином, FLIRT Iron є універсальним, надійним і бюджетним рішенням, здатним виконувати цілий ряд завдань – від картографування й моніторингу посівів до внесення трихограми. Відповідні модулі встановлюються на літак у змінних картриджах й можуть легко бути замінені у польових умовах.

*FLIRT Arrow* теж можна використовувати для внесення трихограм, установлюючи трихограмний модуль, чи замінити його на камеру та застосовувати для моніторингу стану посівів. Це уже більш професійна й дорога модель. Вона зроблена із карбону, а час її польоту складає 1,5 год.

*FLIRT Cetus* – великий літак, час польоту котрого – 150 хв. Він зроблений із карбону й переважно використовується в геодезичних цілях. Актуально задіяти його для обміру полів, так як він дозволяє закривати значні площі (до 3 тис. га за один політ). Також його конструкція дозволяє встановлювати 2 камери одразу і під час польоту збирати 2 види даних: одні – мультиспектральною камерою, інші – звичайною. Таким чином, одночасно можна зробити й обмір полів, та промоніторити стан посівів.

Моделі ABRIS купують переважно сервісні компанії, які надають послуги по обмірам полів, внесення трихограми, моніторингу стану посівів, *FLIRT Cetus* – окрім того, геодезичні компанії, що надають послуги в сфері геодезії, так як цей літак найперше пристосований для таких цілей.

## **Висновки до розділу 2**

Точне землеробство – це пік теперішнього етапу сільськогосподарської революції, яка розпочалася на початку минулого століття із розповсюдженням автоматизованих систем. Вона продовжилася у 90-ті роки, коли були введені нові методи генетичної модифікації.

Точне землеробство дає змогу здійснювати віддалений контроль й управління полями із використанням сенсорів на самих полях, а також дронів й супутників для спостереження з небесного простору. Всі вони підходять для вирішення конкретних цілей, тому вибрати їх не є простою задачею.

Агродрони – це рішення для аграріїв, які, наприклад, не можуть собі дозволити послуги повноцінного літака для внесення пестицидів чи комах, або ж хочуть мати карту поля для створення технологічних колій, по котрих будуть рухатися агротехніка.

## РОЗДІЛ 3. ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА НА ЗЕМЕЛЬНИХ НАДІЛАХ М. НОВОСЕЛИЦЯ

### 3.1. Загальна характеристика території дослідження

#### *Загальна характеристика м. Новоселиця*

*Новоселиця* – місто в Чернівецькій області Чернівецького району, адміністративний центр Новоселицької міської територіальної громади та розташований на півночі Бессарабії, на західному березі річки Прут. Воно розділяє Бессарабію із Буковиною, а Чернівецький район із Молдовою (рис. 3.1)

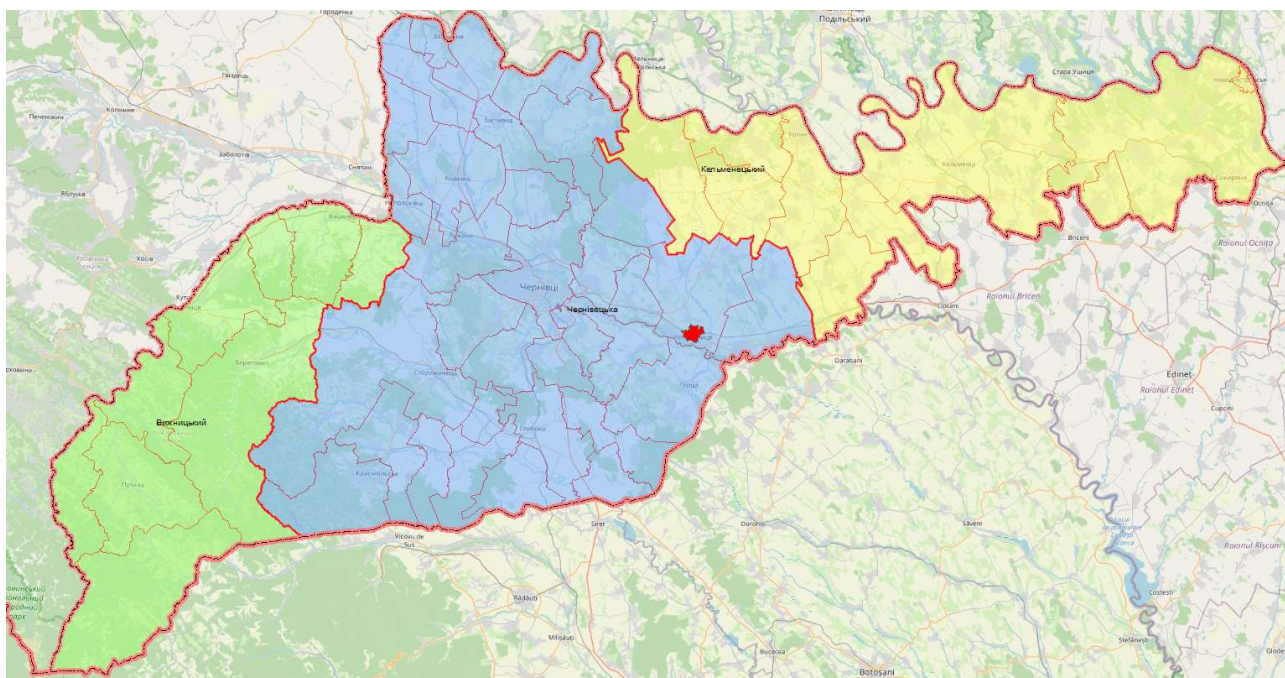


Рис. 3.1. *Рис. 3.1. Географічне положення м. Новоселиця*

Міськраді, окрім Новоселицької міськ ради увійшли Маршинецька (с. Маршинці), Рингацька (с. Рингач, Шишківці), Рокитненська, Слобідська (с. Слобода, Ревківці), Строїнецька (с. Строїнці), Динівецька (с. Динівці), Берестянська (с. Берестя), Малинівська (с. Малинівка), Довжоцька (с. Довжок)

Міським головою на час написання магістерської роботи була пані Нікорич Марія Іллічна. На *рисунку 3.2* представлено існуючий стан реалізації адміністративної реформи у Чернівецькому районі та власне, місце самої Новоселицької ТГ.

