

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ, ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АЕРОКОСМІЧНОЇ ГЕОДЕЗІЇ ТА ЗЕМЛЕУСТРОЮ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач випускової кафедри

\_\_\_\_\_ Юрій ВЕЛИКОДСЬКИЙ

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР

ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 193 «ГЕОДЕЗІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ»

Тема: «Створення ортофотоплану парку за даними знімання з БПЛА»

Виконавець: студентка групи ГС–209М Наумович Дар'я Сергіївна

Керівник: к.ф.-м.н., ст. досл. Великодський Юрій Іванович \_\_\_\_\_

Консультант розділу «Охорона навколишнього середовища»: к.ф.-м.н., доцент  
кафедри екології Гай Анжела Євгенівна \_\_\_\_\_

Консультант розділу «Охорона праці»:

асистент Якимець Ірина В'ячеславівна \_\_\_\_\_

Нормоконтролер: к.е.н., доцент Стецюк Михайло Петрович \_\_\_\_\_

КИЇВ 2021

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра аерокосмічної геодезії та землеустрою

Спеціальність 193 «Геодезія та землеустрій»

Освітньо-професійна програма «Геоінформаційні системи і технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач випускової кафедри

\_\_\_\_\_ Юрій ВЕЛИКОДСЬКИЙ

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021р.

## ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Наумович Дар'ї Сергіївни

1. Тема роботи «Створення ортофотоплану парку за даними знімання з БПЛА» затверджена наказом ректора від «11 жовтня» 2021 р. № 2207 ст.
2. Термін виконання роботи: з «11» жовтня 2021 року по «31» грудня 2021 року
3. Вихідні дані роботи: дані знімання з БПЛА, координати опорних точок території знімання, літературні дані (монографії, наукові статті).
4. Зміст дипломної роботи: аналітичний огляд літературних джерел з тематики диплому. Розробка ортофотоплану за даними знімання БПЛА.
5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу: таблиці, рисунки.

## 6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	Опрацювання спеціальної літератури за тематикою роботи	11.10.2021-13.10.2021р.	
2	Підготовка матеріалів першого розділу дипломної роботи.	15.10.2021-17.10.2021р.	
3	Підготовка матеріалів другого розділу дипломної роботи.	21.10.2021 - 23.10.2021р.	
4	Підготовка матеріалів третього розділу дипломної роботи.	29.10.2021 - 31.10.2021р.	
5	Оформлення висновків дипломної роботи	3.11.2021 - 5.11.2021р.	
6	Графічні додатки	11.11.2021-14.11.2021р.	
7	Оформлення роботи	28.11.2021-30.11.2021р.	
8	Попередній захист роботи	17.12.2021р.	
9	Підготовка і захист дипломної роботи	22.12.2021-31.12.2021р.	

## 7. Консультанти з окремих розділів:

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона навколишнього середовища	доцент Гай Анжела Євгенівна		

Охорона праці	асистент Якимець Ірина В'ячеславівна		
---------------	---	--	--

8. Дата видачі завдання: : 11 жовтня 2021р.

Керівник дипломної роботи: \_\_\_\_\_Великодський Ю.І.

(підпис керівника)

Завдання прийняв до виконання: \_\_\_\_\_Наумович Д.С

(підпис випускника)

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота на тему: «Створення ортофотоплану парку за даними знімання з БПЛА» містить: 118 сторінок, 59 рисунків, 1 таблиця, 41 використаних джерел.

**Об'єктом дослідження** є міський парк у Подільському районі міста Києва.

**Предметом дослідження** є застосування зйомки зони інтересу з БПЛА для створення ортофотопланів, які слугують основою для вирішення багатьох задач.

**Мета роботи** полягає у створенні ортофотоплану парку, аналізі характеристик ортофотоплану та програмного забезпечення, яке використовується.

**Методи дослідження** представлені аналітичним методом, математичним методом обробки інформації, емпіричними методами пілотування БПЛА, вимірювання та дослідження (обробка даних знімання БПЛА, обробка хмари точок, створення моделі DEM, створення ортофотопланів тощо).

**Практичне значення роботи** полягає у запропонуванні створення ортофотопланів парку за даними знімання з БПЛА для моніторингу та ефективного управління зеленими насадженнями міста.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	9
РОЗДІЛ 1. ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ (БПЛА) ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ТА КАРТОГРАФУВАННЯ .....	11
1.1. Передумови технологій БПЛА .....	11
1.2. Застосування цифрових аерофотознімків безпілотного літального апарату .....	15
1.3. Картографування на основі аерофотограметричних технологій .....	17
Висновки до розділу 1 .....	22
РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ ТА ПРОЦЕС ЗЙОМКИ З БПЛА.....	23
2.1. Класифікація БПЛА .....	23
2.2. Керування дронами.....	29
2.3. Планування польотної місії .....	35
Висновки до розділу 2 .....	46
РОЗДІЛ 3. ОБРОБКА ДАНИХ ЗЙОМКИ БПЛА.....	47
3.1. Програмне забезпечення .....	47
3.2. Створення ортофотоплану .....	54
3.2.1. Підготовка знімків до роботи .....	55
3.2.2. Додавання опорних точок .....	58
3.2.3. Створення щільної хмари точок та класифікація рельєфу .....	66
3.2.4. Створення карти висот .....	72
3.2.5. Створення ортофотоплану та редагування ліній різку.....	74
3.3. Практичне застосування ортофотоплану.....	81
Висновки до розділу 3 .....	85
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА .....	87
4.1. Загальна характеристика природно-заповідного фонду України .....	87
4.2. Використання та збереження земель природно-заповідного фонду .....	94
4.3. Порядок змін меж природного парку .....	95
Висновки до розділу 4 .....	97

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	99
5.1. Перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів діючих у робочій зоні .....	99
5.2. Технічні та організаційні заходи по зменшенню рівня впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів .....	101
5.2.1. Вимоги до офісного приміщення та робочого місця.....	101
5.2.2. Дотримання вимог електробезпеки під час роботи.....	103
5.2.3. Вимоги до вентиляції, опалення, кондиціонування, мікроклімату .....	104
5.2.4. Вимоги до освітлення .....	105
5.2.5. Вимоги до рівнів шуму та вібрації (рівні звукового тиску та норми вібрації) .....	106
5.2.6. Допустимі параметри неіонізуючого електромагнітного випромінювання .....	107
5.2.7. Розрахунок сумарного надходження тепла до приміщення.....	107
5.3. Забезпечення пожежної і вибухової безпеки в приміщенні, де працює інженер .....	109
5.4. Інструкція з охорони праці для інженера .....	111
Висновки до розділу 5 .....	112
ВИСНОВКИ.....	114
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	115
ДОДАТКИ.....	119
Додаток А.....	119



## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

БПЛА – безпілотний літальний апарат

ГІС – геоінформаційні системи

ЦМР (DEM) – цифрова модель рельєфу

DTM – цифрова модель місцевості

DSM – цифрова модель поверхні

DAI – Digital aerial imagery (цифрові аерофотознімки)

GPS – Global Positioning System

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Фотограмметрія — це метод дистанційного зондування, який використовує принаймні два зображення сцени, щоб отримати тривимірне розташування об'єктів у сцені на основі відомих значень положення камери, фокусної відстані та орієнтації.

За останнє десятиліття відбулися значні розробки у фотограмметричних методиках, заснованих на зображеннях з БПЛА, для створення цифрових моделей висот (ЦМР). Термін безпілотний літальний апарат (БПЛА) зазвичай використовується в галузі штучного інтелекту, інформатики та робототехніки, а також у спільнотах фотограмметрії та дистанційного зондування. БПЛА як концепція включає дистанційно пілотований літальний апарат, приєднаний датчик корисного навантаження та необхідне програмне забезпечення для планування польоту та обробки даних. БПЛА виник як недорога альтернатива звичайній фотограмметричній системі для платформи захоплення зображень з високою здатністю просторово-часової роздільної здатності для досягнення різноманітних цілей. БПЛА продемонстрували великий потенціал у виконанні численних геодезичних, картографічних завдань і завдань дистанційного зондування з даними надзвичайно високої роздільної здатності в умовах польотів на малій висоті та отримання зображень. БПЛА мають можливість виробляти такі дані, як хмара 3D точок, DSM, ортофото, цифрова модель місцевості (DTM), контурна лінія тощо, які більш масштабно підходять для мікротопографічних досліджень. Платформи БПЛА все частіше використовуються для створення карт із дуже високою роздільною здатністю для геонаукових досліджень, які вимагають недоступних районів замість трудомістких наземних традиційних методів вимірювання. Використання БПЛА для геодезичних цілей, таких як картування, 3D-моделювання, виділення хмари точок та генерування ортофото, стало стандартною операцією останніх років.

**Мета роботи** полягає в з'ясуванні актуальності та дослідженні використання зйомки з БПЛА для створення ортофотопланів місцевості.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

- з'ясувати сучасний стан використання БПЛА;
- проаналізувати актуальність застосування зйомки з БПЛА для рішення багатьох геодезичних, картографічних, архітектурних та інших задач.
- дослідити процес зйомки та управління БПЛА;
- опрацювання даних знімання з дрону у програмному середовищі Agisoft Metashape;
- розробити за наявними даними ортофотоплан парку.

**Об'єктом дослідження** є дистанційне зондування землі з безпілотних літальних апаратів.

**Предметом дослідження** є застосування зйомки зони інтересу з БПЛА для створення ортофотопланів, які слугують основою для вирішення багатьох задач.

**Методи дослідження** представлені аналітичним методом, математичним методом обробки інформації, емпіричними методами пілотування БПЛА, вимірювання та дослідження (обробка даних знімання БПЛА, обробка хмари точок, створення моделі DEM, створення ортофотопланів тощо).

**Наукова новизна** полягає в удосконаленні методики створення ортофотопланів на основі даних зйомки БПЛА, яка є альтернативою для інших видів дистанційного зондування Землі, а також зручним та бюджетно вигіднішим варіантом для моніторингу невеликих зон інтересу.

**Практичне значення отриманих результатів.** В результаті досліджень показано процес обробки знімків та створення ортофотоплану, за даними знімання з БПЛА, території парку для застосування в управлінні зеленими насадженнями міста на платформі GREENSPACES.

# РОЗДІЛ 1. ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ (БПЛА) ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ТА КАРТОГРАФУВАННЯ

## 1.1. Передумови технологій БПЛА

До 2000 року для картографування території понад 50 га технологією вибору була фотограмметрія. Вертикальна аерофотозйомка з перекриттям була зроблена за допомогою спеціально адаптованих легких літаків із важкими, дорогими, каліброваними метричними камерами. Це дозволило фотографам-грамметристам створювати віртуальні 3D-моделі. Геодезисти досліджували на землі координати та висоти точок, видимих на моделях, щоб їх можна було обертати та масштабувати до національної системи координат.

Поява точних GPS (а останнім часом GNSS з багатьма сузір'ями) та інерціальних датчиків руху означало, що було потрібно менше контролю над Землею, а цифрова фотографія дозволила автоматизувати генерацію моделі за допомогою програмного забезпечення для підбору пікселів, але методика залишилася принципово незмінною.

*Lidar, як додаток до БПЛА.* Приблизно на рубежі тисячоліть, з'явився LiDAR як практична альтернатива для виробництва цифрових наземних моделей. Ця технологія залежала від GPS та інерціальних датчиків у літаку для визначення точного положення та положення літака. Лазерний сканер буде сканувати землю, щоб створити хмару тривимірних точок.

Крім тривимірних координат, існує мало інформації, яку можна отримати з точки LiDAR, але можна записати спостереження до першої, проміжної та останньої точок, на які LiDAR потрапляє на шляху вниз від площини. Перше повернення може бути з крони дерева, друге – зі стовбура дерева, а третє – із землі. Використовуючи це та складні алгоритми фільтрації, можна створити цифрову модель місцевості «голу землю». За ідеальних умов точність висоти

може знизитися до кількох сантиметрів і за набагато меншу вартість, ніж фотограмметрія. [1]

*БПЛА з фіксованим крилом.* Останніми роками для аерофотозйомки були розроблені безпілотні літаки (UA). Їх можна легко перевозити в багажнику автомобіля, а також запускати та приземлятися з невеликих ділянок відкритих пасовищ. При використанні для картографування технологічним проривом є не літак, а програмне забезпечення, яке використовується для створення фотограмметричних моделей.

Інноваційні компанії випустили програмне забезпечення, яке може приймати набір зображень споживчого класу, що перекриваються, і створювати 3D-моделі дешево і переважно автоматично. В результаті більше не потрібно фотографувати важкою відкаліброваною камерою, оскільки безпілотники можуть перевозити невеликі камери з високою роздільною здатністю масового виробництва, наприклад, які ви можете знайти в мобільному телефоні. Вони легкі і їх можна перевозити на легких літаках – більшість з них важать менше кілограма.

Калібрування камери розглядається як невідоме програмним забезпеченням для обробки - це вирішується одночасно зі створенням 3D-моделі. Але для цього потрібна фотографія з перекриттям від 80 до 90%. Процес залежить від надлишкових даних зображення, тому, враховуючи невелику кількість часу, необхідного для покриття області, має сенс провести її двічі з другим набором ліній польоту перпендикулярно першому. [1]

БПЛА мають елементарні GPS-позиціонування та інерціальні датчики. Ці спостереження також використовуються як засіб, щоб програма приблизно знала, де кожне зображення розташоване перед початком обробки, а також як внесок у геоприв'язку продукту.

*Мультикоптери.* Безпілотники-мультикоптери ідеально підходять для інспекційних робіт, оскільки їх можна керувати так, щоб вони нависали над об'єктами, які фотографують. Вони, як правило, важчі за літаки і можуть перевозити більші корисні навантаження. Використовуючи камери або відео з

високою роздільною здатністю, вони регулярно використовуються для інспекційних робіт на нафтових вишках, опорах ліній електропередач та інших місцях, які можуть бути недоступними або небезпечними. Вертольоти, як правило, не користуються перевагою для картографування, оскільки вони мають меншу дальність, але вони мають перевагу, оскільки вони можуть перевозити більш важке корисне навантаження. Вони можуть носити більш складні камери, а останні розробки показали, що гелікоптерні БПЛА несуть інші датчики, такі як лазерні сканери та гіперспектральні зображення. Час польоту (дальність) для багатокоптерних БПЛА на даний момент становить близько п'ятнадцяти хвилин. Для картографування це означає охоплення близько десяти гектарів у кожному рейсі. Асортимент, безсумнівно, буде збільшуватися в міру розвитку технології.

Оскільки мультикоптери можна використовувати як для інспекції, так і для картографування, вони мають доступ до набагато більшого ринку, ніж БПЛА, і здається неминучим, що вони будуть домінувати протягом кількох років.

*БПЛА - новий ринок.* Фотограмметрія з аерофотозйомки UA не замінює радіаційну фотограмметрію великих територій, але робить дистанційне зондування відповідних менших об'єктів практичною та економічною альтернативою (або доповненням) до наземної зйомки.

Географічне прив'язування, яке спирається на спостереження навігаційного датчика на БПЛА, буде точним лише до двох метрів у плані та гірше по висоті. Клієнтам слід бути обережними, оскільки можна створювати фотограмметричні моделі, використовуючи дані GPS навігаційного рівня. Недосвідченому оку моделі будуть виглядати точними. Для більшої точності, приблизно до 30 мм у висоту, геодезист має два варіанти. [2]

По-перше, він може спостерігати наземні контрольні точки. Це тривимірні скоординовані точки, як правило, розмітки на рівній поверхні, наприклад, лінії паркувальних майданчиків на асфальті, але на практиці важко знайти точки на рівній землі, які добре визначені в плані, тому більшість зйомок контролюватиметься за допомогою попередніх позначок. Вони мають бути такого розміру та кольору (які мають бути матовими), які можна легко розпізнати

на фотографії. Блискучі об'єкти, які викликають відблиски, як правило, заплутують процес узгодження пікселів і призводять до розмиття.

Крім того, деякі БПЛА тепер мають можливість записувати положення експозиції камери з високою точністю за допомогою кінематичних методів GPS у реальному часі. Використовуючи останній метод, не потрібні наземні контрольні точки, але геодезист повинен уникнути ризику системних помилок, підтвердивши свою методологію за допомогою наземних контрольних точок. Аерофотозйомку БПЛА можна використовувати для створення цифрової моделі поверхні. Це не модель голої землі, оскільки можна моделювати лише об'єкти на зображенні. На відміну від LiDAR, рівень землі буде записаний, лише якщо його можна побачити на знімках. Якщо постачальник пропонує модель голої землі, варто дослідити якість алгоритмів фільтрації, які він пропонує використовувати.

З цієї причини БПЛА фотографія була дуже популярною для зйомки поверхонь без рослинності, таких як кар'єри. Ця техніка також корисна для обстеження інших небезпечних місць, таких як сміттєзвалища, де є проблеми з безпекою для геодезистів, які працюють на об'єкті або отримують доступ до нього.

Ортозображення створюється шляхом драпірування зображень поверх моделі поверхні для отримання єдиного фотореалістичного зображення з геоприв'язкою. Ортозображення можуть бути цінними для запису особливостей поверхні для записів, а регулярні польоти можуть бути корисним і економічним засобом запису прогресу на об'єктах розробки.

*Vitер.* БПЛА піддаються впливу вітру двома способами. По-перше, якщо вітер надто сильний, двигун літака не зможе закріпитися під час польоту на вітрі. По-друге, турбулентність може спричинити розмивання зображень, а також призвести до перекриття, яке або більше, або менше, ніж планувалося. Цей ефект буде менш значним на більших літаках. Варто мати на увазі, що польоти залежать від погоди і що підрядники, розташовані поблизу від об'єкта, зможуть краще використовувати хороші погодні вікна.

Вітер також впливає на зліт і посадку. БПЛА з фіксованим крилом приземляються на черево, в результаті чого фюзеляж має обмежений термін служби, перш ніж потребувати заміни. Природно, що важче посадка, тим більше знос кузова літака. Це може бути значною витратою. З мультикоптерами це не проблема.

## **1.2. Застосування цифрових аерофотознімків безпілотного літального апарату**

Цифрові аерофотознімки (DAI) можна отримати за допомогою цифрової картографічної камери, прикріпленої до легких літаків. DAI використовується для виготовлення топографічних і тематичних карт. Вартість придбання DAI дуже дорога і підходить для охоплення великої території. Придбання DAI не є економічним і підходить для охоплення невеликих площ. Тому для задоволення цієї потреби слід використовувати альтернативний метод. Існують два альтернативні методи, які можна використовувати для отримання DAI, які включають використання цифрової камери малого формату, прикріпленої до легких літаків, і використання малоформатної цифрової камери, прикріпленої до безпілотного літального апарату (БПЛА). Система БПЛА використовується в різних і різноманітних застосуваннях, таких як картографічні програми (наприклад, перегляд карти, зсув, берегова ерозія, археологія, лісове господарство), промислове застосування (наприклад, інженерія, ДТП), програми геоінформаційної системи (ГІС) та інші. Можемо розглянути приклад системи мікробезпілотних літальних апаратів (БПЛА), які складаються з БПЛА з фіксованим крилом і поворотного БПЛА, приєднані до цифрової камери малого формату високої роздільної здатності для отримання DAI з метою картографування на висоті польоту 300 м на 100 м відповідно. Мікро-БПЛА літали автономно (тобто автоматично), і серія DAI нахилу з використанням БПЛА з нерухомим крилом і потоку з використанням поворотного БПЛА були швидко отримані за короткий період. Наземний контрольний пункт (GCP) і



контрольний пункт (СР) були встановлені з використанням глобальної системи позиціонування та традиційних методів тахеометра навколо досліджуваної зони для схилу та потоку відповідно з метою цифрової обробки зображень та оцінки точності. ДАІ були оброблені для отримання фотограмметричних результатів, таких як цифрова модель висот (DEM) та ортофото. Усі ці фотограмметричні продукти були успішно виготовлені та оцінені. Досяжна точність становить менше  $\pm 1$  м для картографування схилів і  $\pm 0,280$  м для картування потоку. У цьому прикладі доведено, що система мікро БПЛА може бути використана для картографування невеликої території. Як висновок, мікро БПЛА підходить для картографування невеликої території, швидкого збору даних, точний, низька вартість і може використовуватися для різних застосувань. [3]

В даний час багато картографічних організацій у всьому світі все ще використовують широкоформатну аерофотокамеру для отримання великоформатних аерофотознімків для виготовлення топографічної карти. Однак деякі картографічні організації почали використовувати для картографування цифрові картографічні камери різного виробництва. Але через високу вартість цифрової картографічної камери не багато картографічних організацій дозволять собі її використовувати, навіть якщо вона може забезпечити точний і швидкий фотограмметричний результат. Зазвичай процедура у звичайній аерофотограмметрії є тривалою і дуже дорогою для створення топографічної карти, оскільки весь процес картографування включає багато етапів, які включають створення карти польоту, отримання аерофотознімка, встановлення наземної контрольної точки та тривалу процедуру обробки зображення. Також ця процедура підходить лише для картографування великої території. Однак, Існують випадки, коли для картографування потрібна аерофотознімок, який охоплює невелику площу. Аерокамера великого формату не є економічною для картографування невеликої території. Щоб подолати цю проблему, фотограмметристи почали використовувати малоформатну камеру для отримання аерофотознімків. Було проведено дослідження щодо використання малоформатної камери для картографування та досягнуто

багатообіцяючих результатів. Фотограмметричний вихід, такий як цифрова карта та ортофото, можна успішно отримати з малоформатної камери. Подальші дослідження були проведені щодо використання світлової платформи для отримання аерофотознімків з метою картографування та інших цілей. Сьогодні люди з усього світу використовують камери малого формату, наприклад цифрову камеру високої роздільної здатності, відеокамера та інші датчики в поєднанні з легкою платформою, як-от вертольоти, планери, повітряні кулі тощо для отримання цифрових аерофотознімків/фотографій. Для легкої платформи нею можна дистанційно керувати вручну або літати автономно (тобто автоматично) на основі заздалегідь запрограмованих планів польотів або більш складних динамічних систем автоматизації. Комбінація датчика, світлової платформи та процедури польоту системи без пілота відома як безпілотний літальний апарат (БПЛА). [4]

Існує велика різноманітність форм, розмірів, конфігурацій та характеристик БПЛА. Найперший БПЛА, Hewitt-Sperry Automatic Airplane, був розроблений під час Першої світової війни та після неї. Під час Другої світової війни в технологічній пориві було досягнуто ряду досягнень в області дистанційного керування. Їх використовували для підготовки зенітників і для виконання ударних завдань. Із зростанням і мініатюризацією застосовуваних технологій, як це спостерігалось в 1980-х і 1990-х роках, інтерес до БПЛА зріс у військових. Вважалося, що БПЛА пропонують можливість створення більш дешевих бойових машин, які можна використовувати без ризику для екіпажів. Початкові покоління були в основному літаками спостереження, але деякі були оснащені озброєнням (наприклад, MQ-1 Predator, який використовував ракети повітря-земля AGM-114 Hellfire). [5]

### **1.3. Картографування на основі аерофотограмметричних технологій**

У аерофотограмметрії планування польоту має бути ретельно сплановано та виконано, щоб забезпечити хороший результат. Найважливішим завданням

аерофотограмметрії є надання допомоги у створенні топографічних карт. Основною умовою для раціонального використання фотограмметрії є чітке визначення типу та допусків карти на ранній стадії робочої процедури.

В аерофотограмметрії звичайним є використання метричної камери для отримання аерофотознімків, а потім їх обробки для створення топографічної карти. Аерофотограмметрія з використанням пілотованих літаків використовується вже багато років і дуже ефективна для великих площ. Пілотована аерофотограмметрія також використовується для оновлення нових районів, які необхідно включити в існуючу топографічну карту. Раніше пілотована аерофотограмметрія використовувала плівку як необроблені зображення земної поверхні, але тепер вона була перетворена в цифрові зображення. Сьогодні цифрові картографічні камери, такі як DMC, ADS 40, Vexcel тощо, які створюють прямі цифрові аерофотознімки (DAI), широко використовуються картографічними організаціями, які дозволили собі придбати їх, оскільки цифрові аерофотознімки можна було швидко отримати, а також швидко отримувати фотограмметричні зображення.