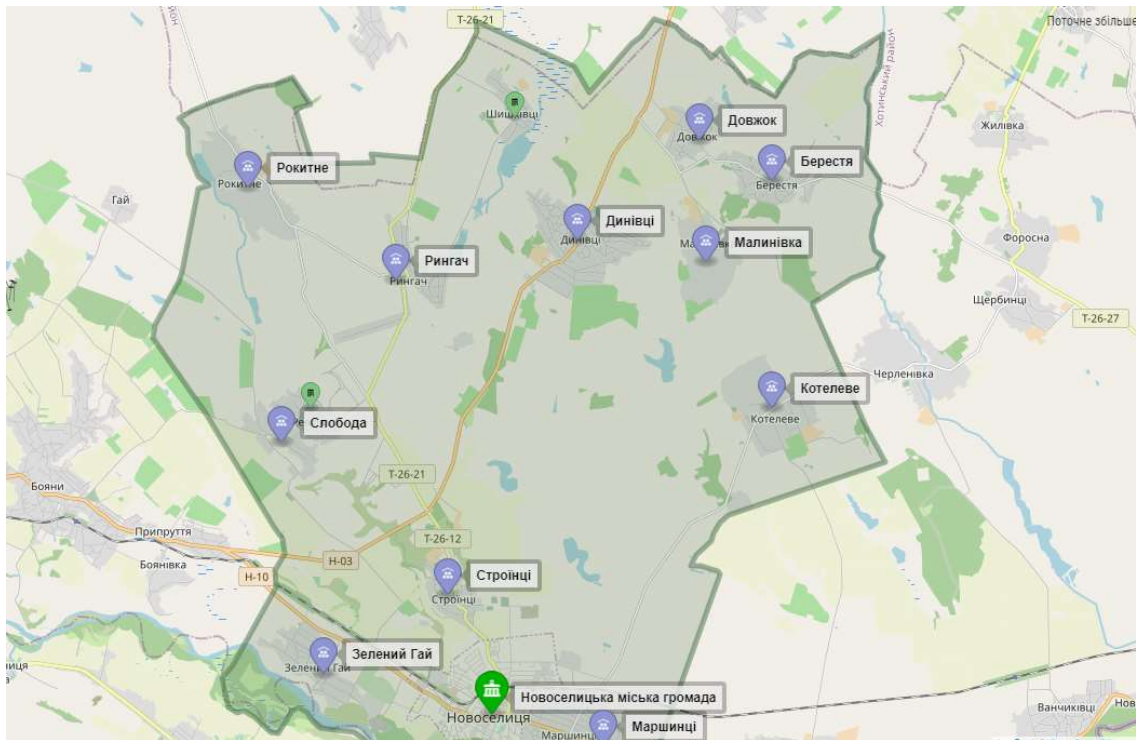


Рис. 3.2. Новоселицка міська територіальна громада

Станом на 2001 рік, населення міста складало 7632 особи, за приблизними підрахунками їх кількість стрімко знижується, у результаті від'їзду молоді до сусідніх регіонів та обласного центру. Своєрідним є розташування поселення у межах долини річки Прут.

Клімат є помірно континентальним з м'якою зимою і теплим літом. Середньорічна температура повітря становить  $+8,6^{\circ}\text{C}$ , найнижча вона у січні ( $-2,9^{\circ}\text{C}$ ), найвища – в липні ( $+19,8^{\circ}\text{C}$ ). Зима, як правило, настає 28 листопада, а закінчується 9 березня; літо починається 20 травня, а закінчується 10 вересня. У середньому за рік у регіоні випадає 956 мм атмосферних опадів, найменше – у жовтні та січні-лютому, найбільше – у червні-липні. Щороку у зимовий період утворюється сніговий покрив, проте його висота незначна. Середня швидкість вітру – від 3,3 м/с в липні до 4,0 м/с у січні. Середньорічна вологість повітря – 77 %.

Через місто проходить залізниця, яка сполучає Чернівці і Молдову, а також автомобільна дорога (Н10) національного значення загальною протяжністю – 10,3 км, яка з'єднує Чернівці – Мамалига

Місту присвоєно унікальний кадастровий номер КОАТУУ – 7323010100 та поштові індекси – 60 300-06. Стосовно кадастрового зонування, то м. Новоселиця має складну структуризацію та поділяється на 15 кадастрових зон («01», «02», ...

«15»), ті в свою чергу формують 65 кадастрових кварталів.

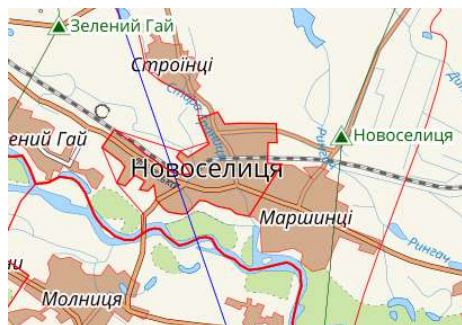
Найдавніша письмова згадка про Новоселицю датується 1456 р. За даними на 1859 р. у власницькому містечку Хотинського повіту Бессарабської губернії, мешкало 2081 особа (1056 чоловічої статі та 1025 — жіночої), налічувалось 299 дворових господарств, існували 2 православні церкви, 3 єврейських молитовних будинки, митниця, поштова станція, лісова пристань, відбувались щонедільні базари.

Станом на 1886 рік у власницькому містечку, центрі Новоселицької волості, мешкало 1007 осіб, налічувалось 145 дворових господарств, існували православна церква, синагога, 2 молитовних будинки, школа, лазарет, поштова станція, свічний завод, миловарний завод, 3 кожевених заводи, пивоварений завод, 50 лавок, кордон, 4 постійних двори, 4 винних погребів, відбувались базари[3]. За 3 версти — кордон.

До 1918 року біля Новоселиці знаходився потрійний стик кордонів Російської і Австро-Угорської імперій та Румунії.



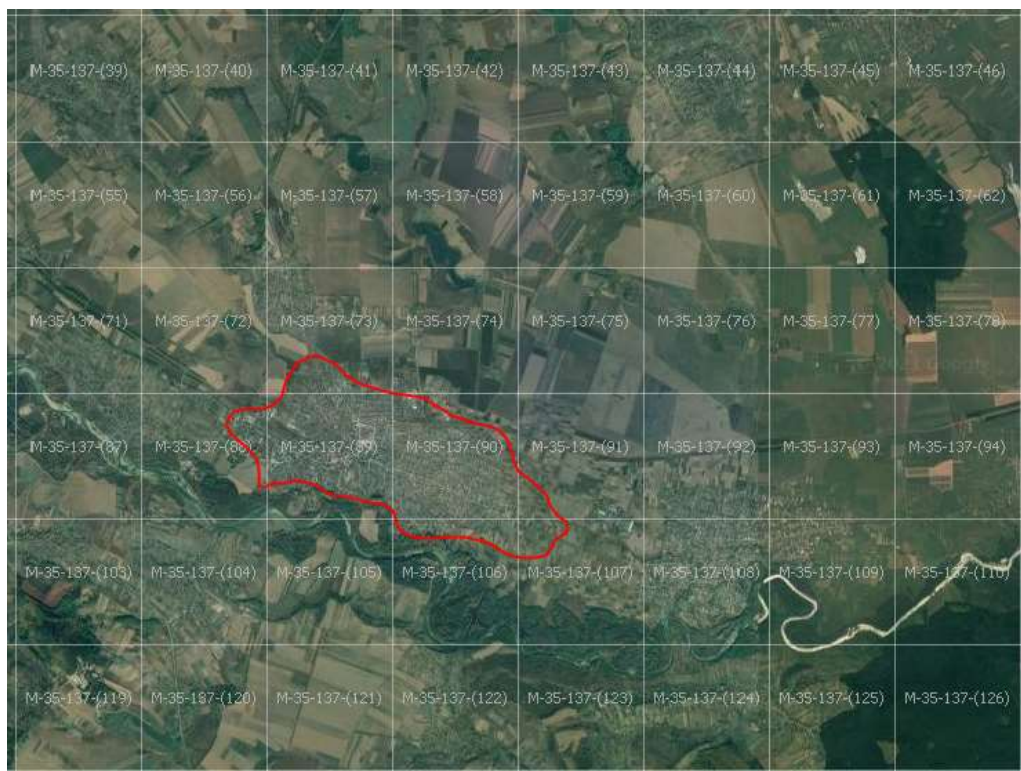
*Рис. 3.3. Фотозображення найвидатніших об'єктів поселення*



В плані геодезичного забезпечення, то на території міста відсутні пункти ДГМ, проте є розрядна геодезична мережа. Найближчим пунктом ДГМ є пункт 3-го класу «Новоселиця»,

Топографічними та картографічними матеріалами територія селища забезпечена частково. Так її територія покривається такими аркушами топокарт: 1:100 000 (М-35-137), 1:50 000 (М-35-137- Б), 1:25 000 (М-35-137- Б-в), 1:10 000 (М-35-137-Б-в-1, 2, 3, 4), а також топографічними планами 1:5 000 (М-35-137-(90), ...-(91), ...-(89), ...-(173), ...-

(106), ...-(107) (рис. 3.4).



*Рис. 3.4. Топографо-геодезичне забезпечення території м. Новоселиця*

*Дослідження фізико-географічних та економічних умов ділянки проведення робіт.*

Пристаюючи до експериментальної частини дослідження, а саме фотограмметричних робіт на певну ділянку в м. Новоселиця, необхідно добре уявляти ті умови, в яких будуть проводитися ці роботи. Це, перш за все, фізико-географічні умови та економіка району робіт. Ці відомості повинні бути оптимальними, їхня зайва деталізація буде тільки ускладнювати роботи. Тому у цій частині, ми розглянемо основні відомості, які необхідні аерофотознімальнику для повноцінного проектування, організації та подальшого проведення льотно-знімальних та інших робіт. При відборі відомостей ми дотримувалися простому правилу: відбирати тільки ті відомості, які мають безпосереднє відношення до постановки фотограмметричних робіт.

Основними джерела інформації були результати польового рекогносрування, виписки Новоселицької громади, енциклопедичні словники, фізико-географічні описи території, літературні відомості. Аерофотознімання



проводилося у вересні 2021 року, тому увесь опис є актуальним саме на цей період.

*Місцезнаходження ділянки.* З урахуванням значно площі м. Новоселиця, а також специфіки роботи із використанням дронів у агродіяльності, варто виокремити територію знімання, на фоні поселення. Так ділянка аерофотознімання знаходиться на півночі від центра міста, за 2600 метрів (рис. 3.9). Площа земельної ділянки на котрій проводились роботи складає 65 га.



*Рис. 3.5. Розташування території знімання та с. Усть-Путила*

*Рельєф.* Характеризуючи рельєф, в першу чергу, слід визначити, що ця територія вдало підібрана для ведення сільського господарства, так як вона характеризується рівнинним рельєфом. Це також істотно впливає на вибір місця запуску БПЛА. Пересічне значення відміток висот становить 279 м. Ухили місцевості відсутні, проте по периметру присутні яри, які відіграють захисну функцію земельного наділу. Варто відзначити, що рельєф є видозміненим у результаті антропогенної діяльності людини, зокрема на теперішній момент інтенсивно використовується в агродіяльності.

*Ситуація.* На території ділянки відсутні елементи забудови, огорожа та

інші елементи господарської діяльності. Лише через центральну та південну частини із заходу на схід побудовано меліоративні канали. По периметру (окрім західної частини), на суміжних наділах наявні господарські споруди, тепличні установки та елеватори зернові, які належать агропідприємству «Прогрес», яке замовило наші дронівські послуги.



*Рис. 3.7. Ситуація на час знімання (15 вересня 2021)*

На цій же території, в межах південного масиву проходять ЛЕП у 10 кВт. Для організації та проведення польових аерофотознімальних робіт має велике значення цей факт (рис. 3.8).



*Рис. 3.8. ЛЕП на території масиву*

*Клімат.* Під кліматом розуміють багаторічний режим погоди. При проведенні аеро та аграрних робіт необхідно враховувати наступні кліматичні показники: амплітуду сезонних і добових коливань температури повітря; тривалість польового періоду; панівні напрямки й швидкості вітру; частоту

виникнення туманів; період випадання атмосферних опадів. Знання названих метеоелементів дозволяє більш раціонально планувати терміни проведення повітряних робіт, проводити роботи при найбільш сприятливих метео умовах (температура, видимість, швидкість вітру), що забезпечує більш високу якість знімання або оприскування. Для вирішення цього завдання, ми обрали один із синоптичних інтернет-ресурсів «Синоптик.юа», за допомогою якого обрали один із найсприятливіших (безвітряний та сонячний) день на той період (рис. 3.9)



Рис. 3.8. Використання інтернет-ресурсу для визначення погодних умов

**Рослинність.** На цій ділянці рослинність представлена сільськогосподарськими культурами, проте навколо переважають чагарники та багаторічний трав'яний покрив, тому цю територію можна вважати відкритою, що відразу визначає найбезпечніший спосіб аерофотознімання – із постійним контролем БПЛА. Як відомо рослинність створює серйозні перешкоди при проведенні старто-посадочних робіт.

**Грунтовий покрив.** Характер ґрунтів на ділянці визначають умови пересування транспортних засобів в умовах бездоріжжя, стійкість штативів під приладами (коли використовуємо GPS-приймачі). Склад ґрунтів зумовлює

більше особливості ведення сільгосп виробництва.

Враховуючи, що в перелік наших завдань входить проведення аерофотознімання знімання зі створенням тимчасової геодезичної мережі, то закладка центрів не входить у перелік наших компетенцій. Із іншого боку, компетенціями агродіяльності нас не цікавили.

*Економіка району робіт.* Вона істотно впливає на організацію польових робіт, яка забезпечується отримання відповідних дозволів на політ. Зокрема, нами виявлено, що земельна ділянка на котрій знаходиться об'єкт знімання приватизована і розділена на 43 наділи (площею від 0,5 до 2,0 га), проте на теперішній час вона перебуває у середньостроковій оренді у Агропідприємства «Престиж».



*Рис. 3.9. Земельний масив на публічній кадастровій карті та при сучасних умовах землекористування*

Як вже, зазначалося, йому належить декілька складських, промислових та підсобних будівель довкола ділянки. Це полегшить при необхідності, вирішення таких завдань, як місця розміщення аерообладнання, умови проживання операторів, організація побуту й дозвілля працівників, перспективи використання місцевого транспорту, місцезнаходження місцевих органів влади.

*Транспортні та інші зв'язку.* Єдиним шляхом під'їзду до об'єкта робіт від центру громади є автомобільна дорога національного значення (Н-10) або польовими дорогами від с. Строїнці, стан дорожньої мережі й придатність її до використання в зимовий період є ускладненим.

### 3.2. Підготовчі роботи щодо проведення льотно-знімальних робіт

Підготовчі роботи необхідні для вивчення й оцінки якості вихідних геодезичних, картографічних, аерофотознімальних й літературно-довідкових матеріалів на район аерофотознімання, для складання технічних проектів, а також для підготовки приладів й матеріалів, що використовуються для виконання аерофотознімальних й польових геодезичних робіт.

Для виконання аерофотознімання повинен бути попередньо складений технічний проект робіт у якому визначений спосіб, яким буде виконуватись аерофотографічне знімання.

Вибір способу знімання визначається характером ситуації й рельєфу території, що підлягає аерофотозйомці масштабом і площею існуючим льотнознімальним обладнанням, а також техніко-економічними розрахунками.

Для цієї магістерської роботи, враховуючи всі умови й особливості ділянки під м. Новоселиця обираємо комбінований метод, при якому повітряне знімання виконують із використанням дрона, а польову планово-висотну підготовку аерофотозображень отримують за допомогою GNSS-знімання (рис. 3.10).



Рис. 3.10. Технологічна схема виконання аерофотознімання із БПЛА

Розглянемо для початку технічні засоби – безпілотник та його підготовку.

Так для виконання робіт при складанні карт для цілей точного землеробства на території наділів м. Новоселиця, на підприємстві ПП «АероАгро», в котрому я працюю, є у наявності дрони літакового та гелікоптерного типу. На вітчизняному ринку безпілотних засобів, досить популярними є моделі квадрокоптерів серії Phantom-4 та Inspire-2 марки DJI, з основних переваг яких є відносно не висока ціна й не погані технічні характеристики. На *рис. 3.11* представлено загальний вигляд коптера Djі Inspire-2, який ми й будемо розглядати, як основу технічного забезпечення у цій частині роботи.



*Рис. 3.11. Загальний вигляд квадрокоптера Djі Inspire 2*

Оновлена система зображень із роздільною здатністю 5 K відео у форматі RAW, одне із головних переваг цієї моделі дрона. При цьому він здатний розвивати швидкість до 80 км/год усього за 4 секунди. Максимальна швидкість руху коптера може досягати 108 км/год, а швидкість на момент приземлення становить 9,0 м/с. Квадрокоптер оснащений 2-ма АкБ, що дозволяє перебувати йому у повітряному просторі близько 30 хвилин. Встановлені самонагріваючі ситемеми сприяють роботі при від'ємній температурі повітря, а сам робочий режим коливається від -20 °C до +40 °C.

Збільшена потужність агрегатів дозволяє пілотувати коптеру при максимально екстремальних умовах, на висоті польоту від 2,5 до 5,0 км.

Створити карту польоту у режимі реального часу дасть можливість спеціальна оптична система. За допомогою функції Smart Return Home, він здатний

автоматично повернутися на місце зльоту. А інноваційна версія системи передачі телеметричної інформації сприяє високій якості зображення на дальності до 100 метрів.