Фотограмметрія близької відстані (CRP) — це розділ фотограмметрії, який можна використовувати для картографування, включаючи аерофотокартографування. CRP підходить для невеликої території або зосереджений на конкретному об'єкті для задоволення потреб проекту. CRP використовується в багатьох програмах, таких як запис культурної спадщини та архітектурна зйомка. Звичайний спосіб в обох методах фотограмметрії (тобто аерофотограмметрія та CRP) дозволяють створити 3D-модель місцевості та за допомогою цифрової моделі висот (ЦМВ) здійснити багаточасові дослідження. Масове впровадження сучасних цифрових фотограмметричних робочих станцій з автоматичними процедурами узгодження дозволяє швидко виготовляти ЦМВ. CRP підходить для невеликої території або зосереджений на конкретному об'єкті для задоволення потреб проекту. CRP використовується в багатьох напрямках, наприклад, таких як запис культурної спадщини та архітектурна зйомка. Звичайний спосіб в обох методах фотограмметрії (тобто аерофотограмметрія та

CRP) дозволяють створити 3D-модель місцевості та за допомогою цифрової моделі висот (ЦМР) здійснити багаточасові дослідження. Для придбання ДАІ також можна використовувати камеру малого формату (тобто метричну камеру) та неметричну камеру, наприклад цифрову камеру, відеокамеру тощо. ДАІ, виготовлені з неметричної камери, можна використовувати для різних застосувань, таких як перегляд карт у ГІС, дослідницькі роботи/проекти та будь-які програми, які не потребують високої точності. Неметрична камера, особливо цифрова, має ряд переваг у порівнянні з метричною камерою. Деякі приклади переваг: простота використання, зручність, дешевість і зображення в цифровій формі, яка готова до використання. [6]

*Цифрова фотограмметрія та БПЛА.* В даний час на ринку доступно багато цифрових фотограмметричних систем. Загалом, ці цифрові фотограмметричні системи можуть обробляти супутникові зображення та аерофотознімки метричних і неметричних зображень. Сьогодні для отримання аерофотознімків можна використовувати неметричну камеру з високою роздільною здатністю. Для отримання аерофотознімків використовувалася цифрова камера високої роздільної здатності. В іншому прикладі безпілотний літальний апарат (БПЛА) використовувався для отримання ДАІ високої роздільної здатності. Також БПЛА був використаний для придбання ДАІ та успішно створений ортофото. [8]

В останні кілька років до БПЛА зростає інтерес, як до одного з надійних методів дослідження схилів. Оскільки реальність тривимірна (3D), проводити моделювання в 3D середовищі є великою перевагою. Сьогодні БПЛА дає змогу ефективно обробляти та візуалізувати дані в 3D. Особливо важливо отримати швидко та точну 3D геометричну та візуальну інформацію з мінімальними витратами. БПЛА є одним із методів зйомки, задуманих багато років тому, щоб за короткий час він міг надати цифрову модель висот (DEM) і цифрову модель місцевості високої якості (DTM) в результаті розробки з конкретними процедурами. Основною перевагою БПЛА перед традиційними методами зйомки є його властивість прямого, швидкого та детального захоплення

зображення досліджуваної області. Згідно з перевагами БПЛА є: низька вартість, гнучкий, зображення з високою роздільною здатністю, здатні літати в хмарі, легко запускаються та приземляються, і дуже безпечні. Іншими перевагами є різке зниження витрат і набагато швидше завершення проекту, можливість дистанційного обстеження дуже складних, важкодоступних і небезпечних об'єктів і територій, де звичайні методи виявилися неефективними. Недоліки БПЛА включають обмеження корисного навантаження, мале покриття для одного зображення, збільшення кількості зображень, які потрібно обробити, і великі геометричні спотворення.

Для прикладу наведемо декілька хороших альтернативних варіантів безпілотників. БПЛА здатний літати автономно і функціонує в широкому діапазоні місій і надзвичайних ситуацій, якими можна керувати з наземної базової станції. БПЛА складається з планера, льотного комп'ютера, корисного вантажу, контролера місії/корисного навантаження, базової станції та інфраструктури зв'язку. Для БПЛА з масою менше 5 кг він відомий як мікро БПЛА. На рис.1 показаний приклад БПЛА з мікрофіксованим крилом і поворотної системи БПЛА.



Рис. 1.1.(a) БПЛА з нерухомим крилом (ліворуч) і (b) Поворотний БПЛА (праворуч)

Мікропланер БПЛА — це проста, легка, аеродинамічно ефективна та стабільна платформа з обмеженим простором для авіоніки. Польотний комп'ютер - це комп'ютерна система, призначена для збору аеродинамічної інформації через набір датчиків (акселерометри, гіроскопи, магнітометри, датчики тиску, GPS тощо), щоб автоматично спрямовувати політ літака за його

планом польоту за допомогою кількох поверхні управління, наявні в планері. Корисне навантаження складається з датчиків, що складаються з камер, інфрачервоних датчиків і теплових датчиків для збору інформації, яка може бути частково оброблена на борту або передана на базу для подальшого аналізу. [7]

*БПЛА Cropcam.* Cropcam БПЛА є продуктом з Канади. Це новий самокерований літак, який створює цифрові зображення на основі GPS. Спочатку він був розроблений для моніторингу сільськогосподарських культур (Малюнок 1(а)). Використовуючи БПЛА Cropcam, користувач може виявляти хвороби, спостерігати за розвитком врожаю та зупиняти проблеми, перш ніж вони вийдуть з-під контролю. Безпілотник Cropcam є недорогим і простим у використанні з попередньо встановленими планами польоту. DAI доступний протягом декількох годин і надає координати широти, довготи та висоти. БПЛА Cropcam — це радіокерована модель планера, оснащена GPS Trimble, мініатюрним автопілотом і цифровою камерою високої роздільної здатності. Його можна запускати вручну та автоматично від зльоту до посадки. Ним легко керувати, просто вставши в один кут сільськогосподарського поля та вручну запустивши БПЛА вагою 2,7 кг. Потужний мініатюрний автопілот і GPS Trimble, решту виконує навігацію за шаблоном по полю. І БПЛА CropCam, і цифрова камера Pentax Optio з роздільною здатністю 12,0 мегапікселів автоматично знімають DAI на основі GPS. Після польотної місії БПЛА Cropcam приземлився в місці, де він розпочався автоматично, або автономний політ можна скасувати перед посадкою, щоб уникнути пошкодження БПЛА. [9], [37]

Цифровий аерофотознімок, отриманий БПЛА Cropcam на висоті 600 м над землею, має просторову роздільну здатність приблизно 15 см. Однак збільшення просторової роздільної здатності можна досягти, просто запрограмувавши БПЛА Cropcam на політ ближче до землі. У цьому дослідженні БПЛА Cropcam літав автономно на висоті 300 м над землею для досліджуваної області картографування схилів, а просторова роздільна здатність становить приблизно 8 см.

*БПЛА Hexakopter.* БПЛА Hexakopter має 6 лопатей, з яких 3 лопаті обертаються за годинниковою стрілкою, а 3 лопаті — проти годинникової стрілки. Цифрова камера високої роздільної здатності прикріплена в нижній частині БПЛА Hexakopter. БПЛА Hexakopter збирається з повним набором гаджетів, таких як GPS на борту, дошка тиску, дошка швидкості, гіроскоп і материнська плата (Малюнок 1(b)). Загальна вага Hexakopter (тобто разом з цифровою камерою становить менше 5 кг. Безпілотник Hexakopter може здійснюватися автономно або вручну. У цьому дослідженні БПЛА Hexakopter виконувався автономно на відстані 40-100 м над потоком у зоні дослідження та після досягнення необхідної висоти польоту, він перемістився на станцію експонування або маршрутну точку для отримання DAI Після виконання польотної місії на першу висоту польоту виконується наступна висота польоту відповідно до запланованої висоти польоту. [10]

Цифровий фотоапарат Sony Alpha NEX-5N з інтерактивним 16,1-мегапіксельним і 3,0-дюймовим сенсорним рідкокристалічним дисплеєм (LCD) приєднано до БПЛА Hexakopter. На висоті польоту 300 м наземна просторова роздільна здатність становить 5 см.

## Висновки до розділу 1

Картографування та зйомка завжди доповнюють один одного. Удосконалення методів і технологій зйомки призводить до підвищення точності картографічних продуктів. Цифрова ера змінила технології та методи геодезії. Розвиток геодезичних технологій, таких як супутникове дистанційне зондування, аерофотозйомка, виявлення світла та визначення дальності (LIDAR) тощо, доповнені методами обробки зображень та розробками програмного забезпечення, зробили революцію в 3D-картографуванні (моделюванні місцевості) поверхні Землі. Тривимірне відображення поверхні Землі широко відоме як цифрова модель поверхні (DSM). DSM — це цифрове представлення горизонтального та вертикального вимірів, пов'язаних із Землею, включаючи всі природні та створені людиною об'єкти в структурі осередку сітки. У всій соціально-економічній діяльності людини велике значення має поверхня Землі.



## РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ ТА ПРОЦЕС ЗЙОМКИ З БПЛА

### 2.1. Класифікація БПЛА

Безпілотні літальними апаратами можна керувати з легкістю, але зазвичай тільки в межах видимості пілота. Це обмежує територію, яку можна охопити за одну місію (від хвилин до однієї години). З іншого боку, їх можна доставити в зону обстеження на автомобілі або вантажівці, і ними керує багато людей. Ці системи дуже привабливі для дослідницьких груп, які займаються проектуванням приладів і тематичними дослідженнями, оскільки вони пропонують недорогий і гнучкий спосіб отримання даних.

Прив'язана повітряна куля (Sabuk, 2007; Vierling, 2006) або дирижабль (Martinez Rubioa, 2005), ймовірно, є найпростішим БПЛА, який можна уявити. Він легко керується (особливо його висота), але, звичайно, досить нестійкий, якщо швидкість вітру зростає. Повітряну кулю можна адаптувати до розміру та маси інструментів, які необхідно носити. [11]



Рис. 2.1 Вільнолітаючий дирижабль на малій висоті (© Sanswire, 2007)

Вільно літаючі дирижаблі пропонують користувачам як платформу для моніторингу та огляду

Мікро- літальний апарат (мікро-БПЛА, MAV) це клас літальних апаратів, який відрізняється своїм малим розміром і автономним управлінням. Розміри таких апаратів можуть сягати 15 сантиметрів. Розробка відбувається в

комерційних, дослідницьких, державних і військових цілях; які передбачають появу апаратів розміром з комаху. Такі апарати дозволяють проводити дистанційне спостереження у небезпечних або важко доступних умовах, які не доступні наземним засобам. Мікро-БПЛА також створювались любителями, в таких галузях як проведення чемпіонатів серед роботів і аерофотозйомка.



Рис. 2.2 Мікро- літальний апарат (мікро-БПЛА, MAV) , призначений для перенесення систем відео- та фотозйомки

Більші маловисотні літаки з фіксованим крилом використовуються в сільському господарстві (Cropcam, 2008) та багатоцільовому моніторингу (Aerosonde, 2008). Ці системи здатні літати автономно (наприклад, Aerosonde був першим БПЛА, який здійснив переліт через Атлантичний океан у 1998 році). Однак зараз це не дозволено в більшості країн. [12]



Рис. 2.3 Аерозонд (© Jon Becker, Aerosonde Pty Ltd)

Безпілотні вертольоти бувають різних типів і розмірів. У Японії, наприклад, сотні використовуються в сільському господарстві, використовуються як платформи для оранки, сівби, обприскування тощо. Цей бізнес коштує 100 мільйонів доларів США щороку (Newcombe, 2007). [13]



Рис. 2.4 Yamaha R-MAX

Ці вертольоти також були оснащені інструментами для контролю росту врожаю, виявлення хвороб і стресу рослинності через нестачу води. На рис. 4 зображено Yamaha R-MAX.

Параплани з двигуном цікаві тим, що вони потребують дуже мало опори на землі, використовують перевірені технології, переносять значні навантаження

і є недорогими в порівнянні з іншими маловисотними системами. Вони успішно літали у віддалених районах, які не можуть бути економічно врегульовані за допомогою звичайного геодезичного обладнання (Thamm, 2006).



Рис. 2.5 Моторний парашан (Thamm, 2006)

Середньовисотні системи мало корисні для цивільної чи наукової спільноти загалом: вони розроблені для роботи в тому ж повітряному просторі, що й повітряний рух. Деякі військові системи, розроблені для таких висот, мають виняткову витривалість, що було б цікаво для масштабних досліджень. Однак у Бельгії є плани використовувати військові системи БПЛА (ВHunters) для покращення постійного моніторингу (відносно невеликих) територіальних вод. [14]



Рис. 2.6 В-Hunter (© Том Брінкман, [www.aerobel.be](http://www.aerobel.be))

Запропоновані висотні системи є або дирижаблями, або літаками з фіксованим крилом. Щоб мати будь-яку користь, вони також повинні мати дуже тривалу витривалість, яка вимірюється днями і тижнями, а не годинами. Таким чином, їм необхідно використовувати сонце як джерело енергії (ядерна енергія може бути можливою, але вона не вважається достатньо безпечною). Дирижаблі повинні бути дуже об'ємними, щоб переносити значне корисне навантаження (оскільки їхня здатність підйому безпосередньо пов'язана з тиском повітря навколо них), але вони також потребують значної потужності, щоб дозволити їм протистояти вітрам на великій висоті, що забезпечується сонячна батарея на обкладинці дирижабля вдень і від акумуляторних батарей або регенеративних паливних елементів вночі. Було розпочато кілька програм, але до цього часу вони не привели до створення літальної системи (Sasa, 2004; DongMin, 2003). [36]

Для літаків з фіксованим крилом обмежуючим фактором є доступна сонячна енергія (1360 Вт/м<sup>2</sup>, перетворена з ефективністю менше 20%). Підйомна сила для літаків з нерухомим крилом залежить від щільності повітря, поверхні крила та швидкості повітря. У нижній стратосфері щільність повітря дуже низька (10-15 % щільності на рівні землі), тому дуже важливо спроектувати систему надзвичайно малої маси. Це було реалізовано QinetiQ (Великобританія) у своїй програмі Zephyr, кульмінацією якої був 54-годинний політ, який досяг висоти понад 17,5 км на ракетному полігоні Уайт-Сендс, Нью-Мексико, США, у серпні 2007 року. Альтернативний дизайн, розроблений AeroVironment (США) — літаюче крило з розмахом крил понад 75 м, яке досягло висоти понад 30 км у 2001 році. [15]





Рис. 2.7 Запуск Zephyr (© QinetiQ)

У VITO проект Regasus був запропонований ще в 2000 році з метою використання БПЛА на великій висоті для дистанційного зондування. БПЛА, який називається Mercator, пов'язаний із системами QinetiQ Zephyr (Fransaer, 2004).



Рис. 2.8 Безпілотний літак Пікард, котрий працює на сонячній енергії

Європейське космічне агентство (ЄКА) надала в розпорядження Solar Impulse космічні технології, доступні в Європі через Transfer Technology Program. Швейцарський федеральний технологічний інститут у Лозанні є офіційним науковим консультантом проекту. Намір Solar Impulse полягає в тому, щоб сприяти використанню альтернативної енергії в авіації, у даному випадку

сонячної, нескінченної та чистої порівняно з забруднювачами та обмеженими викопними видами палива, які використовуються сьогодні. [35]

Хоча дизайн літака ніколи не міг перевозити пасажирів, Solar Impulse має на меті, перш за все, викликати інтерес громадськості до технологій, здатних зробити стійкий розвиток.

Сонце є основним джерелом енергії для супутників, як і для літака Пікард. Європейська космічна промисловість розробила одні з найефективніших інтелектуальних систем управління енергією, сонячні батареї та системи зберігання енергії, які дозволять цьому апарату літати без проблем і без будь-якої традиційної формули палива. [16]

## **2.2. Керування дронами**

Є чотири основних елементи керування дроном:

- **Переكات:** виконується натисканням правої палички вліво або вправо. Буквально котить дрон, який маневрує дроном вліво або вправо.
- **Висота:** виконується натисканням правої палички вперед або назад. Нахиляє дрон, маневруючи дроном вперед або назад.
- **Поривання:** виконується натисканням лівої палички вліво або вправо. Повертає дрон вліво або вправо. Направляє передню частину коптера в різні боки та допомагає змінювати напрямки під час польоту.
- **Газель:** для збільшення натисніть лівий джойстик вперед. Щоб зменшити, потягніть лівий джойстик назад. Це регулює висоту або висоту дрона.



Рис. 2.9. Дрон та пульта управління [25]

Давайте пройдемося по кожному з них. Рол (права ручка) переміщує ваш дрон вліво або вправо. Це робиться шляхом натискання правого джойстика на контролері вліво або вправо. Це називається «рол», тому що він буквально котить дрон. Наприклад, коли ви натискаєте правий джойстик вліво, дрон буде нахилитися по діагоналі вниз вліво.

Коли ви штовхнете важіль вліво, пропелери будуть штовхати повітря вправо, змушуючи дрон летіти вліво. Якщо ви штовхнете важіль вправо, пропелери будуть штовхати повітря вліво, змушуючи дрон летіти вправо. Подача (правий важіль), натисканням правого джойстика на контролері вперед або назад призводить до нахилу дрона, що призведе до руху вперед або назад.

Коли правий джойстик висувається вперед, задня частина дрона піднімається вгору, змушуючи повітря штовхати дрон вперед. Якщо правий джойстик потягнути назад, передня частина дрона підніметься, що призведе до того, що повітря відштовхне дрон назад.

Поривання (лівий джойстик). По суті, він обертає дрон за годинниковою стрілкою або проти годинникової стрілки. Це робиться шляхом натискання лівого важілю вліво або вправо. Під час безперервного польоту ривання зазвичай використовується одночасно з дросельною заслінкою. Це дозволяє пілоту робити кола та візерунки. Це також дозволяє відеооператорам і фотографам стежити за об'єктами, які можуть змінювати напрямки.



Дросель (ліва ручка) дає гвинтам вашого дрона достатньо потужності, щоб піднятися в повітря. Під час польоту у вас буде постійно включена дросельна заслінка. Щоб включити дросель, натисніть лівий джойстик вперед. Щоб роз'єднати, потягніть його назад. Переконайтеся, що не відключаєтеся повністю, доки ви не відійдете на кілька дюймів від землі. Інакше ви можете пошкодити дрон, і ваше навчання буде скорочено.

*Важлива примітка:*

Коли дрон звернений до вас (а не від вас), всі елементи керування перемикаються. Це має інтуїтивний сенс:

- Натискання правої палички вправо переміщує дрон вправо (перекат)
- Натискання правого джойстика вперед переміщує дрон вперед (наклон)
- Натискання правої ручки назад переміщує дрон назад (по висоті)
- І так далі.

Тому зверніть на це увагу, коли починаєте змінювати напрямки. Завжди думайте про те, як буде рухатися дрон, а не про те, як він орієнтований на вас.

Виконання контрольного списку перед польотом убезпечить вас і ваш дрон. Ось контрольний список, який ви можете використовувати перед кожним рейсом:

*Перевірка погоди та безпеки на місці:*

- Імовірність опадів менше 10%
- Швидкість вітру менше 15 вузлів (менше 20 миль/год)
- База хмар принаймні 500 футів
- Видимість принаймні 3 статутні милі (SM)
- Якщо ви летите на світанку або в сутінках, перевірте час цивільних сутінків
- Встановіть зони зльоту, посадки та аварійного зависання
- Потенціал електромагнітних перешкод?
- Шукайте вежі, дроти, будівлі, дерева чи інші перешкоди

- Шукайте пішоходів та/або тварин і встановіть периметр безпеки, якщо потрібно

- Обговоріть завдання польоту з іншими членами екіпажу, якщо вони присутні

*Візуальний огляд літака/системний огляд:*

- Реєстраційний номер відображається правильно та розбірливо
- Шукайте відхилення — рама літака, пропелери, двигуни, ходова частина

- Шукайте відхилення — кардан, камера, передавач, корисне навантаження тощо.

- Затискач карданного підвісу та кришки об'єктива знімаються
- Протріть лінзи серветкою з мікрофібри
- Приєднайте пропелери, акумулятор/джерело палива та вставте SD-карту/фільтри для об'єктива

*Підключення:*

- Увімкніть пульт дистанційного керування та відкрийте додаток DJI Go 4 або інший у відповідності до вашого дрона

- Увімкніть літак
- Перевірити встановлений зв'язок між передавачем і літаком
- Розташуйте антени на передавачі до неба
- Переконайтеся, що панель дисплея/екран FPV функціонує належним чином

- За потреби відкалібруйте інерціальний вимірювальний блок (IMU).
- Калібрувати компас перед кожним польотом
- Перевірте рівень батареї/палива як на передавачі, так і на літаку
- Переконайтеся, що БАС отримав місцезнаходження GPS принаймні з шести супутників

*Знімаючи з дрону постійно потрібно пам'ятати:*

- Зліт на висоту на рівні очей приблизно 10-15 секунд

- Шукайте будь-які дисбаланси чи порушення
- Прислухайтеся до ненормальних звуків
- Нахилі, крен і рискання, щоб перевірити реакцію та чутливість керування
- Перевірте наявність електромагнітних перешкод або інших програмних попереджень
- Виконайте останню перевірку, щоб забезпечити безпеку зони виконання польотів
- Приступайте до виконання польотної місії

*Зняття дрона з землі.* Перш ніж почати, давайте розглянемо кілька важливих протоколів та рекомендацій щодо безпеки. Важливо відзначити, що дрони не є іграшками і можуть бути небезпечними. Давайте викладемо деякі початкові заходи безпеки, щоб забезпечити безпечний політ:

- Якщо ви збираєтеся врізатися в щось, зменшіть дросель до нуля, щоб потенційно не знищити свій дрон, не поранити когось або поранити себе.
- Вийміть акумулятор дрона, перш ніж виконувати будь-які роботи з ним. Якщо він випадково ввімкнеться і пропелери почнуть обертатися, вам може бути важко виконувати майбутні польоти без пальців.
- Тримайте пальці подалі від пропелерів, коли вони рухаються.
- Якщо ви новачок, який навчається літати в приміщенні, прив'яжіть дрон або оточіть його кліткою.

Вибір безпечного та законного місця польоту також має вирішальне значення для безпечної операції. Ось кілька порад щодо пошуку ідеального місця:

- Варто почати у великому відкритому просторі, наприклад, у парку чи полі. Багато людей вважають за краще навчатися на трав'янистій землі, тому, якщо дрону потрібно здійснити аварійну посадку, у нього буде принаймні якась подушка.
- Тримайтеся подалі від людей або тварин.

- Уникайте вітряних умов, як новачок, і пам'ятайте про обмеження продуктивності вашого дрона (див. посібник користувача).

- Нарешті, виберіть легальне, безпечне та візуально цікаве місце для польоту дрона. Після раунду комплексних досліджень наша команда склала список, де можна керувати дроном у різних містах країни.

Тепер, коли ви зрозуміли елементи керування та вжили всіх правильних заходів безпеки, ви готові до польоту.

- Щоб підняти дрон в повітрі, єдине керування, яке вам потрібно, — це дросель.

- Натискайте дросель (лівий джойстик) вгору дуже повільно, щоб запустити пропелери. Тоді зупинись.

- Повторюйте це кілька разів, доки ви не почуваетесь комфортно з чутливістю дросельної заслінки.

- Повільно натискайте на дросель далі, ніж раніше, поки коптер не підніметься з землі. Потім потягніть дрону до нуля і дайте дрону приземлитися.

Витання в повітрі та посадка дрона.

- Щоб зависнути, ви будете використовувати дросель, щоб піднятися в повітря. Потім ви будете використовувати невеликі налаштування правого джойстика, щоб утримувати дрон на місці.

- Вам також може знадобитися трохи відрегулювати лівий джойстик (рискання), щоб він не повертався.

- Використовуйте дросель, щоб підняти дрон приблизно на фут на півтора фути від землі.

- Зробіть невеликі регулювання за допомогою правого джойстика (і лівого, якщо необхідно), щоб дрон зависав у положенні.

- Коли ви будете готові приземлитися, повільно зменшуйте дросель.