В якості знімальної апаратури, може обиратися стокова камера Zenmuse X4S із форматом матриці 5472x3648 пікселів й розміром пікселя 2,4 мкм. Фокусна відстань об'єктива 8,8 мм..

В таблиці 3.1 представлено основні технічні характеристики Dji Inspire 2,

Таблиця 3.1

Основні характеристики БПЛА Dji Inspire 2

Характеристика	Значення
Точність зависання: -вертикальне -горизонтальне	±0,1 м ±0,3 м
Швидкість -зльоту -зниження -польоту	6 м/с 4 м/с 30 м/с (108 км/год)
Час польоту (автономність)	27 хв.
Акумулятор	4 280 мАг
Система визначення перешкод	0,7-30 м
Висота польоту	5 000 м
Кутовий діапазон вібрації підвісу	±0,01°
Стабілізатор	3-хосьовий
Робоча вага	4 000 г
Температурний діапазон	-20 ≈ +40°C
Максимальна швидкість обертання	90°/сек
Радіус дії апаратури	7 000 м
Вага	3 290 г
Відстань між двигунами (по діагоналі)	605 мм
Максимально підтримувана пам'ять	128 ГБ
Камера Zenmuse X4S: -фокусна відстань об'єктива -роздільна здатність -розмір пікселя -вихідна роздільна здатність -макс.кут огляду -роздільна здатність фото	8,8 мм 20,8 МР 2,4 мкм 5,2 К 60 кадрів/с 84° 3:2 (5472x3648) 16,9 (5472x3078)
Ціна	4 000 – 8 500 \$

Подальшим етапом підготовки є створення планово-висотної підготовки (опорні знаки) аерофотознімання. Так для складання крупномасштабних планів території Новоселицького земельного масиву необхідно спроектувати місця розташування цих пунктів. Для цих цілей ми використали програмний продукт ArcGIS 10.8.

Контурні точки, обрані як точки ПВО, повинні чітко зображуватися на всіх фотознімках, які перекриваються, й впевнено розпізнаватися на місцевості. Їх обирають поблизу середньої лінії поперечного перекриття й по можливості в зоні потрійного поздовжнього перекриття фотознімків на чітких, добре розпізнаних на фотознімках контурах місцевості. Забороняється обирати точки ПВО фотознімків на овальних контурах чи які перетинаються під гострими кутами, а також у затінених місцевостях.

Враховуючи вищезазначені рекомендації ми запроектували розпізнавальні знаки рівномірно по всій території ділянки (рис. 3.5), враховуючи умови місцевості. В місцях відсутності природніх контурів, ми сформували схему розташування штучних знаків, які будуть чітко відображатися на аерофотозображеннях, тобто здійснюємо маркування точок ПВО. В якості геометричної фігури, обрали коло діаметром від 150 мм, використовуючи для їх нанесення водну білого емульсію, або пластиковий посуд (рис. 3.5).



Рис. 3.12. Маркування території

В нашому регіоні найбільш популярним є сервіс компанії SystemSolutions



(рис. 3.13). Зареєструватися в мережі й підписатися на пакет послуг роботи у режимі реального часу можна через систему управління послугами Spider Business Centre. Визначення координат пунктів ПВО необхідно виконувати за допомогою 2-х частотних GNSS-приймачів ProMark-2 у статичному режимі в мережі постійно діючих референтних GNSS-станцій. Послуга доступна для будь-якого споживача, який має GNSS-приймач із можливістю прийняття RTK поправки із Інтернету через GSM/GPRS підключення.



Рис. 3.13. Схема отримання координат в RTK-режимі

### 3.3. Моніторинг стану посівів із використанням БПЛА

Як вже зазначалося, застосування дронів значно спрощує збір необхідної інформації про стан посівів. На відміну від супутника, дрони більш мобільний інструмент, із більшою деталізацією даних. За рахунок того, що висота польоту коптера зазвичай знаходиться у рамках від 100 до 300 метрів над поверхнею землі, можливо отримати знімки із сантиметровою роздільною здатністю. Ми за 2-х річний період, мали досвід збирати величезну кількість інформації в найкоротші терміни. В середньому один екіпаж здатний за день обробити до 2 500 гектар.

На цьому ж етапі ми сформулювали польотне завдання для коптера, задаючи на інтерактивній карті одного із додатків – Drone Deploy, контур ділянки

знімання й точкове положення стартового (посадкового) майданчика (рис. 3.14). Варто відзначити, що додаток автоматично розраховує завдання на аерофотозйомку, виходячи із максимальних й мінімальних висот рельєфу місцевості, висоти й швидкості польоту.

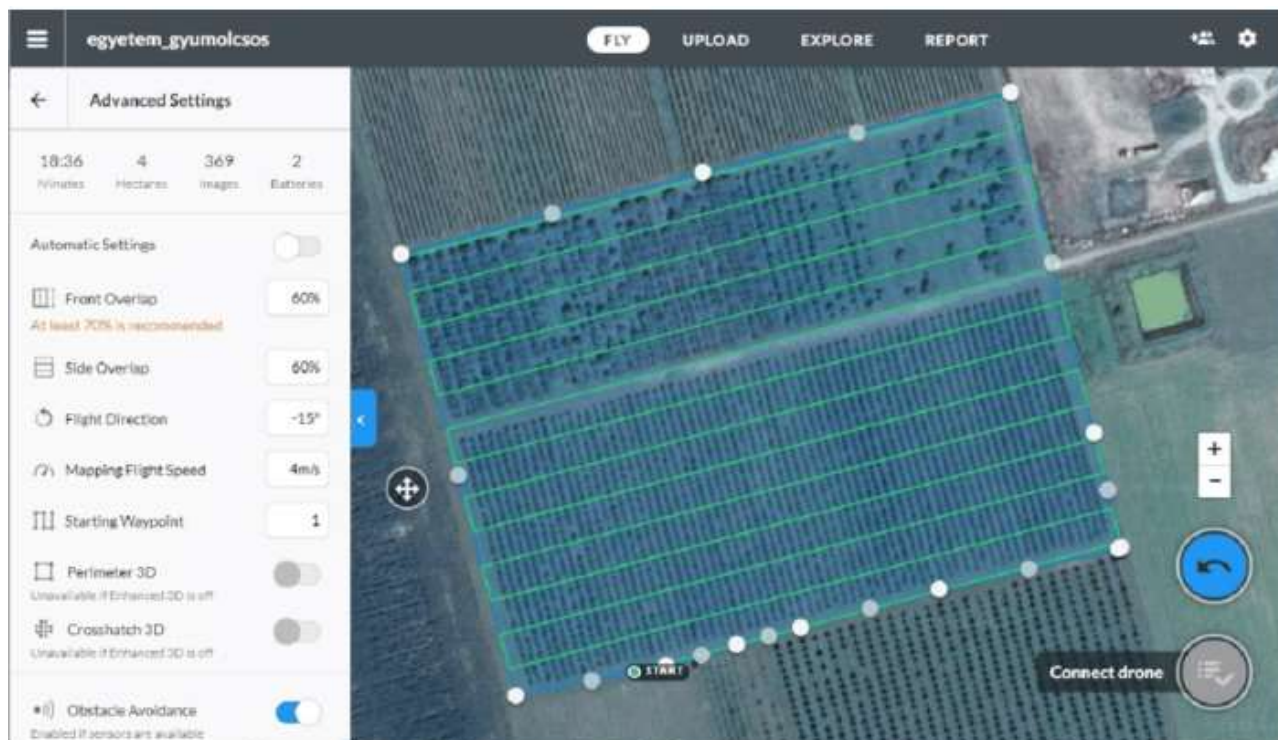


Рис. 3.14. Вигляд інтерактивної карти та маршруту знімання

Дрон робить фотографії за складеним маршрутом, із перекриттями – пізніше такі знімки зшиваються в один детальний ортофотоплан.