- Коли безпілотник знаходиться на дюйм або два над землею, продовжуйте, повністю відключіть дросель і дайте БПЛА впасти на землю.

- Повторюйте це, поки вам не стане зручно зависати над землею та м'яко приземлятися.

*Керування дроном вправо/вліво та вперед/назад.* Щоб літати дроном ліворуч, праворуч, вперед і назад, вам потрібно буде утримувати дросель на постійній швидкості, щоб тримати його в повітрі. Потім ви будете використовувати правий джойстик, щоб маневрувати дроном у потрібному вам напрямку.

- По-перше, переведіть свій дрон на зависання.
- Натисніть праву палку вперед, щоб відлетіти на пару футів вперед.
- Потягніть праву палку назад, щоб повернути її у вихідне положення.
- Тепер перемістіть його ще на пару футів назад і поверніть у вихідне положення.
- Натисніть правий джойстик вліво, щоб перемістити ваш коптер на пару футів ліворуч.
- Поверніть його у вихідне положення, а потім відлетіть на пару футів вправо.
- Якщо він починає обертатися (рискання), відрегулюйте лівий джойстик вліво або вправо, щоб дрон дивитися в тому самому напрямку.
- (Порада: коли ви рухаєтеся в будь-якому напрямку, ви, ймовірно, помітите, як дрон падає на висоті. Щоб утримувати дрон на тій же висоті, натискайте на дросель і надавайте йому більше потужності, коли ви повертаєтеся або рухаєтеся.)

### **2.3. Планування польотної місії**

Найважливішими параметрами планування польоту є час польоту, висота польоту, лінії польоту, шаблон і зображення, відсоток перекриття збоку та вперед. Наприклад, для 3D-модельовання зображення, які класифікуються як бічні та прямі, повинні мати достатнє перекриття. Бічне перекриття — це перекриття між двома сусідніми лініями траєкторії польоту, тоді як перекриття між двома послідовними зображеннями на одному шляху називається прямим або кінцевим перекриттям. Відсоток перекриття визначатиме кількість ліній

польоту, кількість знятих зображень і інтервал часу між зйомкою зображення. У будь-якому фотограмметричному проекті, Відсоток перекриття збоку та вперед вздовж швидкості польоту визначає зйомку сцени на кількох зображеннях під різними кутами огляду. Таким чином, накладання зображень визначає якість фотограмметричної продукції БПЛА, оскільки впливає на щільність точок як функцію кута огляду. Поряд із відсотком накладання зображень, шаблон ліній польоту також впливає на кількість зображень, які фіксують окрему сцену. На основі розмірів досліджуваної території та вимог до даних можна розробити ряд моделей ліній польоту. Однак у спільноті наук про Землю схема польоту, як правило, є або планом польоту газонокосарки (площина рухається вперед і назад паралельними лініями польоту), або перпендикулярним планом польоту (площина рухається вперед і назад за двома ортогональними перпендикулярними схемами). [17]

Ряд дослідників у галузі геонауки вивчали вплив накладання зображень БПЛА на якість картографічних продуктів, але вони мало згадують план траєкторії польоту як ключовий фактор, що впливає на якість фотограмметричних продуктів, у поєднанні з відсотком накладання зображень. Деякі вчені використали лише два зображення для експериментального дослідження ефектів перекриття зображень на продуктивність алгоритму масштабно-інваріантного перетворення ознак, змінюючи перекриття від 10% до більш ніж 90% і запропонували поріг ступеня перекриття 55% для напряму маршруту та 30% для бічного напрямку. Інші проаналізували дані БПЛА для вимірювання висоти дерева з двома варіаціями прямого перекриття (96%, 60%) і чотирма варіантами бічного перекриття (20%, 40%, 60% і 80%). Вони дійшли висновку, що максимізація фотографічного перекриття, особливо передне перекриття, має вирішальне значення для мінімізації похибки висоти крони та для загального відбору проб лісового пологу. Проте велике перекриття призводить до збільшення кількості фотографій і збільшення часу обчислень, незалежно від обчислювального обладнання, підкреслюючи важливі компроміси

між якістю даних і можливістю швидкого отримання високоякісних результатів. [18]

Також було створено кілька проектів, що перекриваються, з одного проекту польоту, вибравши кількість зображень для картування лісу через план польоту газонокосарки. Багато вчених вивчали вплив перекриття зображень на прогноз біомаси в тропічних лісах. Для оглядів БПЛА перекриття зображення вперед було фіксовано на рівні 90%, а перекриття збоку варіювалося від 80% до 70%. Результати цього дослідження полягали в тому, що найкраща модель біомаси була отримана з використанням 70% бічного перекриття і 90% переднього перекриття. При виборці зображень із різними частотами, щоб отримати коефіцієнт перекриття в діапазоні від 91% до 99% для картування лісу через відео, зняті БПЛА. Такі вчені, як Габара і Савіцкі оцінили багатофакторну точність досліджень БПЛА, проведених з 85% і 65% переднього перекриття і 85%, 65% і 45% збоку. Дослідження було проведено, щоб оцінити вплив меншого прямого та бічного перекриття та зменшення кількості зображень на значне зниження точності коригування блоків пакетів (BBA). Зроблено висновок, що оптимальним варіантом з точки зору точності та часу обчислень з використанням робочої станції стандартного класу є зменшені фотографії, які перекриваються на рівні 65% як для прямого, так і для бічного накладання. Однак, згідно з останньою доступною інформацією, дослідники все ще повинні розглянути параметр відсотка перекриття зображень щодо перпендикулярного плану польоту для великомасштабних топографічних варіацій. [19], [20]

Топографічне картографування є одним із найстаріших геодезичних програм, і ця техніка постійно розвивається. Аерофотозйомка та цифрова фотограмметрія є одним із найважливіших сучасних засобів топографічного картографування. Гіпотеза цього дослідження полягає в тому, що перпендикулярний план польоту, також званий перехресною штрихуванням або подвійною сіткою, мінімізує ефект прямого і бічного перекриття. Згідно з основним принципом фотограмметрії, збільшення відсотка бічного і прямого накладання означає, що конкретна сцена буде знята на більшій кількості

зображень. Результатом є більша кількість узгоджених точок, тривимірні хмари точок і водночас підвищена точність DSM. Однак збільшення прямого і бічного перекриття призводить до збільшення кількості зображень і згодом збільшений час обробки фотограмметричного проекту. Аналогічна мета може бути досягнута шляхом польоту БПЛА в перпендикулярних лініях польоту. Крім того, подібної мети зафіксувати окрему сцену на більшій кількості зображень можна за допомогою перпендикулярних ліній польоту. Тому, розробляючи перпендикулярний план польоту, менший відсоток перекриття та меншу кількість зображень, можна використовувати обробку для високої щільності 3D-хмари точок, що призводить до більш точного DSM. [21], [22]

Першим головним етапом перед початком будь-якої зйомки є підготовка обладнання до виїзду на місце знімання. В залежності від типу та обсягу роботи, яка виконуватиметься дроном, список обладнання для поїздки може різнитися, але в загальному має включати такі пункти:

1. Дрон і пульт (заряджений)
2. Захист на повітряні гвинти (якщо політ буде виконуватись у місці, де багато повітряних перешкод)
3. 5 батарейок (заряджені)
4. Зарядний пристрій для батарейок (стандартна і на 3 заряди)
5. Інвертор
6. Провід для підключення інвертора до автомобільного акумулятора
7. Флешки (2 шт., перед виїздом флешки повинні бути відформатовані)
8. Планшет (заряджений)
9. Зарядка до планшета
10. Захист для планшета від сонячного світла
11. Ноутбук, мишка, зарядний пристрій
12. Картридер
13. Дві переноски
14. Стільці
15. Ніж



16. Генератор
17. Каністра
18. Масло для генератора
19. Викрутка
20. Молоток
21. Балончики для охолодження батарейок
22. Жилети
23. GPS-приймач + віха + 2 заряджені батареї
24. Опорні знаки ( пластиків тарілки, цвяхи, капронові кришки, балончик з фарбою)

Після перевірки всіх цих пунктів можна переходити безпосередньо до польотної місії. Планування польотної місії є одним з найважливіших етапів при створенні ортофотоплану, адже неправильно створена польотна місія може спричинити цілу низку проблем: не повністю покрита зона інтересу замовника, хибна висота польоту, замале перекриття, кут нахилу камери і т.д., що в подальшому не дозволить виготовити ортофотоплан відповідно до технічних вимог замовника.

Зону інтересу замовник надсилає у вигляді shape-файлу або kml-файлу. Такі файли ми можемо відредагувати в Google Earth або в Arcgis, бажано створити буфер 25-50 м навколо зони інтересу, тому що на кінцях ортофотоплану частина інформації може бути втрачена через те, що знімки не склеїлись. Іноколи замовник надсилає картинку з намальованою зоною інтересу в графічному редакторі, таку зону ми не можемо ні відредагувати, ні експортувати до програми через яку здійснюватимемо політ - тому нам потрібно самостійно намалювати межу польоту в Google Earth або в Arcgis, при цьому треба бути дуже уважним і краще малювати з невеликим буфером навколо зони інтересу.

Файли зони інтересу мають бути в проекції WGS-84. Перед тим, як завантажувати зону інтересу в програму, за допомогою якої ми будемо

здійснювати польоти, потрібно відкрити Basemap в Arcgis і впевнитись що зона інтересу знаходиться на своєму місці.



Рис. 2.10. Приклад зони інтересу

Далі відкриваємо програму безпосередньо для здійснення польотної місії, найчастіше для польотів під ортофотоплан ми використовуємо DroneDeploy. DroneDeploy працює з багатьма дронами.

Характеристики автономного польоту:

- Простота планування польоту
- Налаштування автономного маршруту та камери
- Автоматична передпольотна перевірка безпеки
- Повороти на маршруті польоту
- Автоматичний зліт, політ та посадка

- Стеження за польотом в реальному часі (FPV - First Person View - вид від першої особи)
  - «Розумні» налаштування автоматичної експозиції
  - Відключення автоматичного польоту та перехід на ручне керування одним натисканням
  - Підтримка місій з кількома маршрутами та вибір початкової маршрутної точки для продовження місії
  - Можливість польоту при вимкненому пульті керування
  - Налаштування користувача (висота, переднє та бічне перекриття зображень, налаштування камери)
  - Створення та перегляд 2D-карти з низькою роздільною здатністю під час польоту (доступно як частина бета-версії Fieldscanner)

Аналіз даних у польових умовах на будь-якому пристрої:

- Дослідження інтерактивних карток
- Вимірювання відстані, площі та обсягу
- Аналіз висоти, NDVI та багатьох інших параметрів
- Спільне використання карт, анотацій та повідомлень

Обробка та аналіз зображень на веб-платформі DroneDeploy:

- Завантаження знімків із SD-карти вашого дрона на DroneDeploy для обробки та створення 3D-карт високої роздільної здатності
- Обробка наземних контрольних точок для створення карток та моделей високої точності
- Експорт даних у потрібному вам форматі

Отже, спочатку створюємо flight plan:



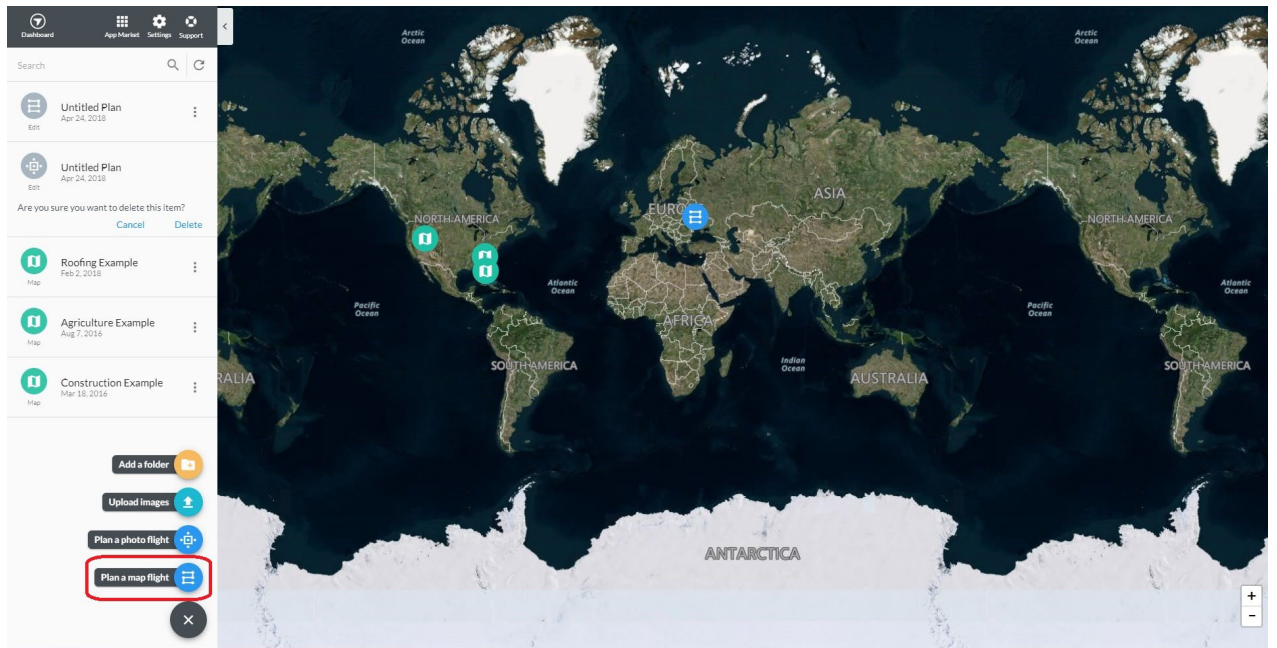


Рис. 2.11. Створення flight plan в програмному забезпеченні DroneDeploy



Рис. 2.12. Створення зони інтересу в програмному забезпеченні DroneDeploy

Наступним кроком потрібно створити зону на якій буде проводитись зйомка. Зону інтересу ми можемо створити як вручну, рухаючи вершини полігону рис. 2.12.

Також підгрузивши share або kml-файл:

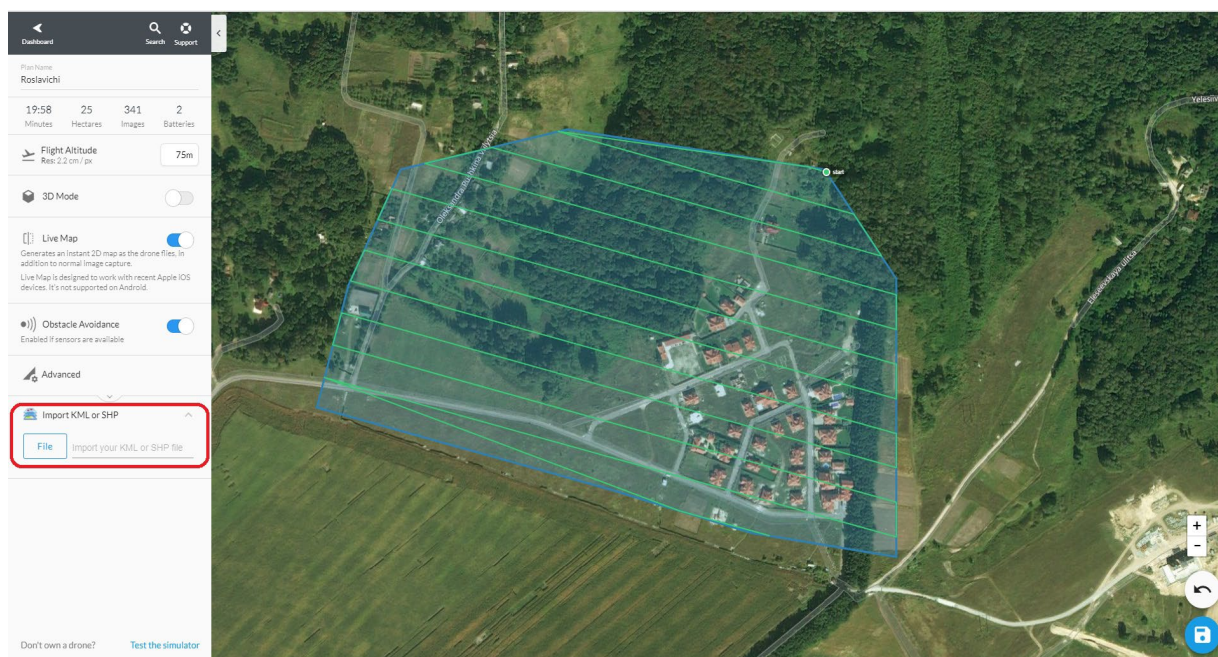


Рис. 2.13. Підгрузка share або kml-файлу

Наступний крок - це вказати висоту польоту рис 2.14.





Рис. 2.14. Вказуємо висоту польоту безпілотнока

Висота польоту найбільше впливає на роздільну здатність майбутнього ортофотоплану. Приблизна залежність наведена в таблиці 2.1. [23]

Висота, м	Роздільна здатність орто, см
100	2,45
120	3,05
150	3,77
180	4,80
200	5,04

Табл. 2.1. Залежність роздільної здатності ортофотоплану від висоти польоту [23]

Далі вказуємо додаткові налаштування (поперечне і повздовжнє перекриття, напрямок польоту, максимальна швидкість польоту, точка старту):

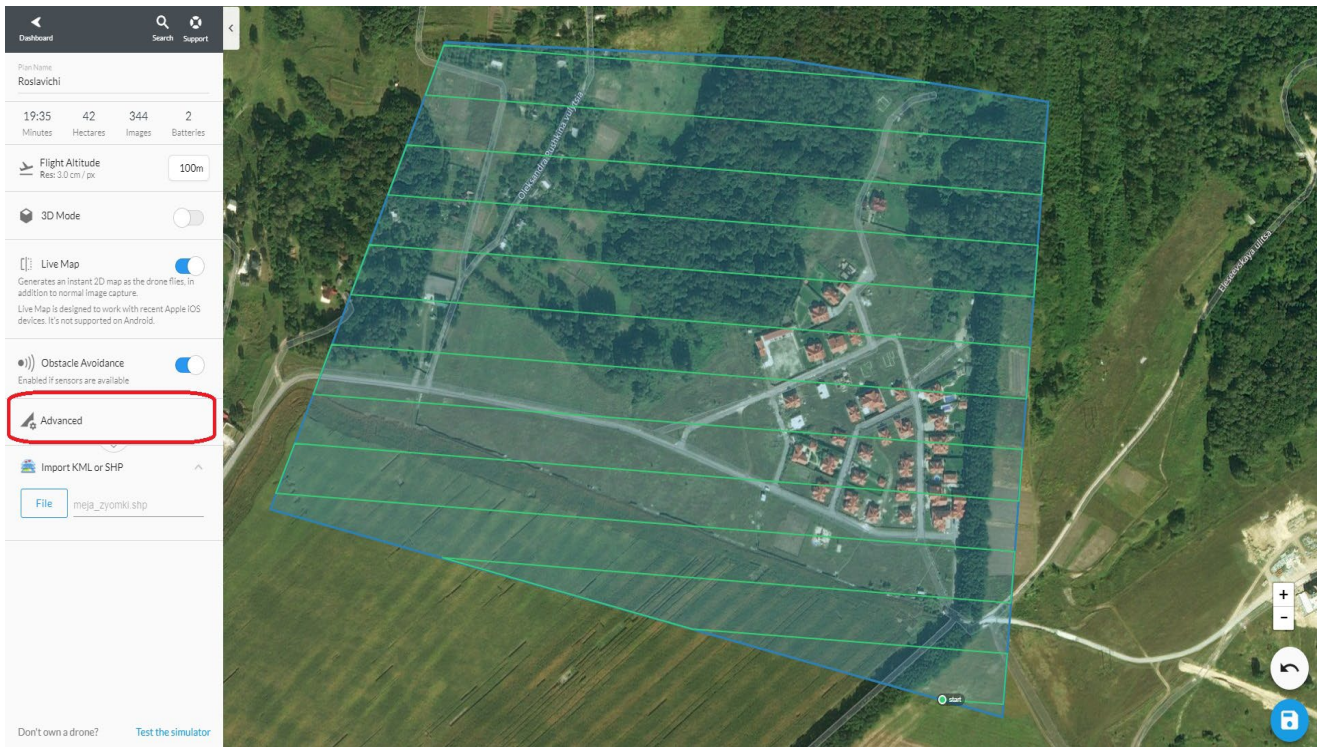


Рис. 2.15. Додаткові налаштування плану польоту

Залежно від додаткових налаштувань тривалість польоту може змінюватись. Перекриття зазвичай має такі параметри: повздовжнє-80, поперечне-70, але ці показники можуть змінюватись в залежності від рельєфу території, густоти забудови і т.д. [24]



Рис. 2.16. Повне налаштування польотної місії



## Висновки до розділу 2

Фотограмметрія БПЛА є однією з новітніх технологій у картографічній індустрії для надання даних місцевості з високою роздільною здатністю в цифровому середовищі. Його застосування для зйомки невеликих територій представляє великий інтерес для дослідників у спільноті наук про Землю. Завдяки останнім розробкам у сучасній цифровій обробці зображень, разом із постійно зростаючими можливостями персонального комп'ютера, фотограмметрія є гнучким і доступним інструментом. Якість зйомки з БПЛА залежить від ряду факторів, таких як якість датчика, властивості платформи, параметри польоту та методи обробки зображень. Такі параметри польоту, як висота польоту, швидкість польоту, час польоту, траєкторія польоту та відсоток перекриття зображень, є компромісом між якістю DSM та вартістю розрахунку фотограмметричного проекту.



## РОЗДІЛ 3. ОБРОБКА ДАНИХ ЗЙОМКИ БПЛА

### 3.1. Програмне забезпечення

Існує багато зручних та корисних програм для обробки зйомки з БПЛА та створення ортофотознімків. Наприклад такі, як:

- 3DF Zephyr Pro дозволяє автоматично відновлювати 3D-моделі із фотографій.
- VisualSFM - це програма з графічним інтерфейсом для тривимірної реконструкції з використанням структури з руху. VisualSFM може працювати дуже швидко, використовуючи багатоядерний паралелізм у виявленні функцій, зіставленні функцій та налаштуванні пакета. Крім того, VisualSFM (64-розрядна версія) надає інтерфейси для запуску інструменту PMVS/CMVS від Yasutaka Furukawa та для підготовки даних для SMP-MVS Міхала Янкосека. Це програмне забезпечення також постачається з двома дослідницькими проектами: реконструкція поверхні схеми та аналіз повторення в одному вигляді.
- Regard3D - це безкоштовна мультиплатформна програма з відкритим вихідним кодом, яка створює 3D моделі об'єктів, ґрунтуючись на фотографіях з різних точок зору. Regard3D може створювати 3D-моделі з об'єктів, використовуючи серію фотографій, знятих з різних точок зору.
- RealityCapture - це програмне рішення, яке автоматично створює 3D-моделі з високою роздільною здатністю за фотографіями або лазерними сканами. RealityCapture може обробляти тисячі зображень і сканувань протягом декількох хвилин і може створювати дуже докладні 3D-моделі, що підходять для широкого спектру застосувань - культурної спадщини, візуальних ефектів, комп'ютерних ігор, ГІС, 3D-карт, промисловості, вмісту 3D-друку, вимірювань та аналізу. [26], [28]

Та звичайно Agisoft Metashape - це автономний програмний продукт, який виконує фотограмметричну обробку цифрових зображень та генерує тривимірні

просторові дані для використання у додатках ГІС, документування культурної спадщини та створення візуальних ефектів, а також для непрямих вимірювань об'єктів різного масштабу.

За допомогою техніки цифрової фотограмметрії, заснованої на методах комп'ютерного зору, створюється інтелектуальна автоматизована система обробки, якою, з одного боку, може керувати новачок в області фотограмметрії, але, з іншого боку, є чимось здивувати і фахівця, який може розділити робочий процес на численні конкретні завдання та різні типи даних.

У ході досліджень Metashape доводить, що програма дає якісні та точні результати тому саме вона використовувалась в даній роботі.

У програмі Agisoft Metashape реалізовано сучасну технологію створення тривимірних моделей високої якості на основі цифрових знімків (аерозйомка, наземна зйомка, супутникові знімки). Отримані дані можуть бути використані в додатках GIS як документація культурної спадщини, для виробництва візуальних ефектів, а також для непрямих вимірювань об'єктів різних масштабів.

Metashape дозволяє обробляти зображення у видимому діапазоні RGB, термальні та мультиспектральні знімки, включаючи знімки з багатокамерних систем. Результати обробки є різні типи просторових даних: щільні хмари точок, текстуровані полігональні моделі, ортофотоплани і цифрові моделі місцевості (ЦММ). Інструменти додаткової постобробки дозволяють прибрати тіні та інші артефакти на текстурі моделей, розрахувати індекси рослинності, експортувати дані для автоматизованого управління сільськогосподарською технікою, автоматично класифікувати щільні хмари точок, і т. д. Завдяки можливості розподілених обчислень на локальному кластері Metashape дозволяє обробляти проекти, включаючи 000 та більше знімків. Тоді як можливість обробки даних, завантажених у хмару, дозволяє мінімізувати витрати на апаратні потужності. Об'єднання методів цифрової фотограмметрії та технологій комп'ютерного зору створює автоматизовану систему, яка, з одного боку, легко керується (навіть за відсутності навичок у галузі фотограмметрії), а з іншого, пропонує розширені інструменти оцінки (такі як стереорежим) та контролю точності результатів

(доступний експорт повного звіту про обробку), які дозволяють фахівцям домагатися необхідної високої якості даних, що експортуються. [27]

Як працює Metashape. Основні завдання, які вирішують користувачі за допомогою програми Metashape - побудова моделі, ортофотоплана і ЦММ. Робота з проектом здійснюється у три етапи:

1. Перший етап називається вирівнювання і є блочною фототріангуляцією методом незалежних зв'язок. На цьому етапі Metashape знаходить загальні точки знімків і за ними визначає всі параметри камер: положення, орієнтацію, внутрішню геометрію (фокусна відстань, параметри дісторсії тощо). Результатами є розріджена хмара загальних точок у 3D просторі моделі та дані про положення та орієнтацію камер. У Metashape розріджена хмара точок не використовується на подальших стадіях обробки (крім режиму побудови моделі на основі розрідженої хмари точок) і служить лише для візуальної оцінки якості вирівнювання знімків. Варто зазначити, що на етапі побудови розрідженої хмари точок розраховуються карти глибини для пар зображень (стереопар). Розріджена хмара точок може бути експортована для подальшого використання у зовнішніх програмах. Дані про положення та орієнтацію камер використовуються на подальших стадіях обробки. [33]

2. На другому етапі Metashape виконує побудову поверхні: полігональної 3D моделі та/або Цифрової моделі місцевості (ЦММ). Полігональна модель може бути текстурована для фотореалістичного відображення об'єкта зйомки, а згодом експортована в різних форматах, сумісних із додатками САД та середовищ для тривимірного моделювання. Metashape дозволяє створювати тайлові моделі для швидкого відображення та зручної навігації у разі роботи над дуже великими проектами (наприклад, моделювання цілого міста). Система ієрархічних тайлів дозволяє зберегти вихідну роздільну здатність знімків, на основі яких побудована текстура моделі. Тайлові формати сумісні з автономними програмами для перегляду та аналогічними інтернет-додатками. На підставі положень камер, розрахованих на першому етапі обробки, і використовуваних знімків Metashape може побудувати Щільну хмару точок. Створена таким чином

фотограмметрична хмара точок може бути об'єднана з хмарию точок LIDAR або автоматично класифікована відповідно до цілей проекту. На підставі щільної хмари точок може бути побудована цифрова модель місцевості (ЦММ), що включає точки поверхні землі, так і різні об'єкти (дерева, будівлі та інші антропогенні об'єкти); при побудові цифрової моделі рельєфу (ЦМР) як вихідні дані використовуються лише точки на поверхні землі. Для побудови ЦМР щільну хмару точок необхідно попередньо класифікувати. На підставі щільної хмари точок може бути побудована цифрова модель місцевості (ЦММ), що включає як точки землі, так і різні об'єкти (дерева, будівлі та інші антропогенні об'єкти); при побудові цифрової моделі рельєфу (ЦМР) як вихідні дані використовуються тільки точки на поверхні землі. Для побудови ЦМР щільну хмару точок необхідно попередньо класифікувати. На підставі щільної хмари точок може бути побудована цифрова модель місцевості (ЦММ), що включає точки поверхні землі, так і різні об'єкти (дерева, будівлі та інші антропогенні об'єкти); при побудові цифрової моделі рельєфу (ЦМР) як вихідні дані використовуються лише точки на поверхні землі. Для побудови ЦМР щільну хмару точок необхідно попередньо класифікувати. [28]

3. На третьому етапі в Metashape є побудова ортофотоплана, який може бути відповідним чином географічно прив'язаний і використовуватися як підкладка для різних карт. Крім того, Ортофотоплан може бути експортований для подальшого аналізу та векторизації. При створенні ортофотоплана вихідні знімки проектується на поверхню, вказану користувачем (ЦММ/ЦМР, полігональна модель) відповідно до розрахованих елементів внутрішнього та зовнішнього орієнтування камери. У проектах, що використовують мультиспектральні зображення як вихідні дані, на ортофотоплані можуть бути представлені NDVI та інші індекси рослинності. Радіометричні зображення можуть бути коректно інтерпретовані в Metashape за умови:

Системні вимоги.

Мінімальна конфігурація:

- Windows XP або пізніша версія (64 біт), Mac OS X High Sierra або пізніша версія, Debian/Ubuntu з GLIBC 2.13+ (64 біт)

- Процесор Intel Core 2 Duo або потужніший

- 4 Гб оперативної пам'яті

Рекомендована конфігурація:

- Windows 7 SP 1 або пізніша (64 біт), Mac OS X Mojave або пізніша Debian/Ubuntu з GLIBC 2.13+ (64 bit)

- Процесор Intel Core i7 або AMD Ryzen 7

- Дискретна відеокарта NVIDIA або AMD

- 32 Гб оперативної пам'яті Кількість фотографій, що може обробити Metashare, залежить від обсягу доступної оперативної пам'яті. При роздільній здатності однієї фотографії близько 10 МПікс, 4 Гб пам'яті достатньо для обробки 30-50 фотографій. 16 Гб дозволить обробити 300-400 фотографій.

*Сценарії зйомки.* Знімки, придатні для реконструкції тривимірної моделі Metashare, можуть бути зняті будь-якою цифровою камерою (як метричною, так і не метричною). Дотримання при зйомці деяких нескладних правил допоможе отримати якісніший результат. У цьому розділі описано основні принципи та рекомендації щодо зйомки та вибору знімків, придатних для створення 3D моделі.

Рекомендація, перед початком зйомки, ознайомитися з основними правилами та обмеженнями.

Устаткування:

- Використовуйте камеру з матрицею досить високої роздільної здатності (5 МПікс і більше).

- Уникайте надширококутних об'єктивів та об'єктивів типу "риб'яче око". Найкращі результати можуть бути отримані за допомогою об'єктивів з фокусною відстанню 50 мм (35 мм плівковому еквіваленті). Рекомендовані рамки зміни фокусної відстані об'єктивів від 20 до 80 мм (35 мм плівковому еквіваленті). Якщо зйомка здійснювалася камерою з об'єктивом "риб'яче око", необхідно

перед початком обробки задати відповідний тип камери в налаштуваннях калібрування камери Metashape.

- Рекомендується використовувати об'єктиви з фіксованою фокусною відстанню. При використанні об'єктивів зі змінною фокусною відстанню, для отримання більш стабільних результатів необхідно зафіксувати одне з крайніх значень фокусної відстані (максимальна або мінімальна) на весь період зйомки.

Налаштування камери:

- Переважно використання RAW даних, сконвертованих без втрат у формат TIFF, оскільки стиснення зображення до формату JPG збільшує кількість небажаних шумів.

- Рекомендується використовувати максимальну роздільну здатність під час зйомки.

- Необхідно встановити мінімально можливе значення ISO, щоб уникнути додаткового шуму, характерного для фотографій із високим ISO.

- Рекомендується здійснювати зйомку за мінімально можливого розміру діафрагми для досягнення максимальної глибини різкості, оскільки важливим фактором є різкість зображення.

- Уникайте розмиття зображень під час зйомки камерою, що рухається, і зйомки з довгою витримкою.

Основні правила:

- Під час зйомки уникайте плоских нетекстурованих, відбивних та прозорих об'єктів.

Сценарії зйомки:

- Уникайте потрапляння в кадр небажаних об'єктів на передньому плані.

По можливості не допускайте зміни взаємного розташування об'єктів у процесі зйомки.

- Знімайте блискучі об'єкти у хмарну погоду.

- Знімайте з великим перекриттям.

- Найважливіші деталі рекомендується знімати з трьох і більше ракурсів.

Обробка знімків:

- Metashape використовує лише вихідні зображення. Не дозволяється попередньо змінювати розмір або геометрію кадрів (повертати, кадрувати тощо). Сценарій зйомки Сценарій зйомки слід ретельно спланувати заздалегідь. При плануванні зйомки рекомендується дотримуватися наведених нижче правил:

- Надлишок знімків краще, ніж їх недостатня кількість.
- Кількість "сліпих зон" повинна бути зведена до мінімуму, оскільки Metashape може реконструювати лише ті точки об'єкта зйомки, які видно як мінімум на двох кадрах.

- У разі аерофотозйомки рекомендоване перекриття кадрів по ходу руху БПЛА (поздовжнє перекриття) та перекриття між лініями зйомки (поперечне перекриття) має становити 80% та 60% відповідно.

- Необхідно ефективно використовувати простір кадру: об'єкт, що знімається, повинен займати найбільшу частину кадру. У деяких випадках оптимальна портретна орієнтація кадру.

- Дозволяється зйомка об'єкта частинами, за умови достатнього перекриття кадрів. Не обов'язково поміщати об'єкт цілком у кожен кадр.

- Застосування гарного освітлення підвищить якість зйомки. При цьому джерела освітлення рекомендується розташовувати за межами кадру, не використовувати спалах і уникати відблисків.

- Для виконання вимірювань на моделі необхідно перед зйомкою розташувати на поверхні об'єкта принаймні два маркери та виміряти відстань між ними (допускається просто розташувати лінійку відомої довжини на об'єкті зйомки).

- У випадку аерозйомки: для точної географічної прив'язки моделі необхідно рівномірно розподілити опорні точки (GCPs) (не менше 10) на об'єкті зйомки. Це також збільшить точність геометрії моделі. Реконструкція моделі в AgisoftMetashape та її географічна прив'язка можлива як з використанням опорних точок, так і без. [28]

## 3.2. Створення ортофотоплану

Отже, після зйомки з дрону, нашої зони інтересу, в нашому випадку це міський парк Подільського району міста Києва, ми отримуємо всі данні для створення ортофотоплану. Робота проходить в програмному забезпеченні Agisoft Metashape Profesional і ділиться на такі етапи:

1. Попередній перегляд матеріалів зйомки для відсіювання невдалих фотографій (зйомка не в надир, розмитість і т. д.), запис фото на комп'ютер
2. Додавання фотографій в Agisoft Metashape
3. Вирівнювання фотографій
4. Додавання опорних точок
5. Створення щільної хмари точок
6. Класифікація рельєфу
7. Створення карти висот
8. Створення ортофотоплану
9. Редагування ліній різку ортофотоплану
10. Експорт ортофотоплану

### 3.2.1. Підготовка знімків до роботи

Попередній перегляд матеріалів зйомки для відсіювання невдалих фотографій (зйомка не в надир, розмитість і т. д.), запис фото на комп'ютер. На початку роботи рекомендую завжди переглянути всі створені дроном фото на наявність невдалих кадрів. Видалити невдалі знімки для того щоб вони не заважали в подальшій роботі.

*Додавання фотографій в Agisoft Metashape.*

Аби додати фотографії в Agisoft Metashape потрібно виконати команду: Обработка→Добавить фотографии (або Добавить папку)



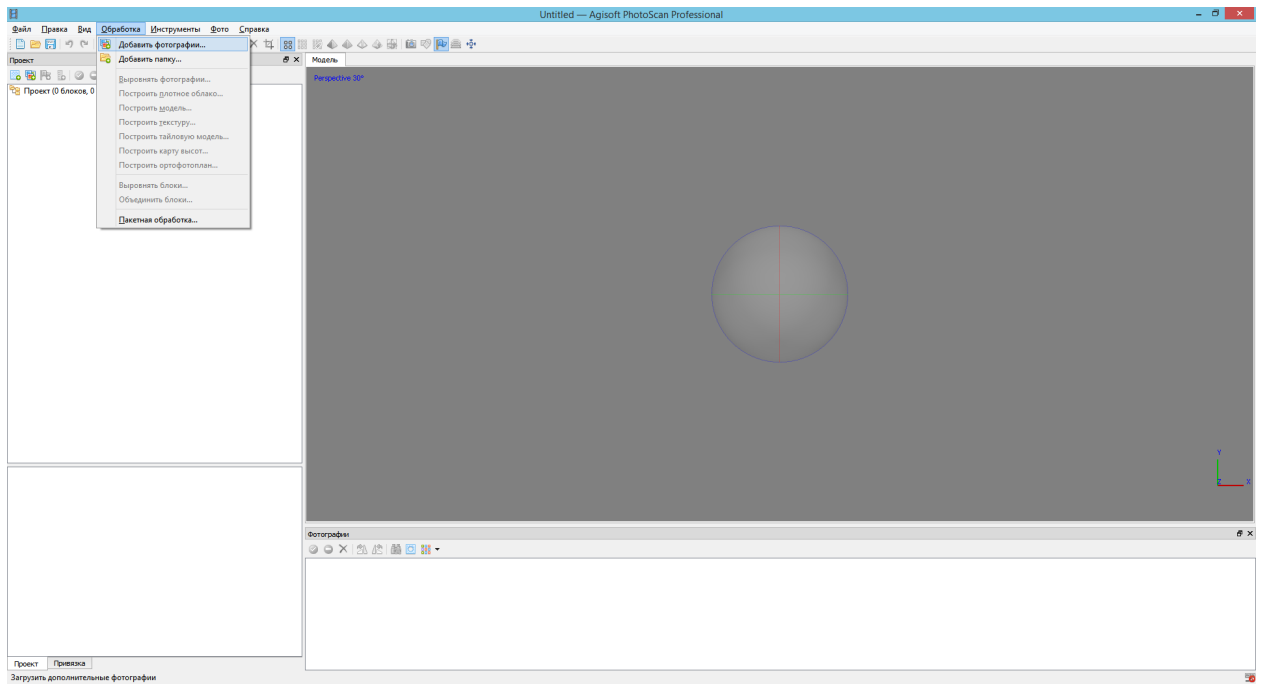


Рис. 3.1. Додавання фотографій в Agisoft Metashape

Потім потрібно створити камеру з кожного файлу

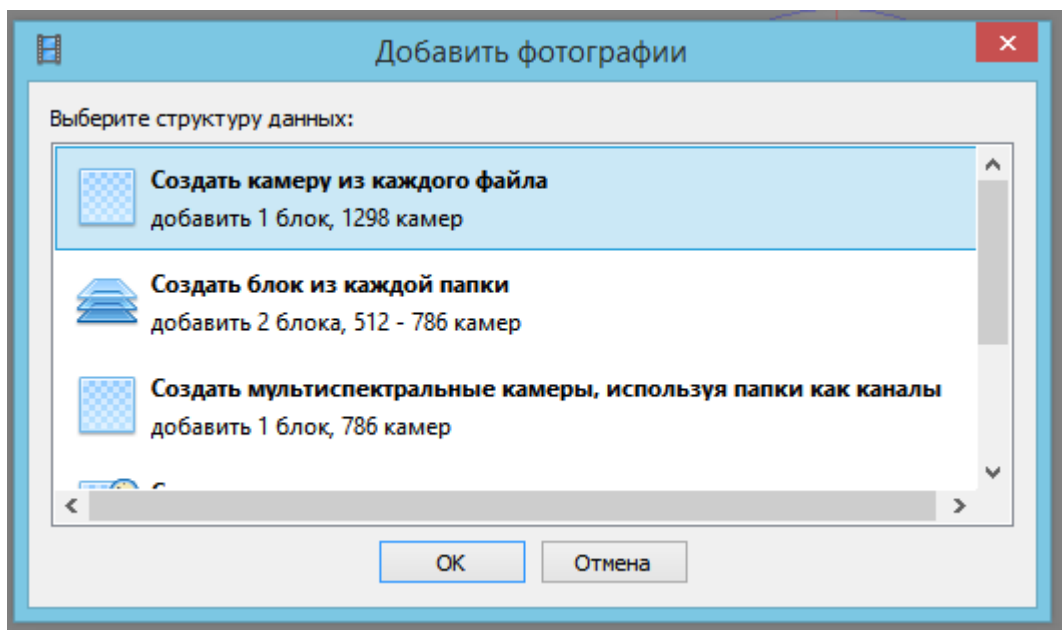


Рис. 3.2. Вікно налаштування доданих фотографій

Отримаємо таке відображення маршруту прольоту дрона.

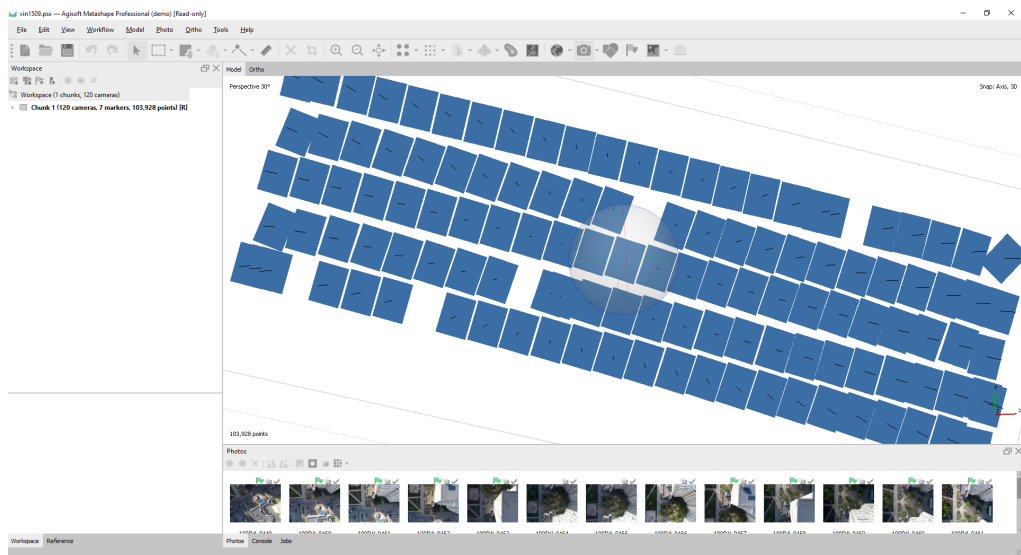


Рис 3.3. Маршрут польоту дрона

### *Вирівнювання фотографій.*

Після того як ви проредагували і додали всі необхідні фотографії для створення ортофотоплану в Agisoft Metashape, необхідно їх вирівняти. Для цього потрібно виконати команду: Обработка→Выворачивать фотографии. Точність і максимальну кількість точок виставляти потрібно відповідно до потужності вашого комп'ютера, чи вища точність і більша кількість точок, тим вирівнювання буде довшим (рекомендовані параметри: не гірше середньої точності, і не менше 40000 точок).

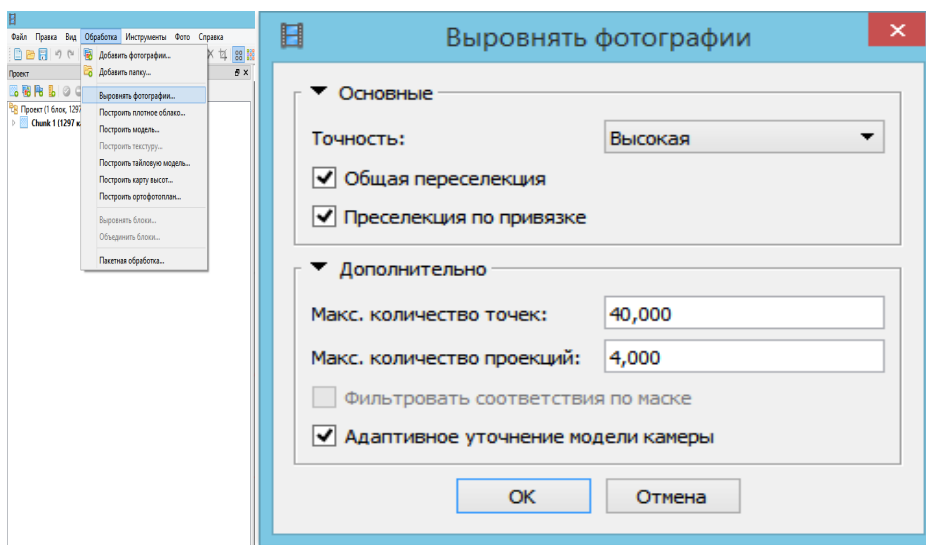


Рис. 3.4. Вікна налаштувань для вирівнювання фотографій

Отриманий результат на рисунку 3.5.

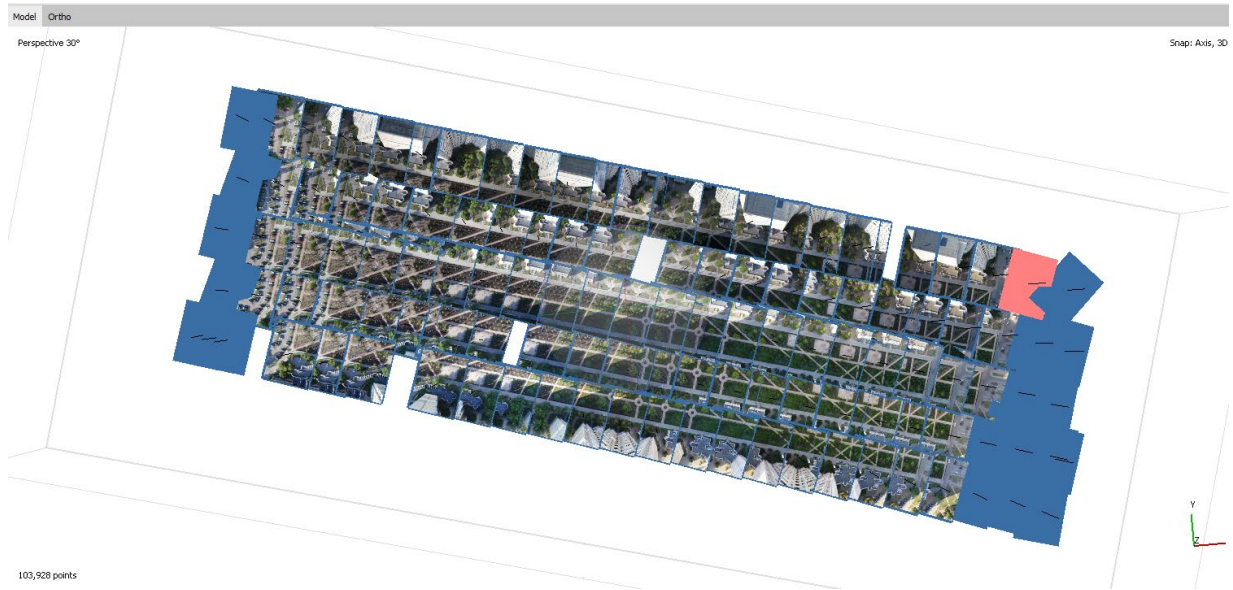


Рис 3.5. Вигляд всіх фотографій після вирівнювання

### 3.2.2. Додавання опорних точок

Зазвичай координати від замовника приходять в форматі .xls, тому потрібно їх зберегти як текстовий документ з розділювачами табуляції. У нашому випадку зйомку координат ми проводили особисто тому вони вже відредаговані і збережені у потрібному форматі .txt. При експорті координат в Agisoft Metashape десяткова частина повинна відокремлюватися крапкою. Координати для експорту в Agisoft Metashape мають мати такий вигляд рис. 3.6.

vin.txt – Блокнот

Файл	Правка	Формат	Вид	Справка
vin1		5597816.798		329821.699 160.983
vin2		5597843.398		329734.345 161.896
vin3		5597877.962		329613.540 162.422
vin4		5597837.609		329604.412 162.017
vin5		5597803.252		329725.810 162.091
vin6		5597818.228		329726.997 162.005
vin7		5597778.113		329812.214 160.733

Рис 3.6. Відзняті координати опорних точок

Обов'язково перевіряйте правильність експорту координат перед початком наступного етапу створення ортофотоплану!