Особливістю дронів є можливість використання спектральних камер, які дозволяють отримувати зображення в ближньому інфрачервоному спектрі. На підставі таких зображень відбувається розрахунок NDVI індексів. Звичайні камери також можна застосовувати для цих цілей, але після проведення деяких модифікацій чи додаткової обробки даних.

Загалом етапи нашого моніторингу посіви за допомогою дрона зображено на рис. 3.15.

Ми у своїй магістерській роботі, застосовували «хмарні» програмні рішення, того ж, DroneDeploy. Сервіс дозволяє самостійно проводити обробку знімків з розрахунком NDVI індексу. При цьому не потрібно завантажувати і

встановлювати спеціальне програмне забезпечення та проводити складні обчислення – все відбувається прямо в браузері користувача.



Рис. 3.15. Етапи моніторингу посіви за допомогою дрона

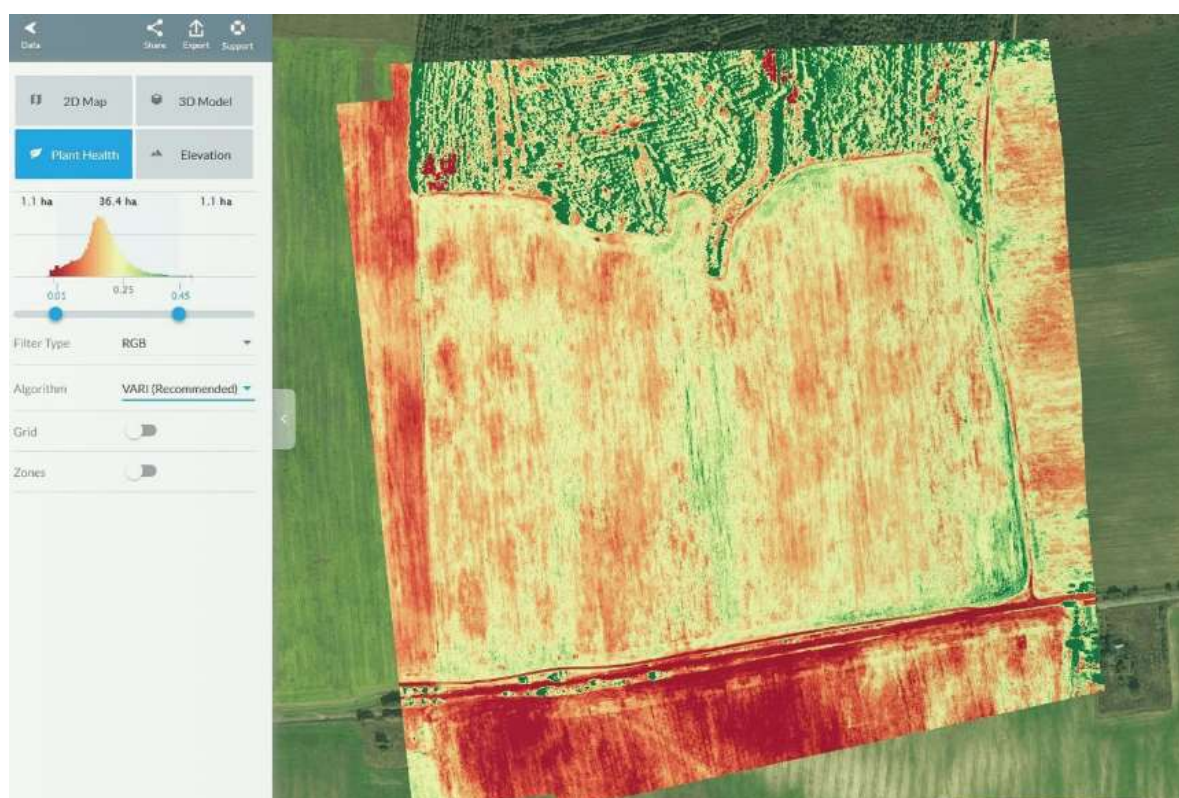


Рис. 3.16. Програмний інтерфейс сервісу обробки даних від DroneDeploy

Якісно проводити моніторинг із використанням застосуванням БПЛА ми починаємо із передпосівної підготовки ґрунту, й закінчуючи збором врожаю.

Перед посівом переважно аналізуємо стан ґрунту. Основна інформація моніторингу за допомогою дронів на цьому етапі – якість проведення передпосівної обробки ґрунту. На цьому ж етапі дрони також застосовуються для складання точної карти рельєфу, де зазначають усі перепади висот, яри й інші природні об'єкти.



Рис. 3.17. Обліт перед посівом із виявленням надлишку вологи

Коли із посівом закінчено, відбувається моніторинг схожості. На цьому етапі аналізується рівень втрат рослин, визначається потреба у підсіві чи пересіві. Супутниковий моніторинг й використання БПЛА дозволяють виявити проблеми більш оперативно. Головна інформація, яку отримує аграрій – карти густоти посівів й зони неоднорідності сходів. Таким чином відбувається порівняння усіх полів підприємства й підрахунок загальних втрат сходів.

Якщо говорити про озимі культури які вирощувалися на нашому полі, то їх продуктивність багато у чому визначається характером росту й розвитку в весняний період вегетації, коли ще триває фаза кушіння. Паралельно із цим аналізується потреба у підживленні й внесенні добрив. Головна мета – оптимізація внесення добрив. Наприклад, у випадку з озимою пшеницею, проводити першу підгодівлю є сенс на полях із хорошим й задовільним станом посівів. Використовуючи БПЛА можна визначати ті ділянки, де потрібно

вносити великі норми добрива, а також створювати електронні карти-завдання для техніки. Такі карти використовуються для диференціального внесення добрив.



Рис. 3.18. Поле видимому та ІЧ (NDVI індексу) діапазонах

Із загальних втрат врожаю від шкідників, хвороб і бур'янів на частку бур'янів припадає близько 30%. При цьому сумарні втрати врожаю і додаткові витрати на очистку полів від бур'янів подвоюють загальні втрати у виробництві зерна.

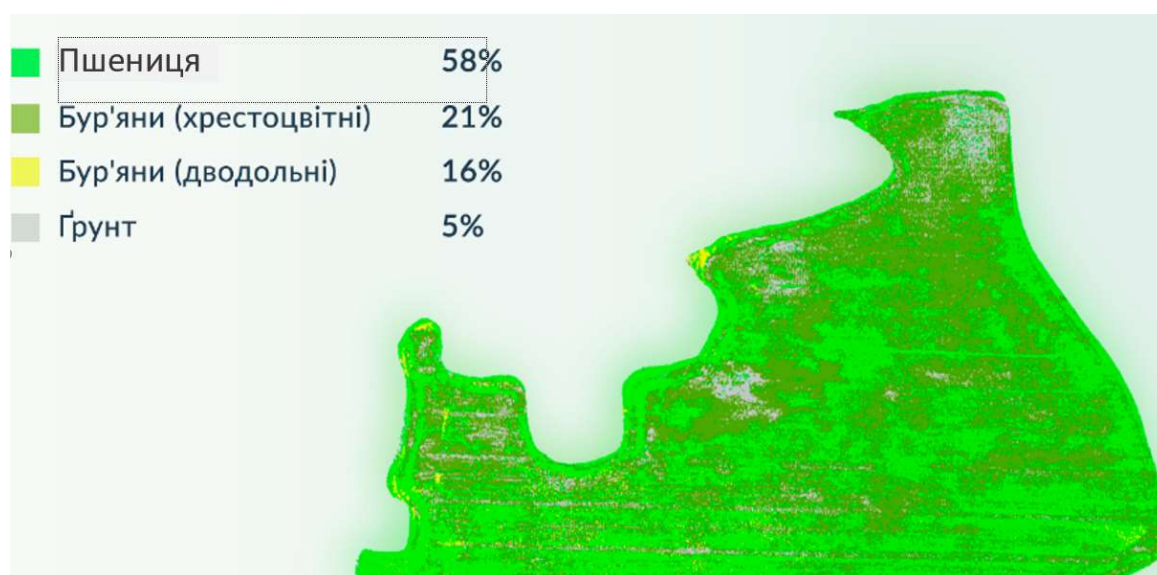


Рис. 3.19. Приклад з нашої практики: обробка даних, зібраних дроном, на виявлення бур'янів в кукурудзі