Для експорту координат потрібно на вкладці Прив'язка виконати команду Імпорт і вибираємо файл з координатами.

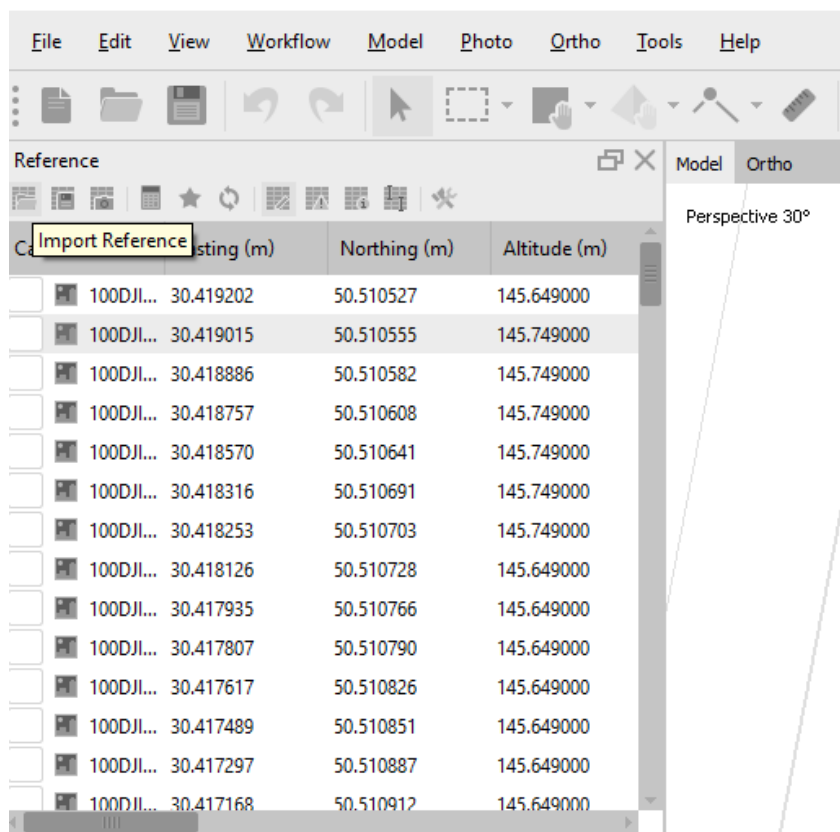


Рис. 3.7. Імпорт координат

Вибираємо потрібну систему координат, у нас це UCS-2000/Ukraine TM zone 10. Розділювач вказуємо табуляція, вказуємо в яких стовбцях відкриватимуться координати широти, довготи і значення висоти, також вказуємо з якого рядка почати імпорт.

Потім створюємо маркер для всіх опорних точок, нажимаючи “Да для всех”

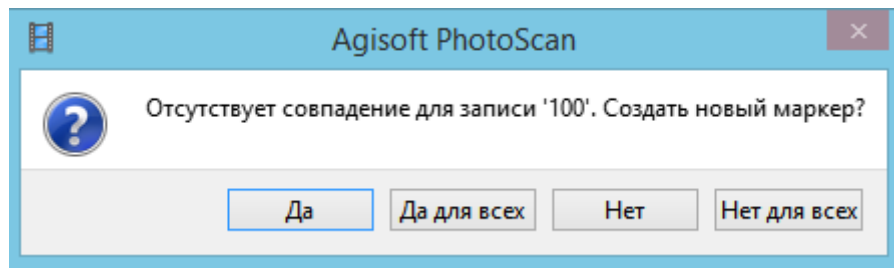


Рис. 3.8. Налаштування маркеру для всіх опорних точок

Аби поставити опорну точку вибираємо маркер і знаходимо на яку фотографію потрапляє опорна точка, знаходимо на фотографії відповідний маркер на землі. У нас маркером опорних точок слугували картонні трикутники, які на місцевості прибивались цвяхом до землі але у випадку цього парку було дуже зручно використовувати кут повороту бардюрів та алейок для простішого орієнтиру і точності.

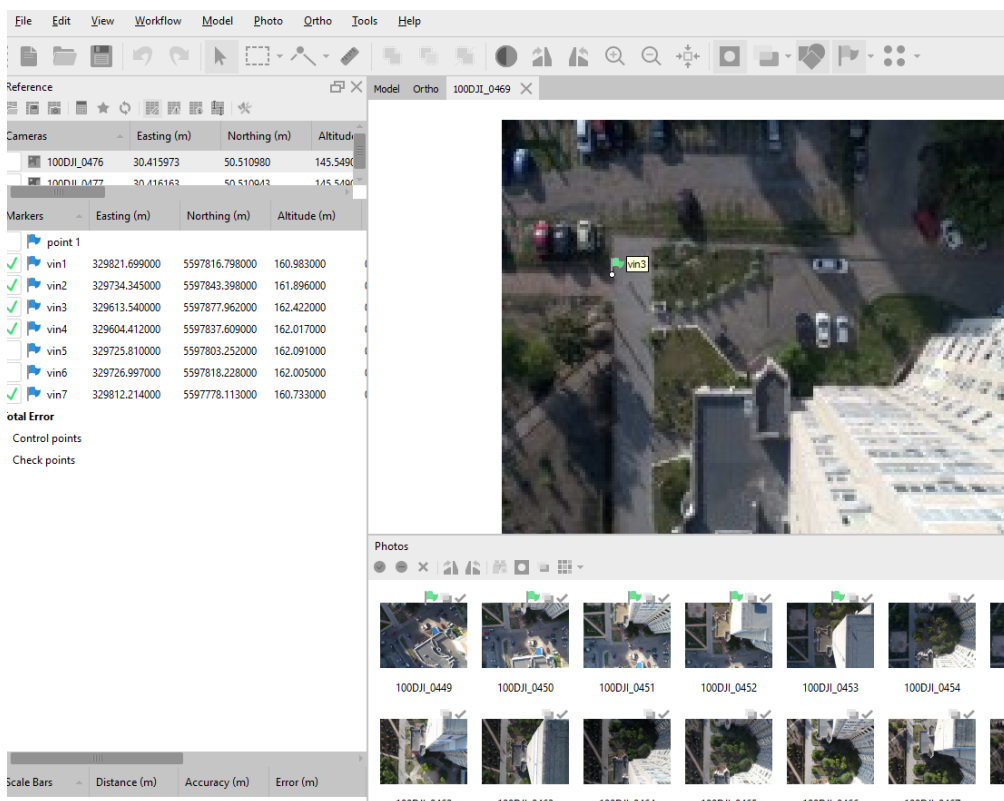


Рис. 3.9. Виставлення маркеру опорних точок на знімках

Далі ПКМ клацаємо на маркері вибираємо команду Разместить маркер, і зі списку вибираємо відповідний маркер рис. 3.10. Потім за допомогою мишки розташовуємо маркер в середині опорної точки.

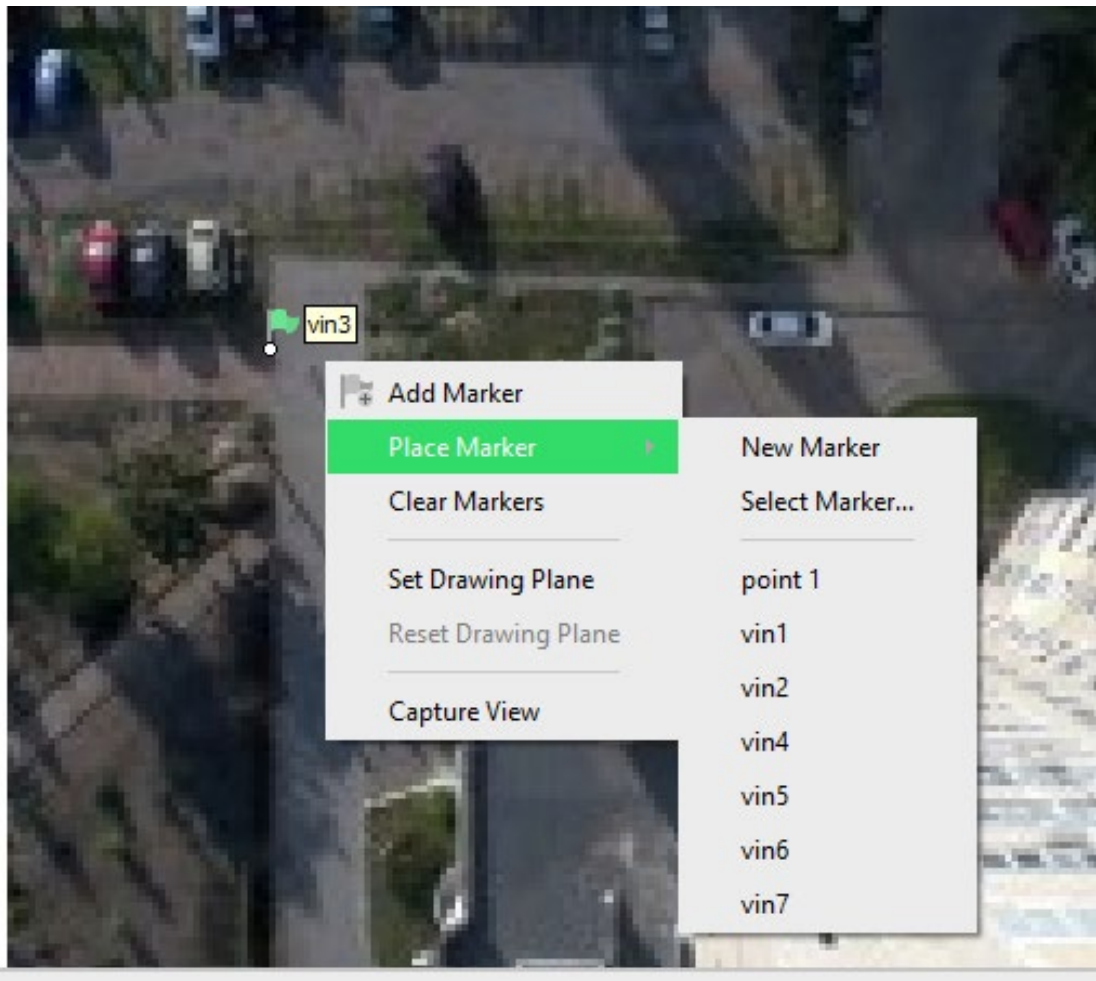


Рис. 3.10. Налаштування розміщення маркерів

Таку ж дію проводимо ще на інших фотографіях де видно наші опорні пункти, далі натискаємо на маркері ПКМ→Отфільтровать по маркерам



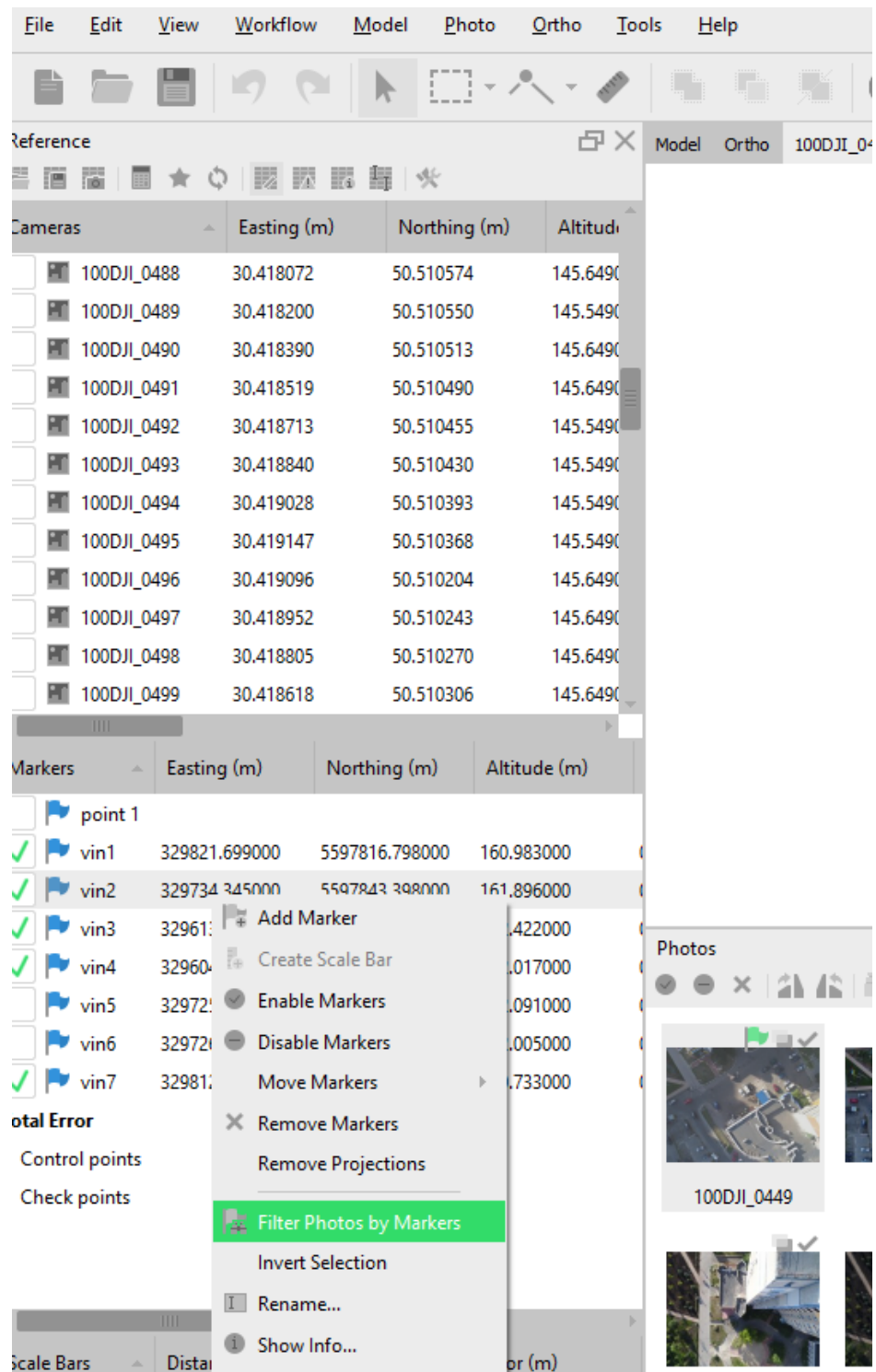


Рис. 3.11. Функція фільтрації по маркерам

Внизу відобразяться всі фотографії на яких є відповідна опорна точка. За допомогою мишки підправляємо розташування маркера.

Таку ж послідовність дій слід провести для всіх маркерів (опорних точок). Коли закінчено додавання опорних точок, слід натиснути кнопку Оновити.

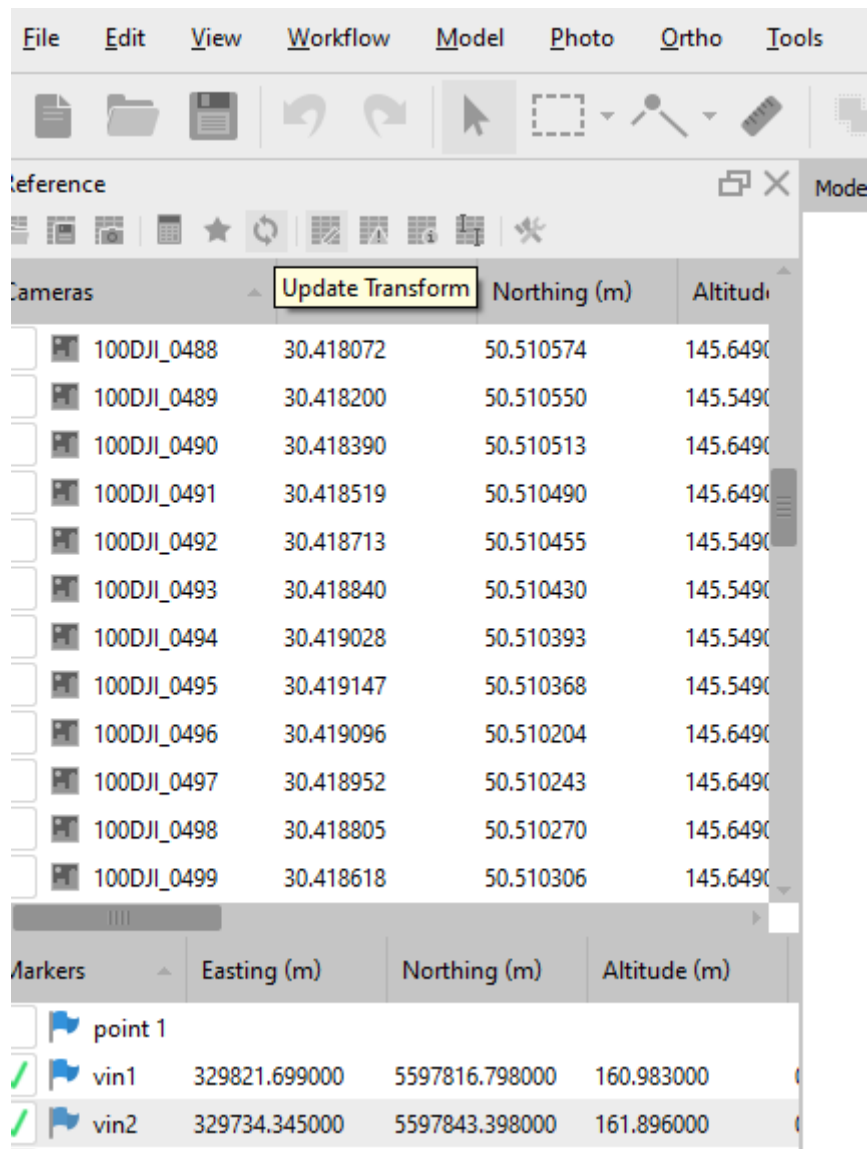


Рис. 3.12. Кнопка оновлення на панелі

Наступний етап - перевірка загальної похибки. Для цього потрібно натиснути на кнопку Вікно помилок



Reference				
Cameras				
		East err	North err (m)	Alt. err
<input type="checkbox"/>	100DJI_0488	318745.547063	4896067.353403	2315447
<input type="checkbox"/>	100DJI_0489	318752.691405	4896065.224092	2315445
<input type="checkbox"/>	100DJI_0490	318759.955497	4896063.171858	2315443
<input type="checkbox"/>	100DJI_0491	318767.168845	4896061.148541	2315441
<input type="checkbox"/>	100DJI_0492	318774.425494	4896059.020447	2315439
<input type="checkbox"/>	100DJI_0493	318781.627038	4896056.876632	2315438
<input type="checkbox"/>	100DJI_0494	318788.565968	4896054.734572	2315435
<input type="checkbox"/>	100DJI_0495	318794.548479	4896052.555904	2315433
<input type="checkbox"/>	100DJI_0496	318790.589840	4896041.807199	2315420
<input type="checkbox"/>	100DJI_0497	318783.958367	4896044.765739	2315423
<input type="checkbox"/>	100DJI_0498	318776.250295	4896046.919336	2315425
<input type="checkbox"/>	100DJI_0499	318769.292601	4896049.033890	2315427
Markers				
		East err (m)	North err (m)	Alt. err (m)
<input type="checkbox"/>	point 1			
<input checked="" type="checkbox"/>	vin1	-0.012930	0.001102	-0.001524
<input checked="" type="checkbox"/>	vin2	-0.020102	0.008459	0.000722
<input checked="" type="checkbox"/>	vin3	0.013971	-0.000522	0.000904
<input checked="" type="checkbox"/>	vin4	-0.003683	0.000447	-0.001171
<input type="checkbox"/>	vin5	-0.004935	-0.024740	0.030237
<input type="checkbox"/>	vin6	-0.004096	0.000490	0.032818
<input checked="" type="checkbox"/>	vin7	0.022742	-0.009463	0.001054
Total Error				
	Control points	0.016107	0.005706	0.001109
	Check points	0.004535	0.017497	0.031554

Рис. 3.13. Перевірка загальної похибки

Загальна похибка не повинна перевищувати 15 см. Бажано зробити одну опорну точку контрольною, аби потім перевірити точність ортофотоплану. Для цього потрібно забрати галочку навпроти відповідного маркера і повторно

натиснути на кнопку Оновити. (Контрольною слід робити опорну точку, яка суттєво не повпливає на точність прив'язки, або ту, яка має найбільшу похибку).

Після вибору точки, яка буде контрольною, потрібно натиснути кнопку Оптимізувати камери.

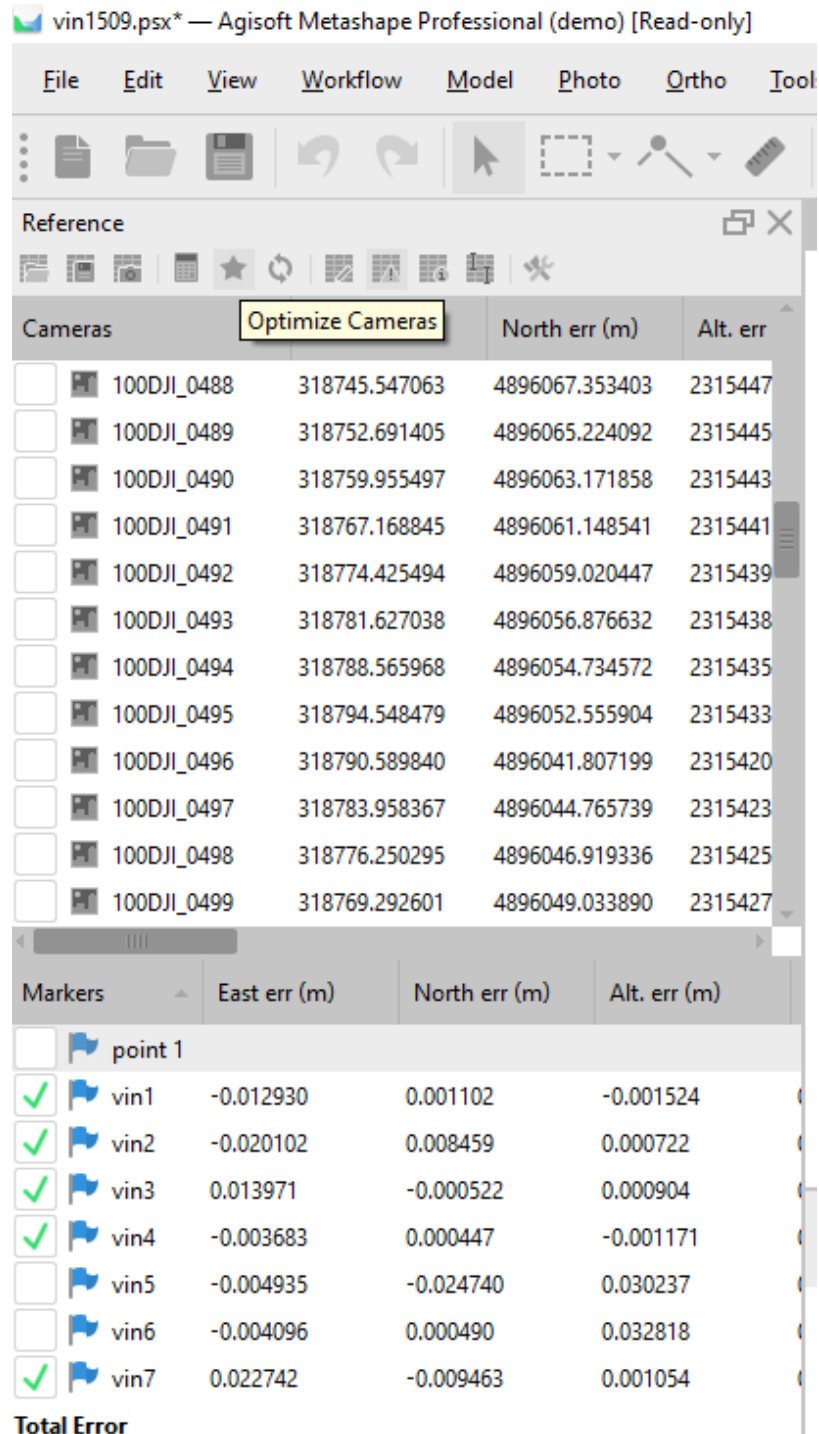


Рис. 3.14. Оптимізація камер

Переключившись на вкладку Модель і включивши відображення маркерів за допомогою кнопки Показати маркеры дасть змогу побачити загальне розміщення опорних точок на майбутньому ортофотоплані рис. 3.15.

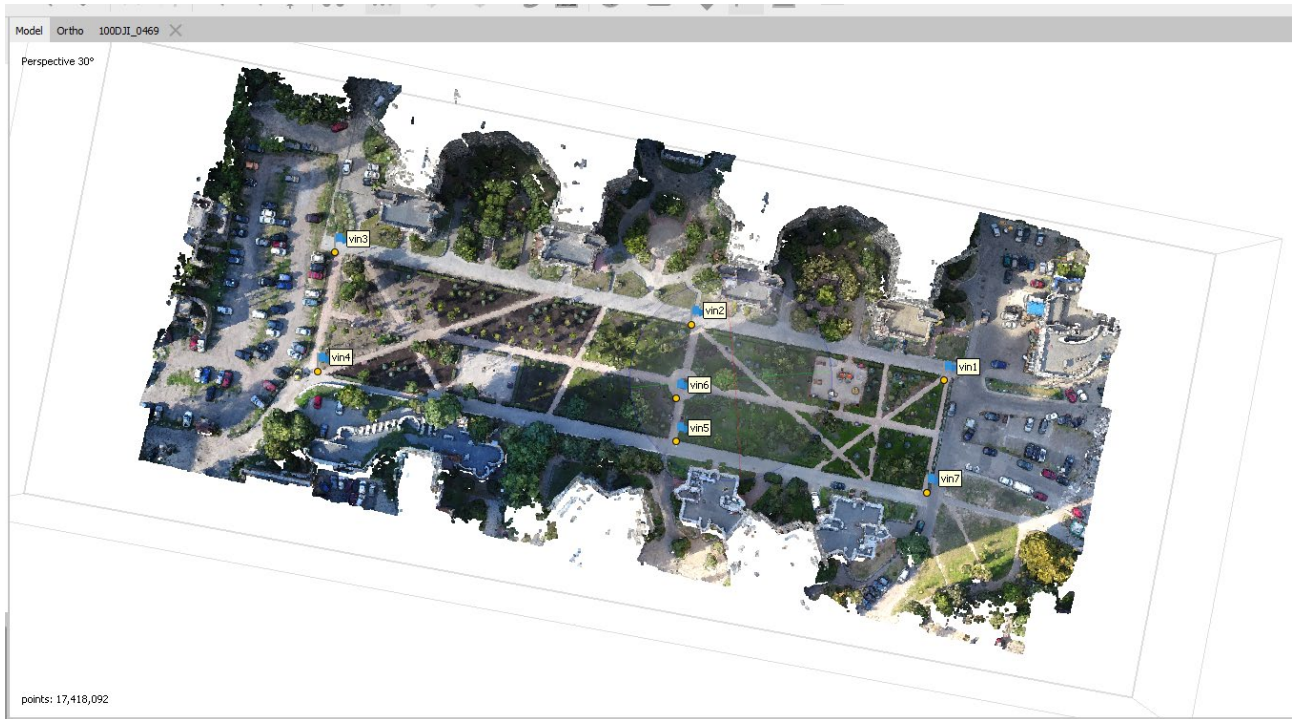


Рис. 3.15. Загальне розміщення опорних точок на майбутньому ортофотоплані

### 3.2.3. Створення щільної хмари точок та класифікація рельєфу

Після додавання опорних точок потрібно створити щільну хмару точок. Для цього потрібно виконати команду: Обработка→Построить плотное облако точек.

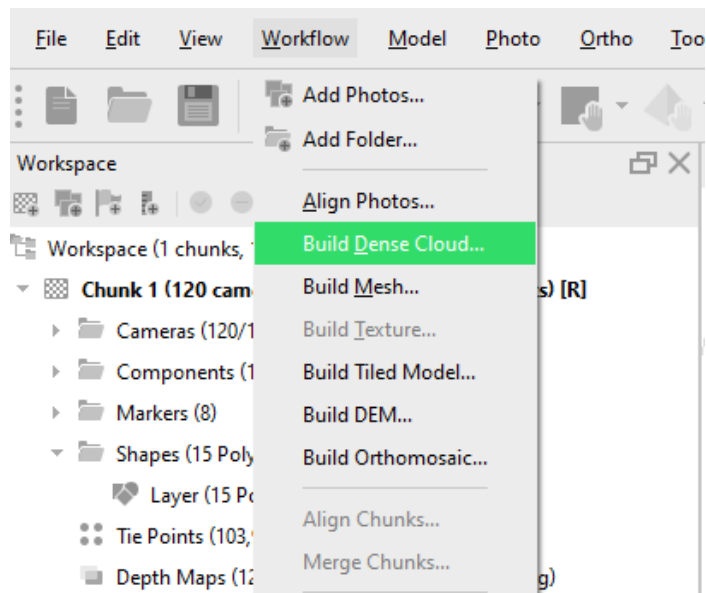


Рис. 3.16. Побудова щільної хмари точок

В діалоговому вікні, яке відкриється, потрібно вказати бажані параметри. Для параметра “Фільтрація карт глибини” бажано вказувати значення “Мягкая”, Вибираючи значення параметру “Якість” слід звертати увагу на потужність вашого комп’ютера, адже цей процес часо-, та ресурсозатратний. Рекомендується використовувати середню якість для побудови хмари точок, але якщо вам потрібно якісніша хмара точок, то варто ставити параметр якості хмари точок - високий (значення параметру якості хмари точок “високий” та “дуже високий” майже не відрізняються, але параметр “дуже високий” є більш часозатратним, аніж “високий”).

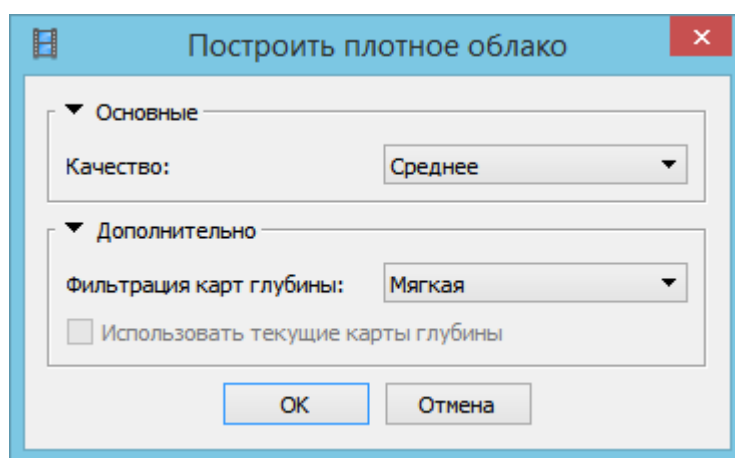


Рис. 3.17. Вікно налаштування побудови щільної шмари точок



Отриманий результат матиме такий вигляд:



Рис. 3.18. Щільна хмара точок вигляд збоку

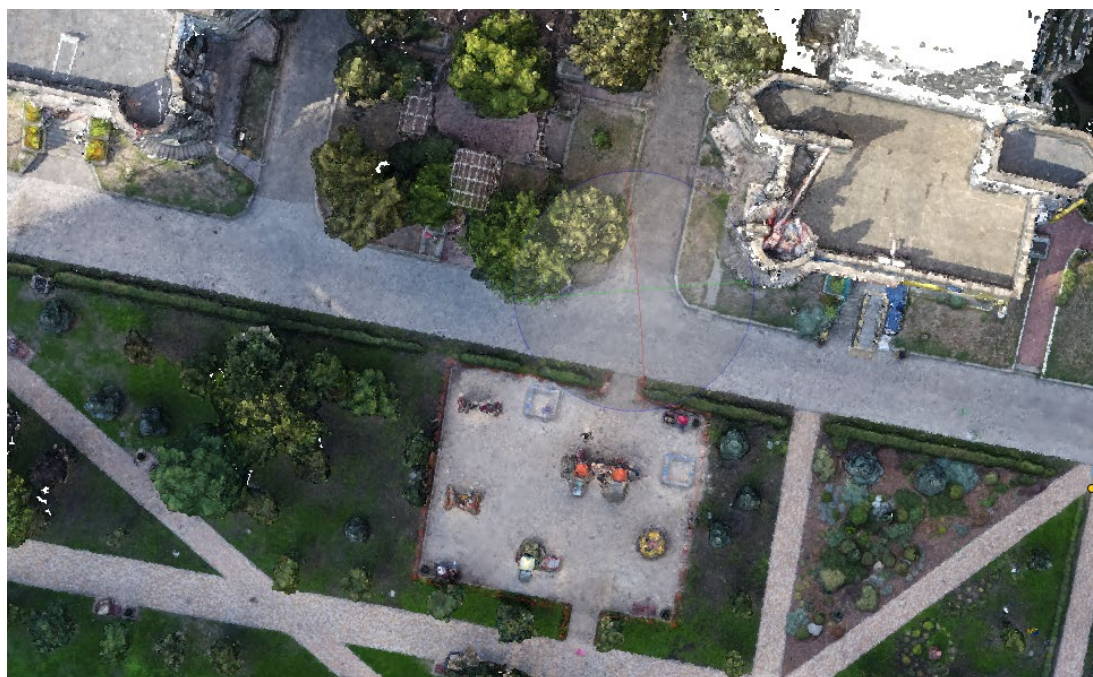


Рис. 3.19. Щільна хмара точок вигляд зверху

### *Класифікація рельєфу.*

Під класифікацією рельєфу слід розуміти виділення рельєфу (асфальтні, ґрунтові дороги, незасіяні поля, ґрунтова поверхня, площі, стадіони, ігрові



майданчики і т. д.) на щільній хмарі точок. Для класифікації рельєфу потрібно вибрати інструмент Довільного вибору.

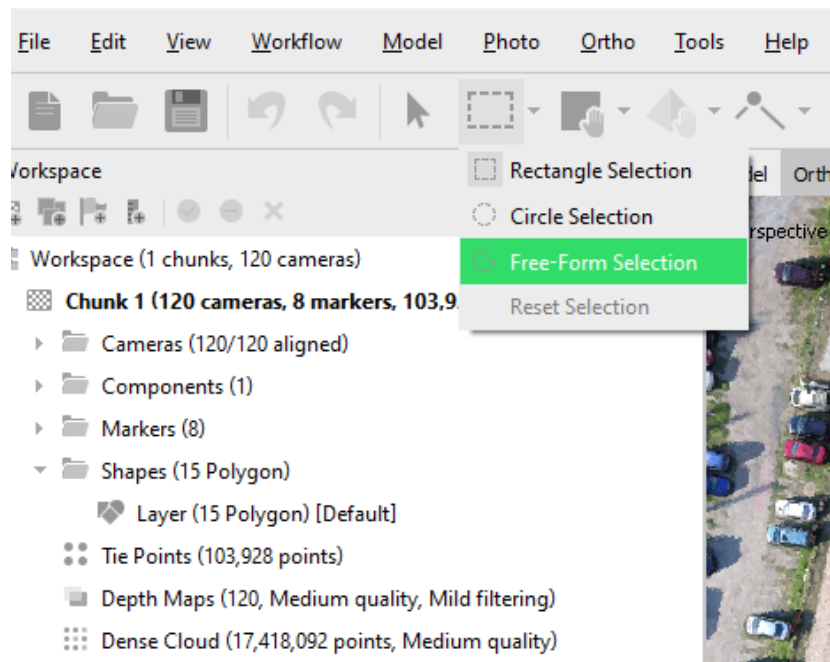


Рис. 3. 20. Інструмент Довільного вибору

Вибравши цей інструмент обводимо частину поверхні за допомогою ЛКМ.



Рис. 3.21. Обводимо частину поверхні для класифікації точок ґрунту

Далі утримую кнопку Ctrl обводимо інші частини поверхні. Важливо випадково НЕ додати до класифікації частину об'єкту, який має відмінну земної поверхні висоту (частини споруд, дерева, кущі і т.д.), також не бажано проводити класифікацію в затіненій місцевості і на краях щільної хмари точок. Ні в якому разі не можна включати водні об'єкти до класу “земля”.

Періодично потрібно зберігати нашу класифікацію. Для цього потрібно виконати команду: Інструменти→Плотное облако→Назначить класс, або натиснути комбінацію клавіш Ctrl+Shift+C.

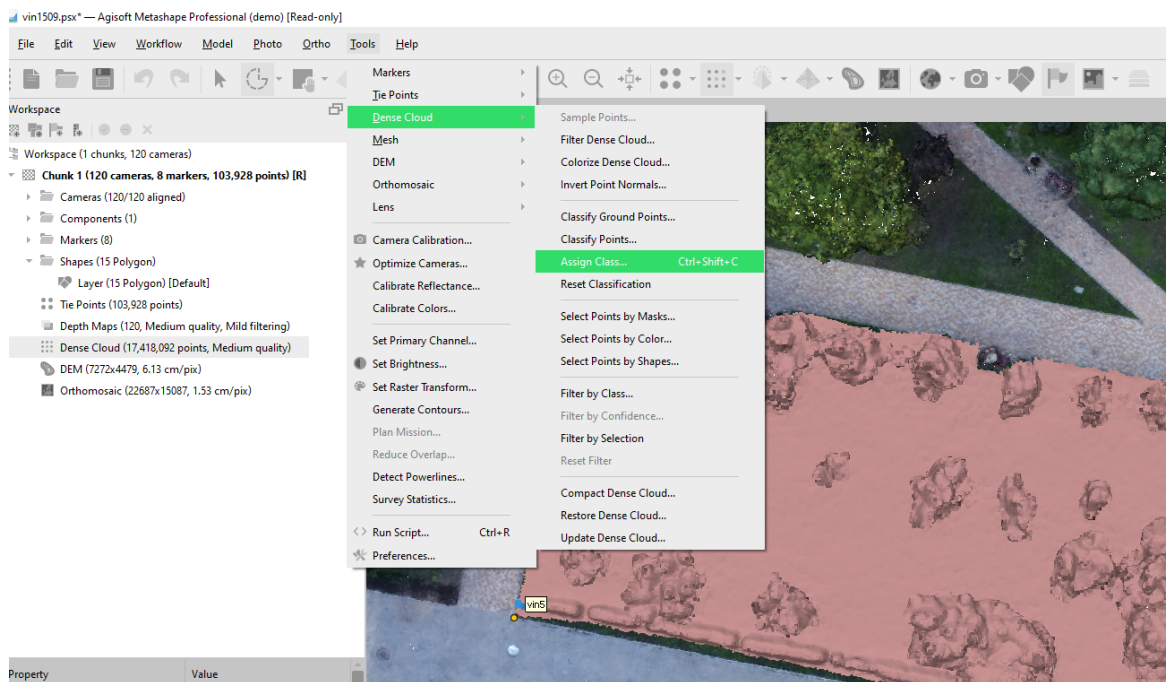


Рис. 3.22. Збереження відкласифікованих точок

В діалоговому вікні слід вибрати Исходный класс→Любой класс, а Конечный класс→Земля і натиснути ОК.

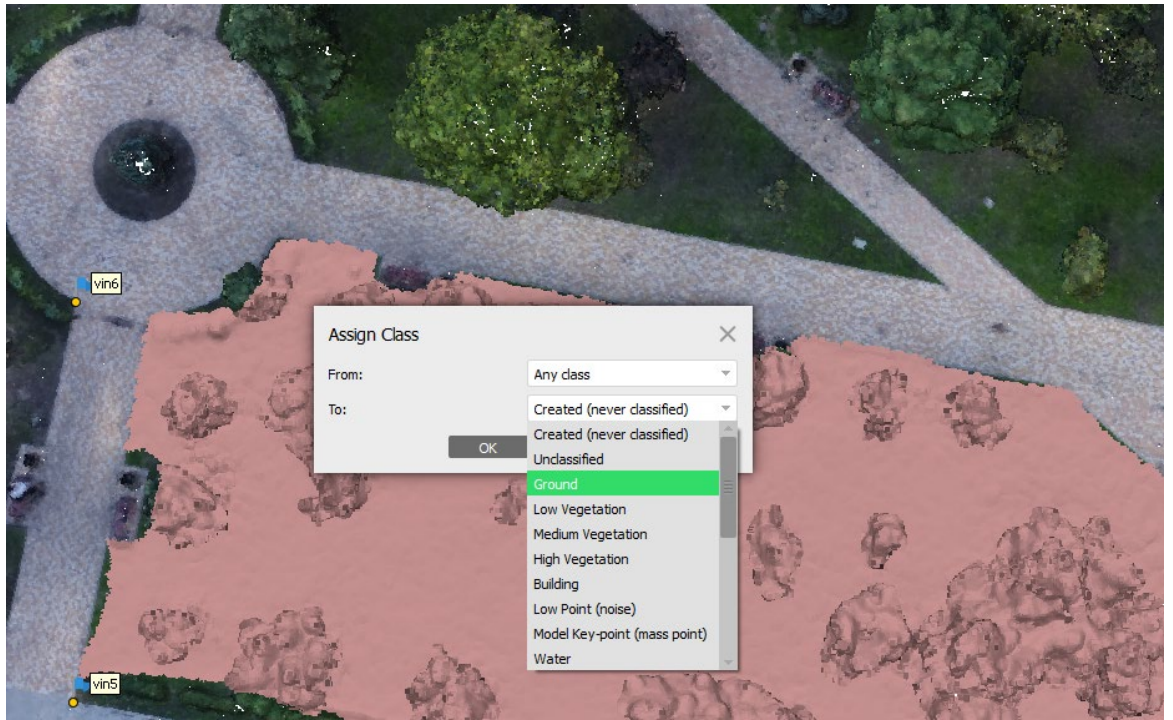


Рис. 3.23. Налаштування вікна збереження точок

Якщо ви ненароком виділили частину поверхні, яка не відноситься до рельєфу (дерево, стовп, паркан і т. д.) і ще не задали класифікацію за допомогою комбінації клавіш **Ctrl+Shift+C**, то потрібно зажати кнопку **Shift** і повторно обвести непотрібне виділення. Якщо ж класифікація вже задана, то потрібно виділити непотрібну частину і натиснути комбінацію клавіш **Ctrl+Shift+C**, вказавши Исходный класс → Земля, а Конечный класс → Не назначен.

Результати класифікації можна побачити, натиснувши на кнопку **Классификация плотного облака**. Ділянкам, які виділені темно-коричневим кольором, присвоєна класифікація; ділянки, які відображаються світлішим кольором, ще не класифіковані.



В загальному, кінцевий результат матиме приблизно такий вигляд рис.



Рис. 3.24. Кінцевий вигляд відкласифікованої хмари точок

### 3.2.4. Створення карти висот

Аби побудувати карту висот, потрібно виконати команду: Обработка→Побудувати карту висот.

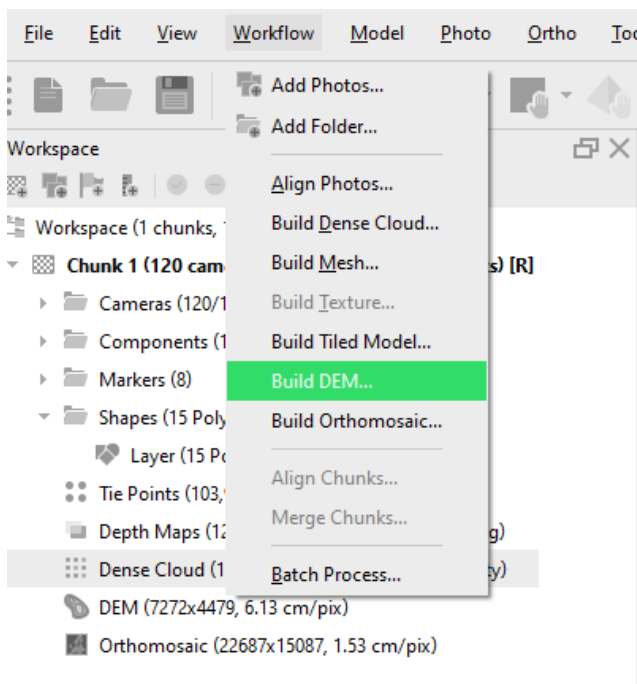


Рис. 3.25 Побудова катри висот (DEM)

В діалоговому вікні, яке відкрилось, слід вказати потрібну проекцію, вихідні данні – щільна хмара, інтерполяція - включена (за замовчуванням), класи точок - потрібно натиснути кнопку “вибрати” і залишити галочку лише навпроти класу Земля.

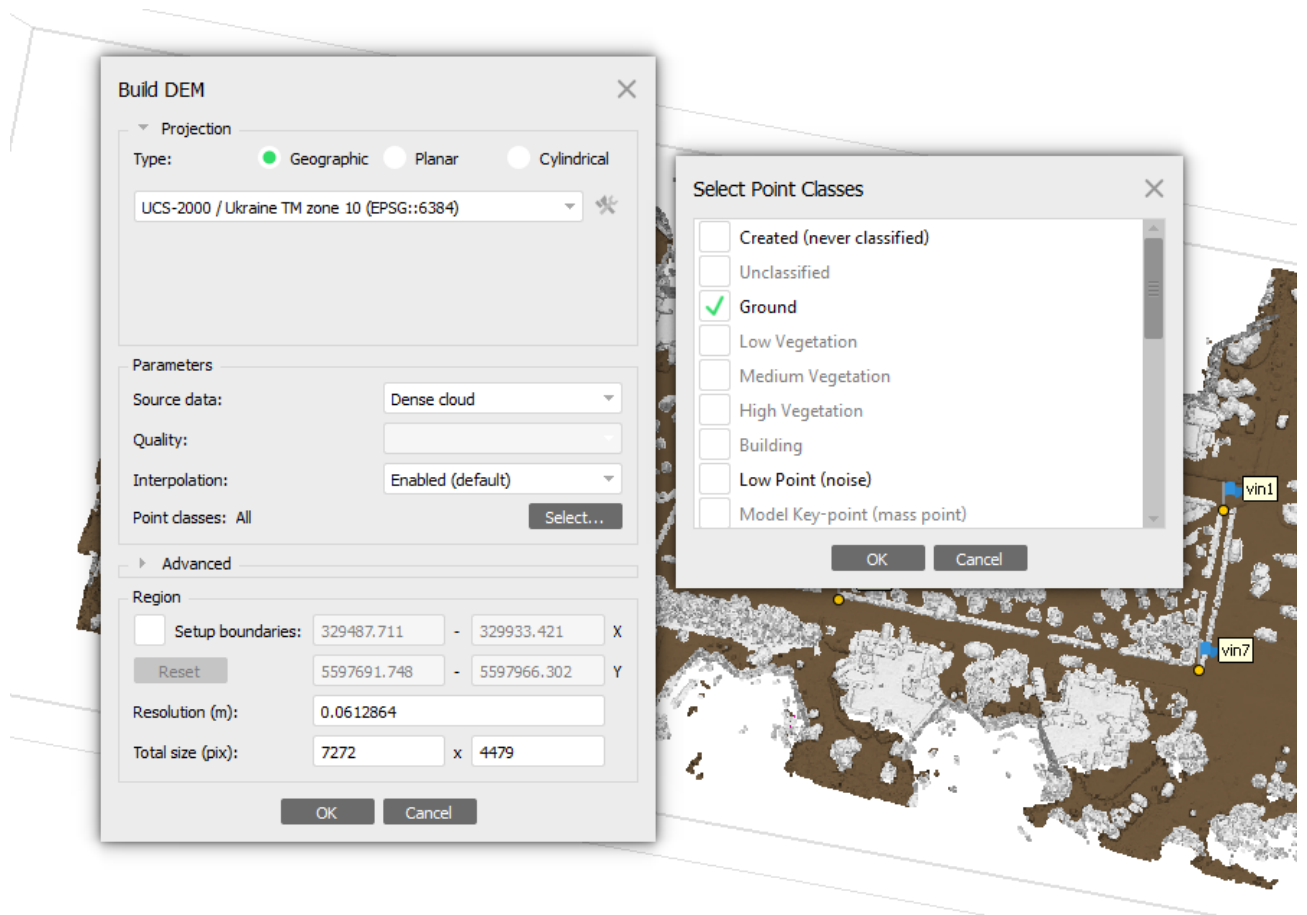


Рис. 3.26. Вікно налаштування побудови DEM

Прослідкуйте, аби на карті висот не було ніяких шпилів, та западин, які не відповідають рельєфу в дійсності.