Для оцінки засміченості поля ідеально підходить застосування дронів. Завдяки низькій висоті польоту і потужним камерам дрони здатні зібрати інформацію для створення карт, на яких можна відрізнити бур'яни від посівів. В результаті цього агроном, отримуючи більш точну інформацію, може вчасно внести правильну норму гербіциду. А на рис. 3.20 представлено етапність моніторингу сходження цієї ж пшениці



Рис. 3.20. Етапність контролю посіву озимої пшениці

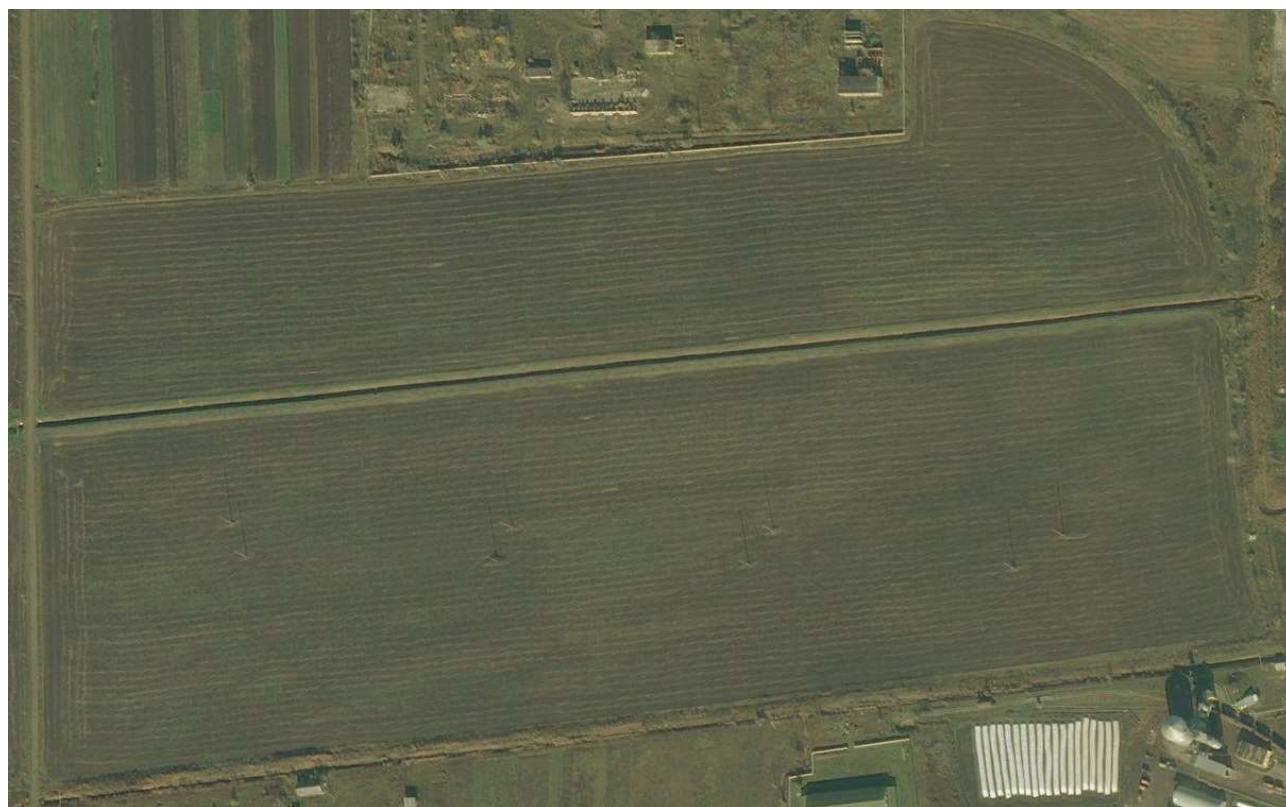


Рис. 3.21. Отриманий ортофотоплан наділів

### 3.4. Особливості внесення ЗЗР та трихограми із безпілотників

Щоб отримати гарний та повний урожай, потрібно подбати про своєчасну обробку культур та захист посівів від хвороб.

Способи обробки включають використання самохідних обприскувачів, культиваторів й безпілотних літальних апаратів роторного типу. Останні застосовуються в сільському господарстві за рахунок своїх можливостей більш оперативно і точно обробляти культури, проводити моніторинг поточних станів і будувати плани щодо подальших робіт. Робочі процеси при використанні дронів виграють за продуктивністю та ефективністю.

Так, за підрахунками фахівців ПП «АероАгро» де я працюю, при використанні спеціального дрона DJI Agras T20 швидкість польоту дрону становить 25 км/год, що на 8 км/год швидше, ніж при роботі з традиційним обприскувачем. У середньому при нормальній організації праці наш безпілотник обробляв за 12 годин від 100 до 150 га.

Важливо також заздалегідь вибудувати детальний план робіт, що проводяться. Рекомендується для цього використовувати в парі дрон для обробки посівів (DJI Agras T20) та контрольний дрон (DJI Inspire - 2), який здійснює попередні облети та зйомку поля та збирає інформацію про якість обробки після.



Рис. 3.21. DJI Agras T20

Так, за допомогою безпілотної літальної апаратури DJI Inspire-2 ми здійснювали обліт площ, за принципом який ми описували у попередньому параграфі. Після чого побудували точну карту й позначили межі обробки культур. Дані завантажили в програмне забезпечення DJI Terra і створили точну фотограмметрію нашої ділянки у 65 га (рис. 3.22). Після цього картка з позначенням кордонів завантажується на пульт Agros T20 і точно по ним дрон здійснює обробку.

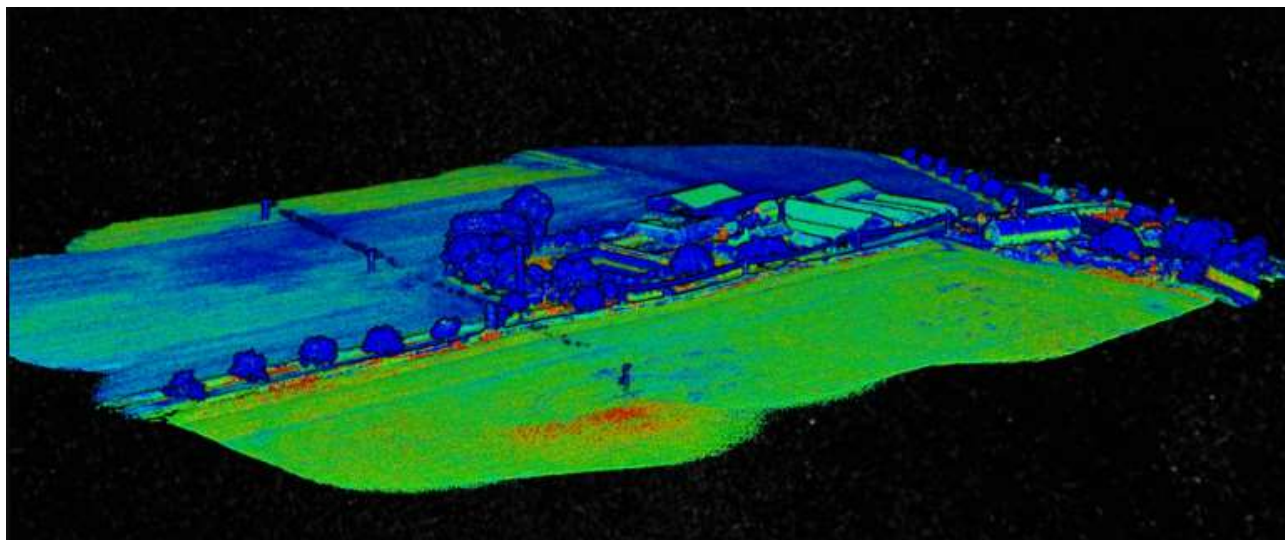


Рис. 3.22. Вигляд додатку DJI Terra

Для порівняння, проаналізуємо використання ручного методу та традиційної наземної техніки. Зі слів агрохіміків новоселицької компанії «Престиж», ми враховували вимушені простої самохідної техніки через дощову погоду, втрату посівних площ через сліди від обприскувача – мінімум у 3 %, а при неохайному керуванні трактором із наважкою - до 6 %, а також витрати на утримання самохідної техніки обробки полів. Безпілотні літальні апарати здатні найбільш точно й детальніше обробити проблемні чи важкопрохідні ділянки, дрони працюють у будь-яку погоду й вони безпечніші для роботи персоналу з препаратами - значно знижується ризик випадкового контакту, а крім того, це менш витратно і для виконання робіт із дроном потрібен лише одна людина за пультом керування.

Зона розпилення за допомогою даного дрону становить 4-7 м заввишки від 1,5 до 3 метрів. Раціональний план обробки обов'язковий – одна з умов успіху. Дозаправка бака безпілотної літальної апарату та заміна акумуляторів повинна проводитись на максимальній близькості до зони обробки. Її можна



змінювати в залежності від переміщення дрону над посівами. Таким чином, скорочуються холості прольоти і зростає ефективність робіт, що проводяться.

Час польоту DJI Agras T20 на одній батареї – 10 хвилин. Цей час може змінюватись в залежності від того, як швидко дрон починає розвантажуватися і втрачати вагу через розпилення добрива. Чим довше він летить із повним баком, тим менший час польоту. Дрон із повним навантаженням (без розвантаження) летить від 5 хвилин. Якщо розвантаження починається відразу - до 15 хвилин

Присутність RTK-модуля відрізняє роботу безпілота сантиметровою точністю позиціонування, що позитивно впливає на якість обробки посівів.

При рівній ефективності обприскування з БПЛА, він має низку економічних переваг:

- у десятки разів знижено витрату води (немає регулярного підвезення води: не задіяна техніка та людські ресурси);

- відсутня механічна дія на ґрунт, і як наслідок, її переущільнення;

- обробка полів за допомогою дронів можлива навіть тоді, коли фізичний стан ґрунту (сильне перезволоження після дощів) не дає можливості зайти колісній техніці;

- за рахунок активного обертання лопастей і дрібнодисперсної краплі, а також спрямованих потоків повітря пропелерів строго вниз, відбувається примусове вдування робочого розчину, тим самим, омивається рівномірно препаратом вся рослина, не відбувається скочування робочого розчину з листа.

Отже, використання БПЛА для ультромалооб'ємного обприскування є менш витратним за часом і менш травматичним для ґрунту та рослин, дає економію палива та препаратів, підвищує продуктивність обробок та скорочує знос техніки.

### **Висновки до розділу 3**

З урахуванням значно площі м. Новоселиця, а також специфіки роботи із використанням дронів у агродіяльності, варто виокремити територію знімання, на фоні поселення. Так ділянка аерофотознімання знаходиться на півночі від центра міста, за 2600 метрів. Площа земельної ділянки на котрій проводились роботи складає 65 га.

Для виконання аерофотознімання повинен бути попередньо складений технічний проект робіт у якому визначений спосіб, яким буде виконуватись аерофотографічне знімання.

Вибір способу знімання визначається характером ситуації й рельєфу території, що підлягає аерофотозйомці масштабом і площею існуючим льотнознімальним обладнанням, а також техніко-економічними розрахунками.

За рахунок того, що висота польоту коптера зазвичай знаходиться у рамках від 100 до 300 метрів над поверхнею землі, можливо отримати знімки із сантиметровою роздільною здатністю. Ми за 2-х річний період, мали досвід збирати величезну кількість інформації в найкоротші терміни. В середньому один екіпаж здатний за день обробити до 2 500 гектар

## Висновки

Під час проведення першої частини магістерського дослідження, було розглянуто ключові, теоретичні основи використання безпілотників, розкрито особливості їх використання й класифікацію, а також вимоги які ставляться до комплексу БПА та оснащення злітно-посадкових смуг.

Передумовами застосування БПЛА в якості нового аерознімального засобу є недоліки 2-х традиційних способів отримання дистанційних даних за допомогою супутників (космічна зйомка) й повітряних пілотованих апаратів (аерофотознімання).

Дані космічної зйомки дозволяють отримати зображення з максимальним просторовим розрізненням у 30 см, що недостатньо для крупномасштабного картографування. Крім того, не завжди вдається підібрати безхмарні зображення з архіву. У разі зйомки під замовлення втрачається оперативність отримання цих даних. Відносно компактних ділянок оператори й дистриб'ютори часто не проявляють гнучкої цінової політики.

Використання БПЛА, вирішує цілий ряд задач, який на сьогодні такий широкий, що для вдалого вирішення кожного із них застосовуються системи спеціально-оптимізовані під виконання певних функцій. При цьому визначальне місце займає оптимальний вибір певного виду дрона, який можна обрати за основними показниками.

Носії знімальної апаратури поділяють на наступні основні групи: підводні, наземні, авіаційні і космічні. Найбільш широко для дистанційного знімання використовуються авіаційні й космічні літальні апарати, із-поміж яких виокремлюються безпілотні літальні засоби.

Точне землеробство – це пік теперішнього етапу сільськогосподарської революції, яка розпочалася на початку минулого століття із розповсюдженням автоматизованих систем. Вона продовжилася у 90-ті роки, коли були введені нові методи генетичної модифікації.

Точне землеробство дає змогу здійснювати віддалений контроль й управління полями із використанням сенсорів на самих полях, а також дронів й

супутників для спостереження з небесного простору. Всі вони підходять для вирішення конкретних цілей, тому вибрати їх не є простою задачею.

Агродрони – це рішення для аграріїв, які, наприклад, не можуть собі дозволити послуги повноцінного літака для внесення пестицидів чи комах, або ж хочуть мати карту поля для створення технологічних колій, по котрих будуть рухатися агротехніка.

На нашу думку, ринок агродронів в Україні буде розвиватися динамічно, адже він ще доволі молодий, і наразі дрони є на службі загалом не більше як у 5 % підприємств. Тобто потреба є, але ринок ще не розвинутий – не всі ще добре розуміють, що це і для чого.

Крім того, для того щоб використовувати дані з дронів, треба опосередковано підготувати матеріальну базу. Наприклад, якщо ви провели моніторинг стану посівів, у вас повинні бути певним чином обладнані обприскувачі, щоб ви могли диференційовано обробити посіви (внесення добрив, гербіцидів). Пізніше будуть потрібні комбайни з можливістю картографування врожайності.

Одне тягнеться за одним – треба підготувати всю техніку, щоб використовувати дані з дронів і отримувати з цього прибуток. Однак потенційно чимало комерційних компаній розглядає дрони і БПЛА в якості прекрасного інструменту для вирішення різних завдань, і ця тенденція тільки зростає.