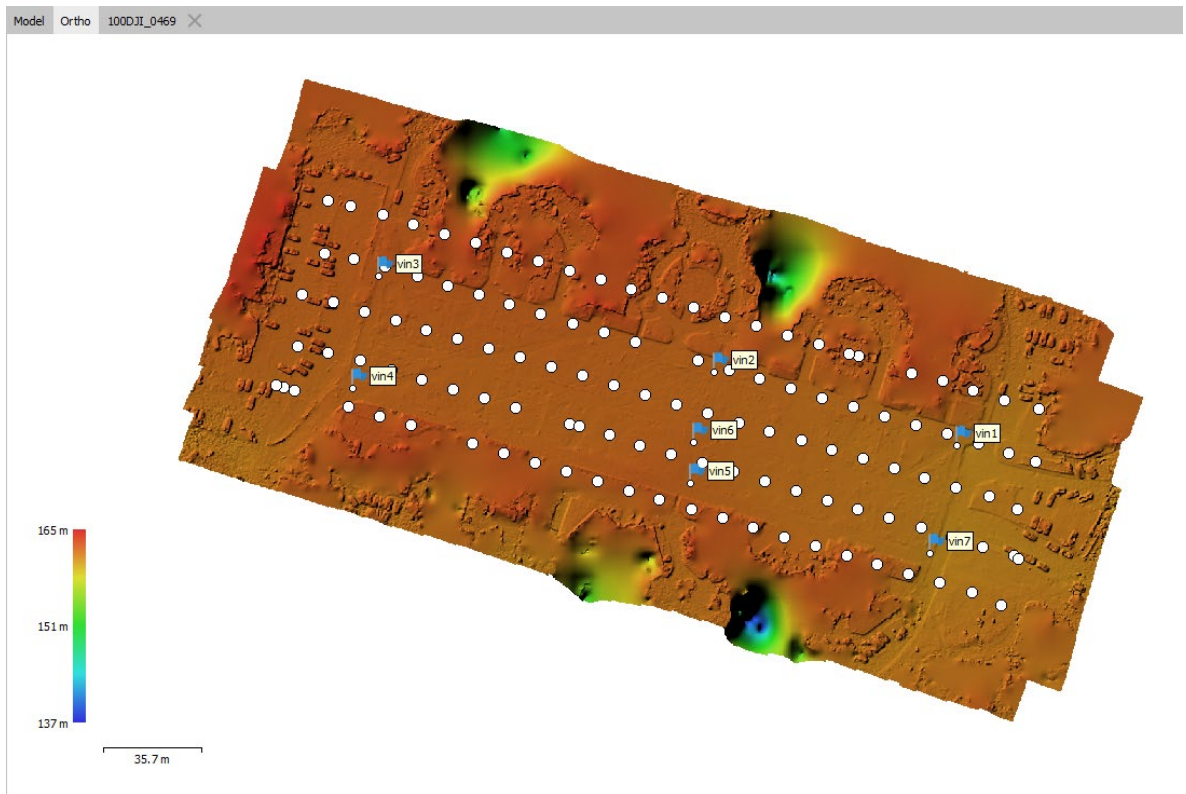


Рис. 3.27. Готова карта висот

### 3.2.5. Створення ортофотоплана та редагування ліній різку

Аби створити ортофоплан, потрібно виконати команду: Обработка→Побудувати ортофотоплан.

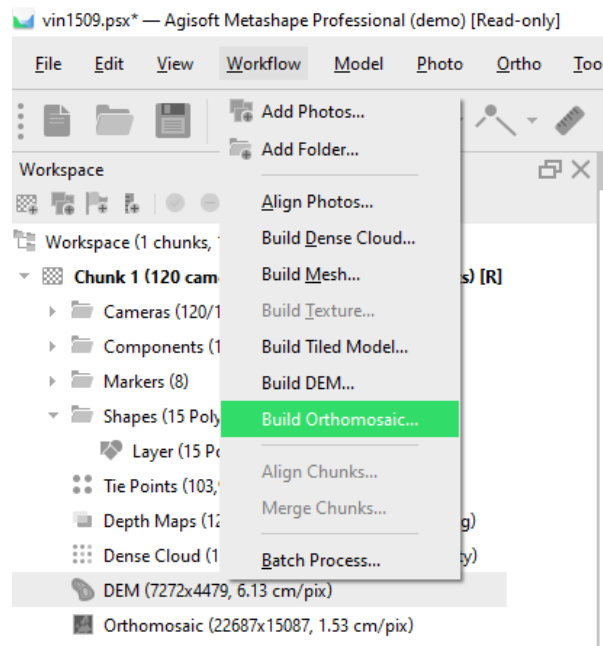


Рис. 3.28 Панель для створення ортофотоплану

В діалоговому вікні, яке з'явилося на екрані, слід вибрати проекцію, також вказати необхідні параметри: поверхня - карта висот, режим змішування - мозаїка і поставити галочку навпроти “ увімкнути заповнення отворів”.

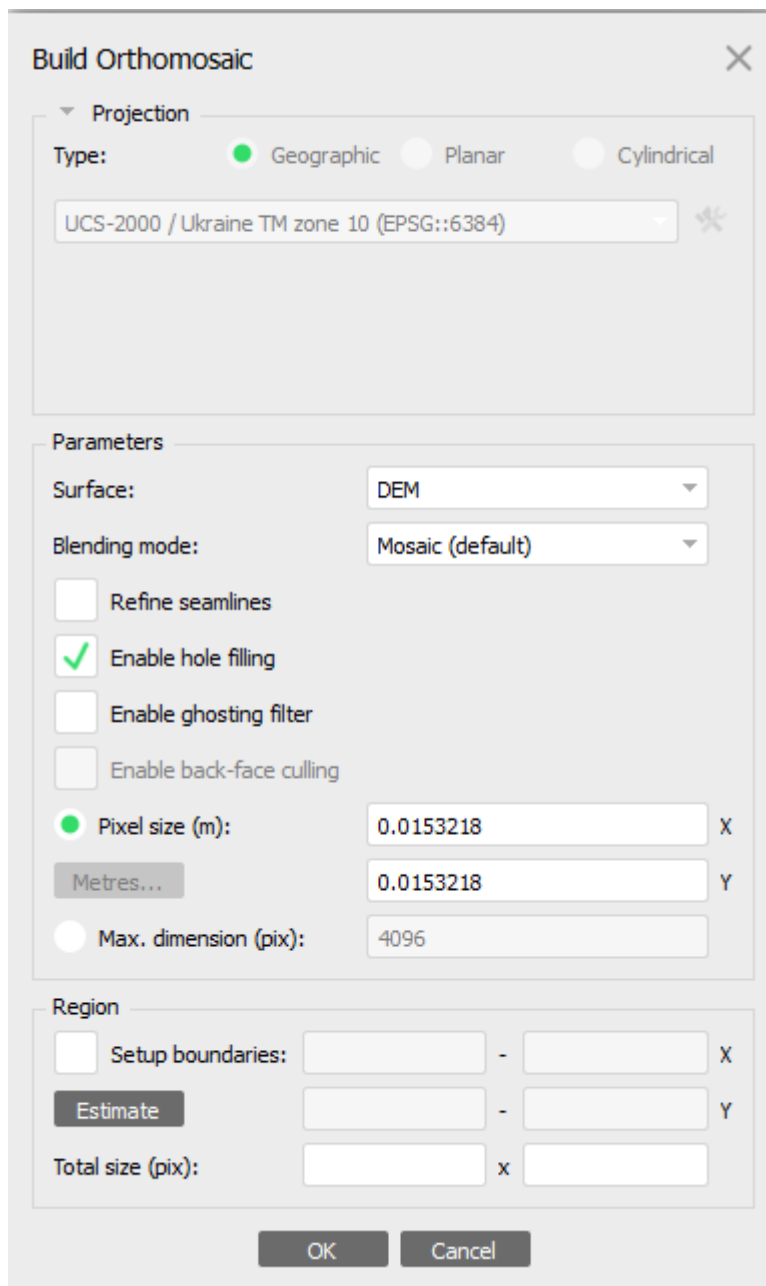


Рис. 3.29. Налаштування побудови ортофотоплана

В результаті отримаємо ортофотоплан рис 3.30.

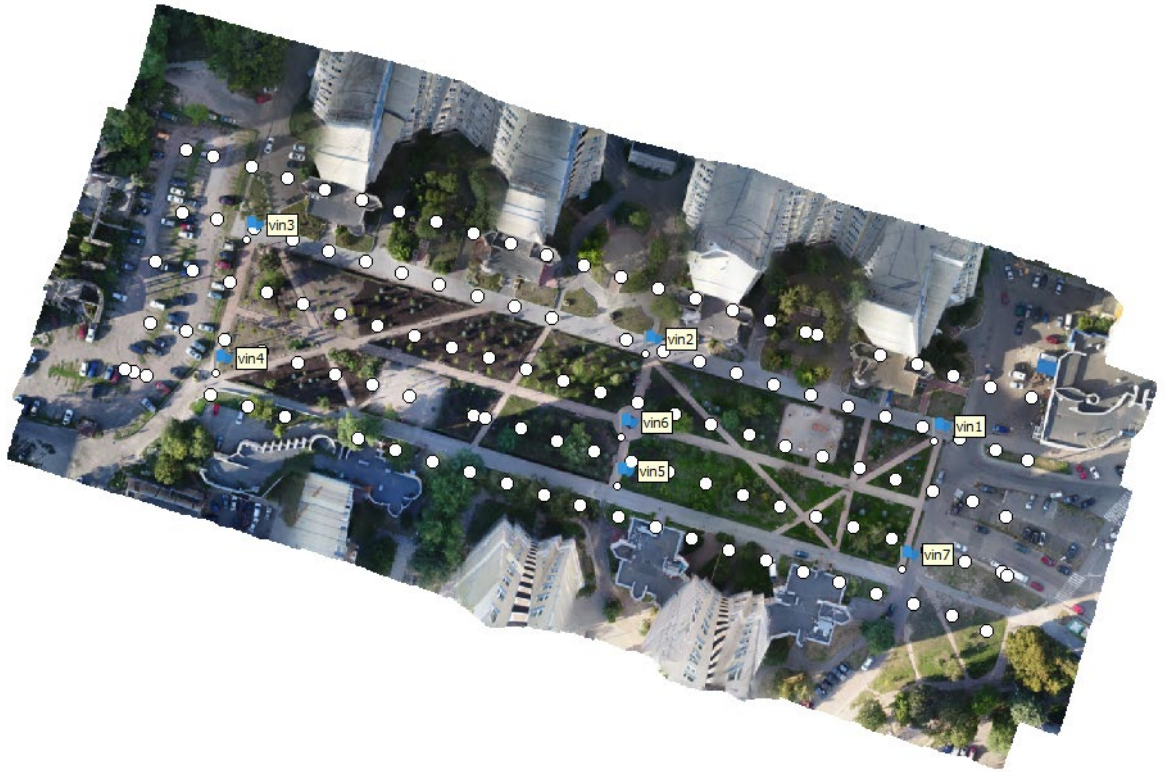


Рис 3.30. Створений ортофотоплан нашого парку

*Редагування ліній різку ортофотоплана.*

На межі стику ліній різку ортофотоплану зображення спотворюється, тому потрібно вручну редагувати ортофотоплан.

Спочатку включимо відображення ліній різку, аби краще орієнтуватись де можуть бути спотворення. Для цього потрібно натиснути на кнопку “показати лінії різку”



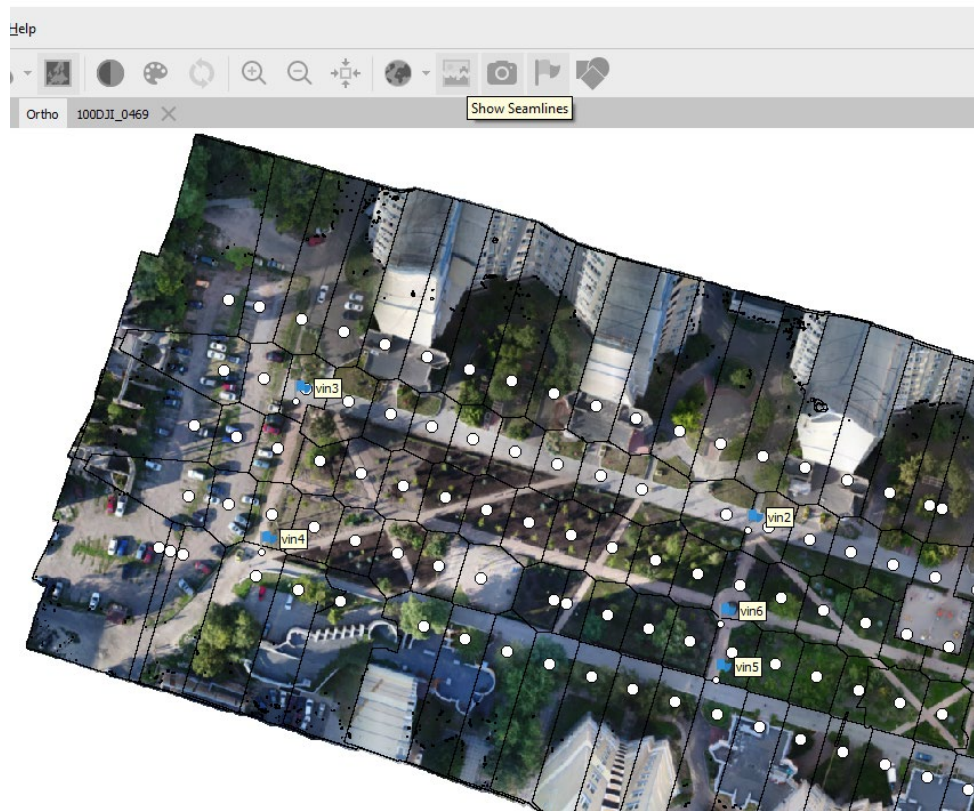


Рис 3.31. Вмикаємо лінії різку

Знаходимо спотворення, вибираємо інструмент “Намалювати полігон”

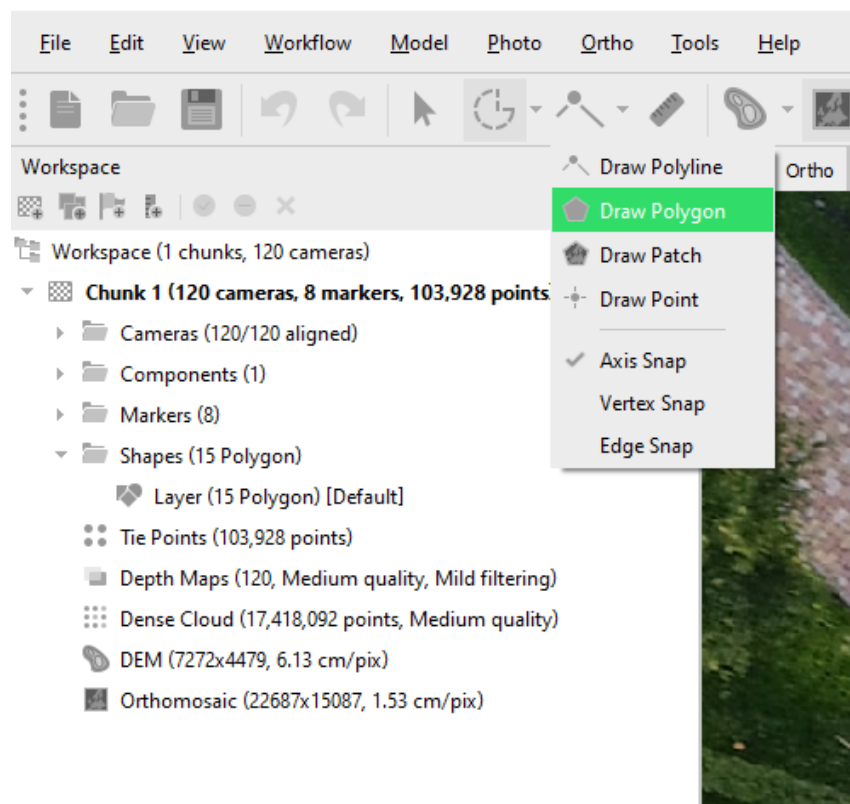


Рис. 3.32. Інструмент створення полігону

Обводимо спотворення, яке необхідно виправити, нажимаємо ПКМ на полігоні і вибираємо “Назначити зображення” та вибираємо фотографію, яка б мала бути на місці спотворення рис. 3.33.



Рис. 3.33. Виправлення спотворень на фото

Таким чином виправляємо спотворення будівель, дахів, огорож, нестикування доріг, стежок, розмитість в затінених місцях та ін. Полігони можна включити/виключити за допомогою кнопки “Показати фігури”.

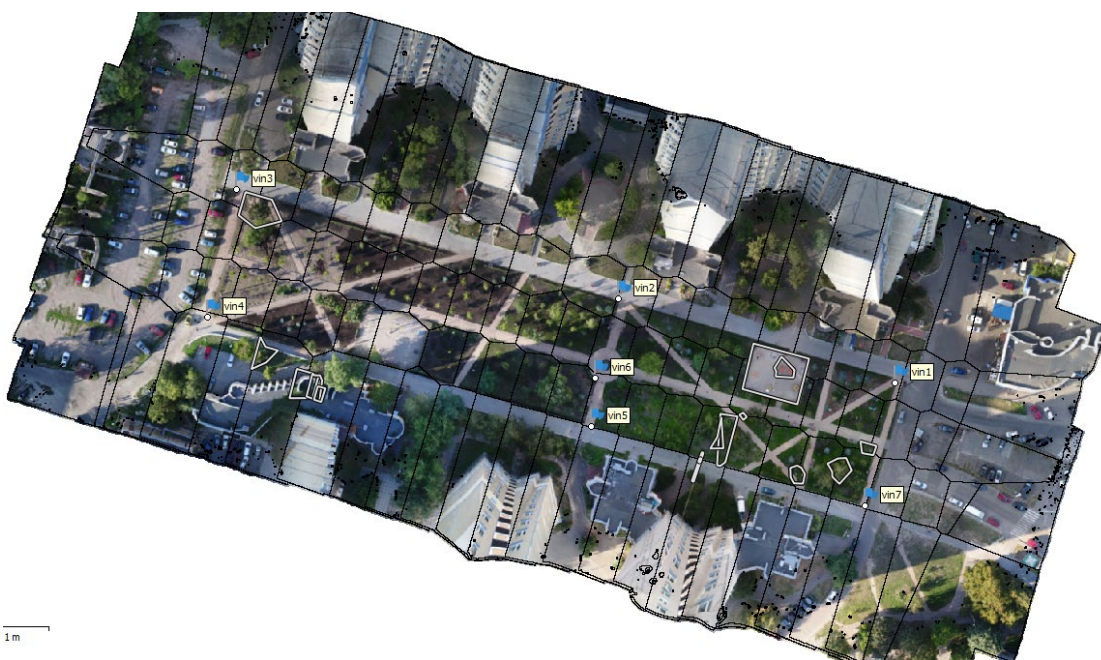


Рис 3.34. Вигляд всіх полігонів



Аби зберегти зміни після завершення редагування ліній різку ортофотоплану, слід натиснути ПКМ на ортофотоплан на вкладці “Проект” і вибрати “Оновити ортофотоплан”.

## 10. Експорт ортофотоплана

Аби експортувати ортофотоплан з Agisoft, потрібно натиснути ПКМ на ортофотоплан на вкладці “Проект” і вибрати “Експорт ортофотоплану” → Експорт JPEG/TIFF/PNG

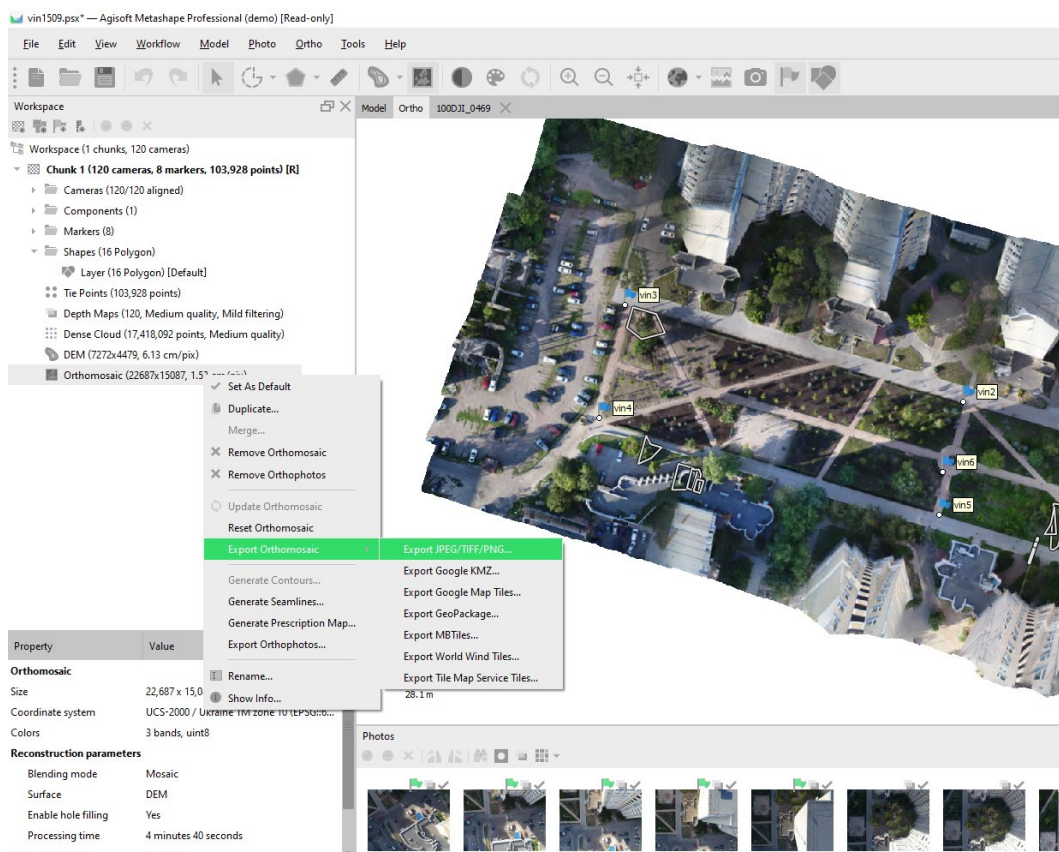


Рис. 3.35. Експорт ортофотоплану

У вікні, яке відкрилось потрібно вибрати проекцію, також можна розбити на блоки для експорту, якщо зображення завелике, вказати колір фону, створити файл прив'язки, додати опис до зображення, виставити якість JPEG. Якщо ви зберігаєте великий за розміром файл (більше 4 Гб), то не забудьте поставити галочку навпроти “Сохранять BigTIFF файл”.