Кожним роком підвищується якість камер, зростає ємність батарей. Алгоритми обробки зібраної інформації стають все кращими, а застосування дронів все більш доступним. Комерційні сервіси продовжують виводити на орбіту свої супутники дистанційного зондування. Програми Landsat і Sentinel-2 планують запуски нових апаратів з більш просунутими технологіями для зйомки і сканування поверхні Землі. Це сприяє тому, що моніторинг із застосуванням дронів і супутників через кілька років стане таким же звичайним в роботі українського аграрія, як сьогодні застосування GPS на техніці.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Agisoft PhotoScan Professional Edition v 1.2*: руководство пользователя. Электронное издание. 119 с.
2. *DJI* - офіційний веб-сайт компанії. Режим доступу: [www.dji.com](http://www.dji.com)
3. *DJI Inspire-2*: руководство пользователя версия 1.2. Электронное издание. 68 с.
4. Аерокосмічні спостереження в інтересах сталого розвитку та безпеки. Матеріали доповідей 1-ї Всеукраїнської конференції. (Київ, 3-5 червня, 2008 р.). Київ : Наук, думка, 2008. 264 с.
5. Аерокосмічні спостереження в інтересах сталого розвитку та безпеки ОЕО-ЦА; упоряд. Л. І. Самойленко. К. : СЕЕМ, 2008. 116 с.
6. *Аковецкий В. И.* Дешифрирование снимков. М.: Недра, 1985.
7. *Байрак Г. Р.* Аналіз рельєфу і природокористування рівнин заходу України за аерокосмічними даними : монографія. Л. : Вид-во Львів, нац. ун-ту ім. Івана Франка, 2007. 296 с.
8. *Баррет Э., Куртис Л.* Введение в космическое землеведение. Дистанционные методы исследования Земли. М. : Прогресс, 1979. 368 с.
9. *Берлянт А. М.* Картографирование : учебник для вузов. М., 2001 336 с.
10. *Білокриницький С. М.* Фотограмметрія і дистанційне зондування Землі: навчальний посібник. Чернівці: Рута, 2007. 320 с.
11. *Бруевич П. Н.* Фотограмметрия : учеб. для вузов. М. : Недра, 1990. 285 с.
12. Геопортал Державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру : Науково-дослідний інститут геодезії та картографії. Режим доступу: <http://dgm.gki.com.ua/map>
13. *Гонин Г. Б.* Космическая фотосъемка для изучения природных ресурсов. Л. : Недра, 1980. 319 с.
14. *Греков Л. Д., Красовський Г. Я., Трофимчук О. М.* Космічний моніторинг забруднення земель техногенним пилом. К. : Наук, думка, 2007. 123 с.
15. *Гриньків Н. З., Фаргал А. М.* Використання матеріалів космічного знімання з метою актуалізації картографічної інформації. Сучасні досягнення

геодезичної науки та виробництва : збірник наук. праць. Львів : Ліга-Прес.

16. *Гриньків Н., Почкін С.* Створення та оновлення базових картографічних матеріалів із використанням аерокосмічних зображень. Вісник національного університету «Львівська політехніка», 2008. 8 с.

17. Дистанційне зондування Землі : тлумачний словник ; за ред. В. С. Готиняна. К. : НКАУ, Природа, 1996. 518 с.

18. *Дорожинський О. Л., Р. Тукай.* Фотограмметрія : підручник. Л. : Вид-во Львів, нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2008. 332 с.

19. *Ильинский Н. Д., Обиралов А. И., Фостиков А. А.* Фотограмметрия и дешифрирование снимков : учеб. для вузов. М. : Недра, 1986. 375 с.

20. Класифікатор інформації, яка відображається на топографічних планах масштабів 1:500, 1:1 000, 1:2 000, 1:5 000. К. : Головне управління геодезії, картографії та кадастру при КМУ, 1998. 43 с.

21. *Космічні знімки серії Ikonos*: електронний ресурс, режим доступу через SAS. Planet / Google Maps 2021.

22. *Кохан С. С., Востоков А. Б.* Дистанційне зондування Землі: теоретичні основи : підручник. К.: Вища шк., 2009. 511 с.

23. *Кравцова В. И.* Космические методы исследования почв : учеб. пособие для студ. вузов. М. : Аспект Пресс, 2005. 190 с.

24. *Красовський Г. Я., Петросов В. А.* Інформаційні технології космічного моніторингу водних екосистем і прогнозу водоспоживання міст. К. : Наук, думка, 2003. 224 с.

25. *Лабутина И. А.* Дешифрирование аэрокосмических снимков : учеб. пособие для студ. вузов / И. А. Лабутина. – М. : Аспект Пресс, 2004. – 184 с.

26. *Лобанов А. Н.* Фотограмметрия : учебник, М.: Недра, 1995. 453 с.

27. *Лурье И. К.* Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков : учебник. М. : Науч. мир, 2008.

28. *Лурье И. К., Косиков А. Г., Ушакова Д. А. и др.* Компьютерный практикум по цифровой обработке изображений и созданию ГИС. М. : Науч.

мир, 2004. 148 с.

29. *Манойлов В. П., Омельчук В. В., Опанюк В. В.* Дистанційне зондування Землі із космосу: науково-технічні основи формування й обробки видової інформації : монографія. Житомир : ЖДТУ, 2008. 384 с.

30. *Мельничук О., Черняга П.* Сучасні проблеми землеустрою та способи їх вирішення. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. Нац. Ун-т “Львівська політехніка”, 2010. №2 (20). С. 167-170.

31. *Назаров А. С.* Фотограмметрия : учебное пособие. Мн. : Тетра-Системс, 2006. 368 с.

32. *Обиралов А. И., Лимонов А. Н., Гаврилов Л. А.* Фотограмметрия и дистанционное зондирование. М. : КолоС, 2006. 334 с.

33. Облікова картка м. Новоселиця, від 1.01.2019 р. офіційний веб-сайт Верховної Ради України : <http://gska2.rada.gov.ua/pls/z7502/A005?rdat1=16.11.2011&rf7571=13163>.

34. Оптимизация использования и охрана земельных ресурсов (теоретический аспект). В. П. Цемко, А. С. Новоторов, И. К. Паламарчук и др.; отв. ред. В. П. Цемко. К. : Наук. думка, 1989. 292 с.

35. *Палеха Ю. М.* Суспільно-географічні закономірності зонування території населених пунктів України для грошової оцінки їх земель. Укр. геогр. журн. 2002. № 3. С. 45–49.

36. Публічна кадастрова карта Державного агентства земельних ресурсів України. [електронний ресурс], режим доступу : <http://map.dazru.gov.ua/kadastrova-karta>.

37. *Свердюк О. І.* Застосування ГІС-технологій у сфері земельного кадастру та землеустрою. Науково-виробничий журнал “Землевпорядний вісник”. 2006. №4. С.56-59.

38. *Смирнов Л. Е.* Аэрокосмические методы географических исследований : учебник. СПб. : Изд-во С.-Петербург, ун-та, 2005. 348 с.

39. *Сохнич А. Я.* Оптимізація землекористування в умовах реформування земельних відносин. Львів : “Українські технології”, 2000. 108 с.

40. *Сохнич А. Я.* Проблеми використання і охорони земель в умовах ринкової економіки. Монографія. Львів : “Українські технології”, 2002. 252 с.
41. *Сохнич А. Я., Богіра М. С., Козаченко Л. М.* Використання геоінформаційних технологій для моніторингу земель. Вісник Львів. держ. аграр. ун-ту : землевпорядкування і земельний кадастр. 2007. №10. С. 299-303.
42. *Сохнич А. Я., Горлачук В. В., Наход А. В. та ін.* Управління земельними ресурсами : регулювання земельних відносин. Навч. посібник. Львів, 2008. 255 с.
43. Статистичний щорічник Чернівецької області за 2018 рік. Головне управління статистики у Чернівецькій області; за ред. А. В. Ротаря. Чернівці, 2019. 534 с.
44. *Токарева О. С.* Обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования Земли: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. 148 с.
45. Топографо-геодезична та картографічна діяльність : законодавчі та нормативні акти. В 2-х частинах : Ч. 1. 252 с.
46. *Трифоновна Т. А., Мищенко Н. В., Краснощекон А. Н.* Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях : учеб. пособие для вузов. М. : Академический Проект, 2005. 352 с.
47. Україна з космосу. Атлас дешифрованих знімків території України з космічних апаратів, за ред. В. І. Лялька, О. Д. Федоровського. К. : НАН України, 1999. 34 с.
48. *Фокіна Л. А.* Картография с основами топографии : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 050103 (032500) «География». М. : Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2005. 335 с.
49. *Чандра А. М., Гош С. К.* Дистанционное зондирование и географические информационные системы. М. : Техносфера, 2008. 312 с.
50. *Чуприна Е. П., Мазаева Н. И.* Цифровая технология прямого обновления топографической карты масштаба 1:200 000. Геодезия и картография. М. : Картгеоцентр-Геоиздат, 2002. №1.