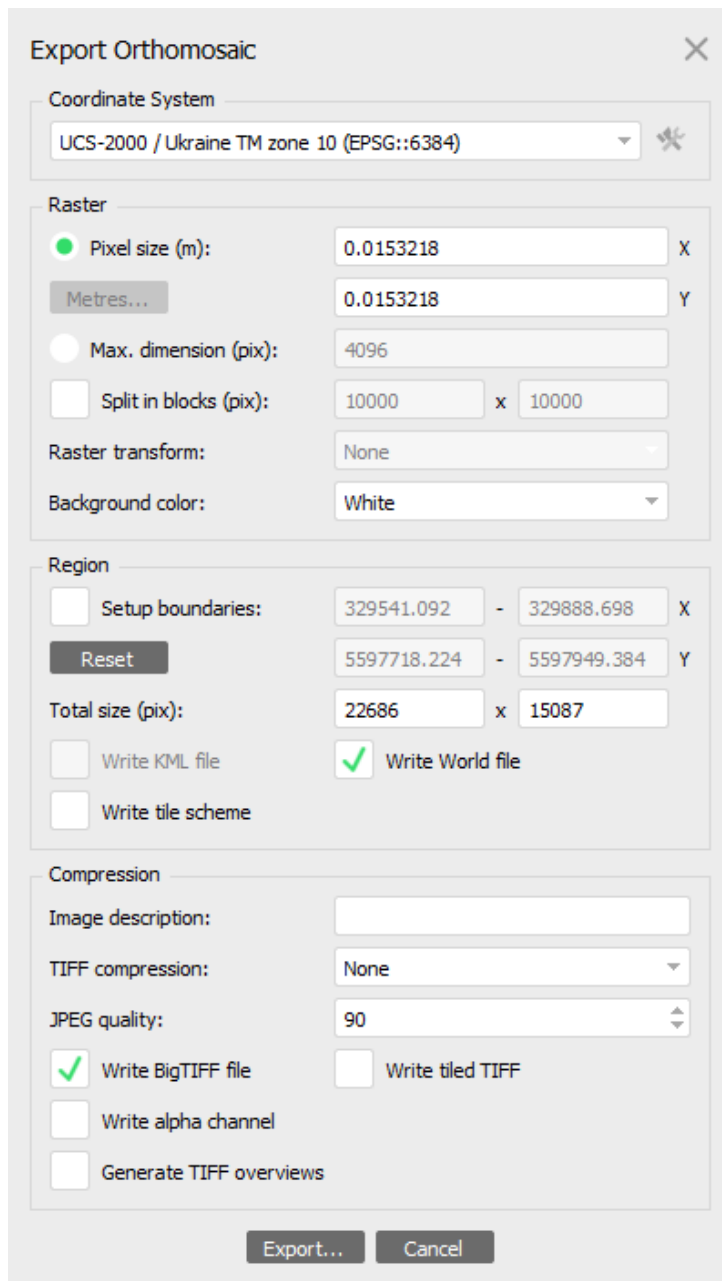


Рис. 3.36. Налаштування вікна експорт ортофотоплану

Після того як вказано всі необхідні параметри, натисніть кнопку “Експорт”, вкажіть ім’я вихідного файлу, та тип файла. Результатом є експортоване ортофото в форматі .jpg додаток А.

### 3.3. Практичне застосування ортофотоплану

В результаті роботи було відзнято декілька паркових зон міста Києва для подальшого використання замовником, щоб надати приклад роботи інтегрованої геоінформаційної платформи GreenSpaces від LATSCHBACHER Україна.

Латчбахер Україна – провідний постачальник ефективних систем маркування та обліку деревини. В активі компанії розробка і впровадження системи електронного обліку деревини для Державного агентства лісових ресурсів України та приватних підприємств, а також розробка платформи для управління зеленими насадженнями міст. [31]

GreenSpaces це платформа для ефективного управління зеленими насадженнями міста. Метою цієї платформи є допомога містам у ефективному управлінні своїми міськими зеленими зонами, покращуючи життєдіяльність та забезпечуючи безпеку. Зниження ризику та відповідальності у випадку інцидентів, спричинених деревами або обладнання на майданчиках. Збереження досвіду та залучення громадян і активістів. Для ефективного управління зеленими зонами потрібна:

- детальна інвентаризація всіх активів
- потужна і гнучка платформа управління
- адекватні робочі процеси та кваліфікований персонал.

За допомогою даної платформи можна керувати будь-якими об'єктами. Гнучка та ієрархічна модель даних дозволяє налаштувати конфігурацію системи для управління деревами, ігровими майданчиками та всіма активами міських зелених зон. [30]

Модель роботи. Активи класифікуються за типом діяльності з обслуговування. Це дозволяє точні розрахунки витрат на обслуговування та допомагає оновлювати геометрію.



Рис.3.37. Схема діяльності обслуговування [31]

Шари моделі даних з безпосереднім використанням ортофотопланів парків та зелених зон.

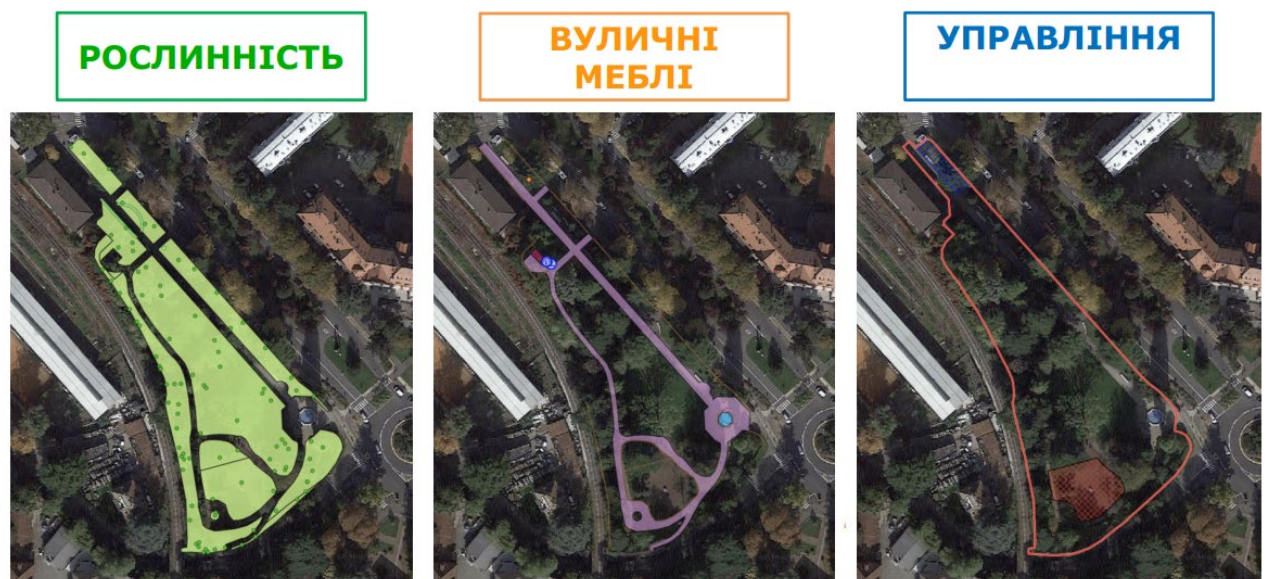


Рис. 3.38. Шари моделі даних [31]

Приклад моделі даних. Результат – детальне представлення зеленої зони та всіх її активів. Кошторис дозволяє розраховувати витрати на обслуговування.



Code	Description	Quantity [n]
P103108	Tree - Living tree	98
P103109	Shrub	1
P214250	Recreational equipment simple	1
P232464	Irrigation scheme connection	1
P232465	Irrigation shaft	2
P232466	Irrigatore	9
P232467	Adduttore	1

Code	Description	Quantity [n]	Quantity [m]
L103107	Living fence	2	61
L217307	Steel fence	17	690

Code	Description	Quantity [n]	Quantity [m <sup>2</sup> ]
S101016	Lawn	12	13.739
S103101	Shrub area	1	2
S204152	Water body fountain	1	66
S205002	Paving gravel	3	4.045
S212000	Building	1	38
S213212	Wall	1	42
S325502	Total area boundary	1	17.931
S327450	Irrigation sectors	2	2.961
S327552	Playground	1	430
S327554	Dogs area	1	1.322

Рис. 3.39. Приклад моделі даних [31]

Роботи з обслуговування плануються на рік і приводять до детальної програми та оцінки витрат: газнокосіння; перевірка стійкості дерев; обрізка



дерев; збирання листя восени; обслуговування вуличних меблів та ігрових майданчиків.

Усі зацікавлені сторони отримують необхідні інструменти для роботи, а всі дані зберігаються в єдиній базі даних.

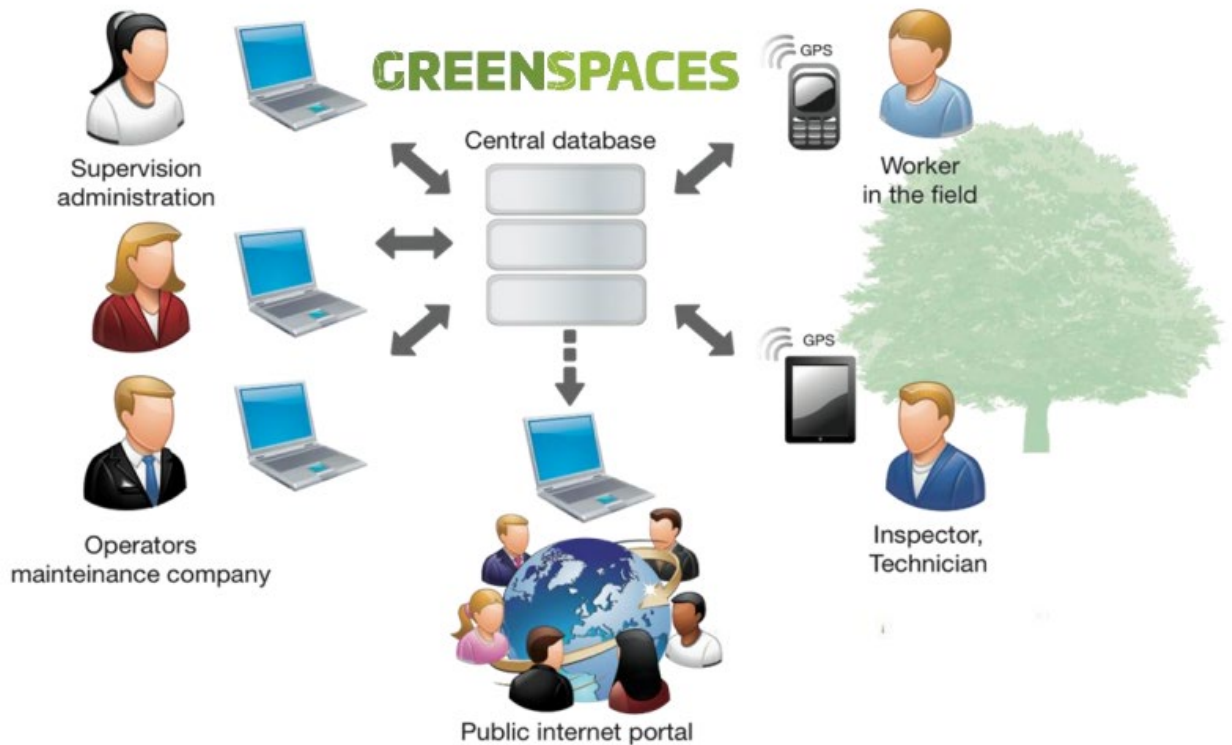


Рис. 3.40. Мультиплатформа [31]

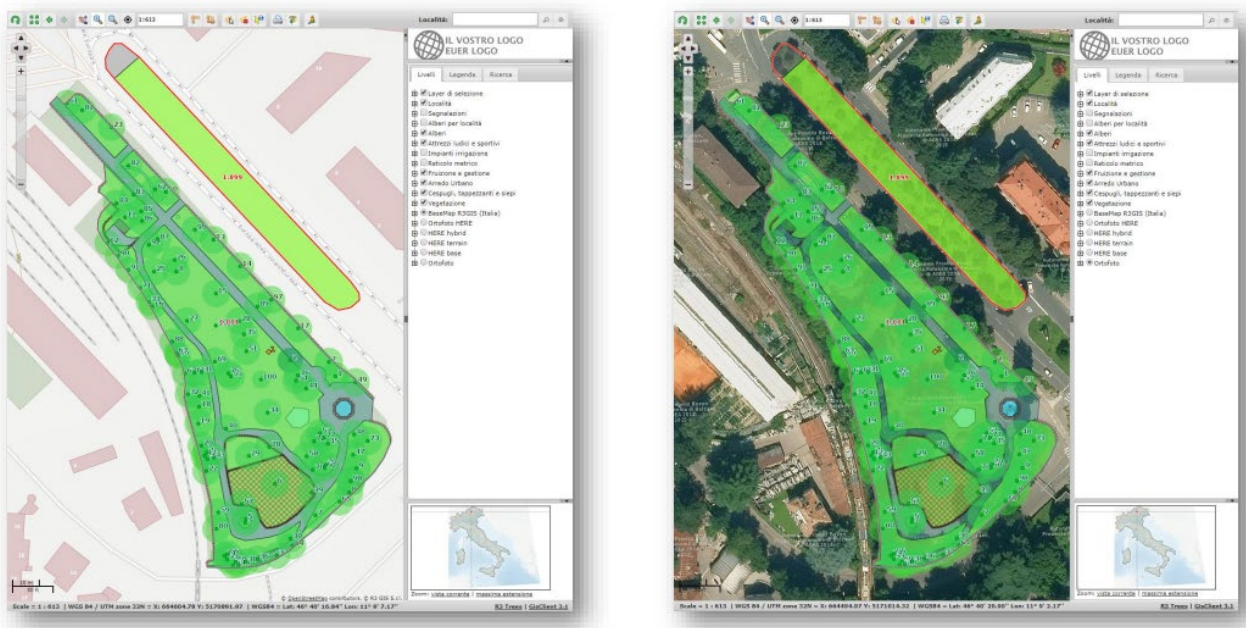


Рис. 3.41. Інтерфейс мапи [31]

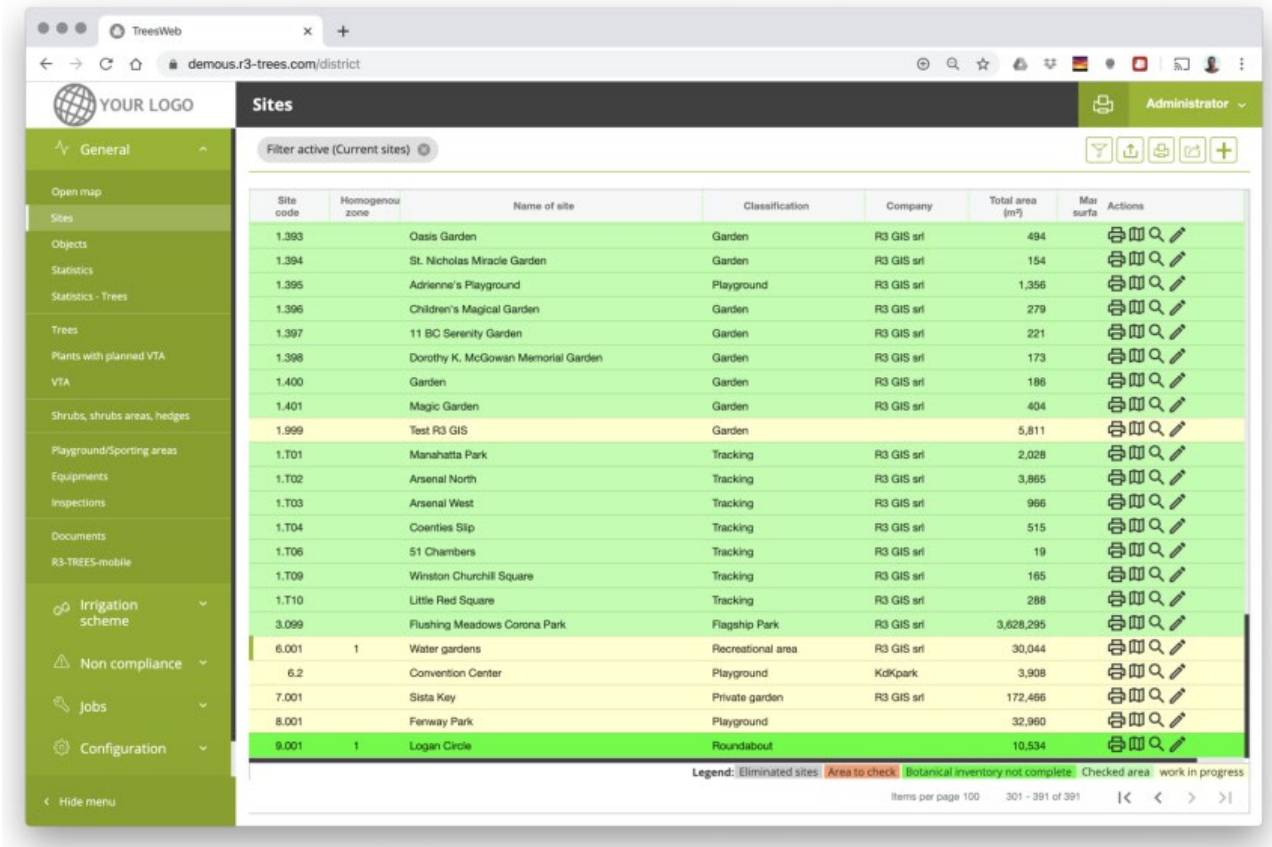


Рис. 3.42. Інтерфейс платформи [31]

GreenSpaces вже використовує понад 200 клієнтів в Італії, Австрії, Швейцарії, Польщі, Тайвані, Фінляндії, Словенії та Ізраїлю. В основному це міські ради, комунальні підприємства, обслуговуючі компанії, арбористи. Та наразі впроваджується для використання в Україні.

### Висновки до розділу 3

Результатом зйомки з безпілотного літального апарату є знімки, які надалі стали основою для творення ортофотоплану. За допомогою програмного забезпечення Agisoft Metashape було поетапно проведено обробку знімків. Одним з перших етапів було здійснено прив'язку опорних точок та вирівнювання фотографій, на основі цього було створено щільну хмару точок для класифікації рельєфу. Наступним кроком стало створення карти висот та безпосередньо створення ортофотоплану. Фінальним моментом було редагування ліній різку знімків, цей процес є дуже важливим та обов'язковим для того щоб уникнути спотворення та якісний перехід на місці перекриття фотографій.

Також, детально розглянуто приклад використання ортофотоплану парку для роботи інтегрованої геоінформаційної платформи GreenSpaces від LATSCHBACHER Україна. Дана платформа створена для обслуговування детальної інвентаризації, управління та планування робочих процесів в зелених зонах (парках, скверах, заповідниках тощо), використання в ній ортофотопланів дає змогу створити мапу та свіжу базу даних зони інтересу. Тим самим, маючи завжди під рукою актуальну інформацію про парк, дуже легко планувати його обслуговування.

Отже, дослідження показало прості, якісні та сучасні рішення використання безпілотних літальних апаратів для створення високоточних ортофотопланів. А також подальшої роботи з цими даними на прикладі моніторингу та управління зеленими зонами міст. Що являється великою перспективою розвитку міст, покращення життя місцевих жителів та екологічного стану навколишнього середовища.

## РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

### 4.1. Загальна характеристика природно-заповідного фонду України

Природно-заповідний фонд України – це "золотий запас" української природи, фонд, у якому зібрані найцінніші природні скарби: ліси і степи, болота і гори, скелі і печери, ріки і моря, заплави і навіть пустеля. Тут найкраще збережені природні екосистеми та різноманіття флори і фауни, а також колекції рослин і тварин, зібрані в садах і парках.

Території природно-заповідного фонду бувають природними – це природні заповідники, біосферні заповідники, національні природні парки, регіональні ландшафтні парки, заказники, пам'ятки природи і заповідні урочища. А також бувають штучного походження – ботанічні сади, зоологічні парки, дендрологічні парки; парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва.

Згідно з базовим Законом у сфері заповідної справи "Про природно-заповідний фонд України", природно-заповідний фонд становлять ділянки суші і водного простору, природні комплекси та об'єкти яких мають особливу природоохоронну, наукову, естетичну, рекреаційну та іншу цінність і виділені з метою збереження природної різноманітності ландшафтів, генофонду тваринного і рослинного світу, підтримання загального екологічного балансу та забезпечення фонового моніторингу навколишнього природного середовища, які охороняються як національне надбання. Цей фонд є складовою частиною світової системи природних територій та об'єктів, що перебувають під особливою охороною. [39]

Території та об'єкти природно-заповідного фонду України класифікуються за одинадцятьма категоріями:

- сім природного походження – природні заповідники, біосферні заповідники, національні природні парки, регіональні ландшафтні парки, заказники, пам'ятки природи і заповідні урочища



- та чотири рукотворні (штучного походження) – ботанічні сади, зоологічні парки, дендрологічні парки; і парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва.

Існують вирази стосовно заповідних територій та об'єктів – "загальнодержавного" чи "місцевого значення". Насправді це стосується рівня ухвалення рішення стосовно їх створення, управління і фінансування заходів зі збереження цих територій, а не їх значення для Природи в цілому.

Території та об'єкти природно-заповідного фонду потребують належної уваги, охорони і збереження, встановлення певних правил стосовно їх управління, спеціального режиму охорони та використання, з урахуванням їх категорії, класифікації та цільового призначення – зазвичай ці "правила" викладені в рішеннях стосовно створення таких територій та об'єктів, в положеннях про них або в їхніх проєктах організації території.

Для управління природними заповідниками, біосферними заповідниками, національними природними парками, ботанічними садами, дендрологічними та зоологічними парками загальнодержавного значення, а також регіональними ландшафтними парками створюються спеціальні адміністрації.

Охороною і збереженням територій та об'єктів інших категорій природно-заповідного фонду, як правило, опікуються землевласники і землекористувачі на землях, де вони розташовані.

Згідно з даними Державного кадастру природно-заповідного фонду, на початку 2021 року нараховувалося 8633 території та об'єкти природно-заповідного фонду загальною площею 4,1 млн га, що становило 6,8 % площі країни, а також морський заказник "Філофорне поле Зернова" площею 402,5 тис. га, а у складі природно-заповідного фонду було 5 біосферних заповідників, 19 природних заповідників, 53 національних природних парки, 85 регіональних ландшафтних парків, 3398 заказників, 3580 пам'яток природи, 802 заповідних урочища, 28 ботсадів, 13 зоопарків, 62 дендропарки та 588 парків-пам'яток садово-паркового мистецтва. [38]

Державний кадастр територій та об'єктів природно-заповідного фонду є системою необхідних і достовірних відомостей про природні, наукові, правові та інші характеристики територій та об'єктів, що входять до складу природно-заповідного фонду.

Державний кадастр територій та об'єктів природно-заповідного фонду ведеться з метою оцінки складу та перспектив розвитку природно-заповідного фонду, стану територій та об'єктів, що входять до нього, організації їх охорони й ефективного використання, планування наукових досліджень, а також забезпечення державних органів, заінтересованих підприємств, установ та організацій відповідною інформацією, необхідною для вирішення питань соціально-економічного розвитку, розміщення продуктивних сил та в інших цілях, передбачених законодавством України.

Державний кадастр територій та об'єктів природно-заповідного фонду містить відомості про правовий статус, належність, режим, географічне положення, кількісні і якісні характеристики цих територій та об'єктів, їх природоохоронну, наукову, освітню, виховну, рекреаційну й іншу цінність.

Розвиток мережі територій та об'єктів природно-заповідного фонду (далі - ПЗФ) України є одним із основних пріоритетів екологічної політики країни, про що свідчать Указ президента України від 23.05.2005 №838/2005 «Про заходи щодо дальшого розвитку заповідної справи в Україні», Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року» від 21.12.2010 №2818- VI та інші нормативні документи. Саме створення територій та об'єктів природно-заповідного фонду можна назвати не лише основним, але і найбільш ефективним механізмом в процесі охорони природних екосистем, унікальних природних територій, ландшафтів та рідкісних видів рослин і тварин. [40]

Перш за все необхідно сказати, що собою представляють ті чи інші території чи об'єкти ПЗФ та якими нормативними документами регулюється порядок їх створення та функціонування.

Правові основи створення, організації, охорони, ефективного використання природно-заповідного фонду України, відтворення його природних комплексів та об'єктів визначає Закон України «Про природно-заповідний фонд України», Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», Закон України «Про рослинний світ», Закон України «Про тваринний світ», Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року» та іншими нормативно-правовими актами.

Відповідно до Закону України «Про природно-заповідний фонд України» природно-заповідний фонд становлять ділянки суші і водного простору, природні комплекси та об'єкти яких мають особливу природоохоронну, наукову, естетичну, рекреаційну та іншу цінність і виділені з метою збереження природної різноманітності ландшафтів, генофонду тваринного і рослинного світу, підтримання загального екологічного балансу та забезпечення фонового моніторингу навколишнього природного середовища. Крім того, Закон визначає, що території та об'єкти ПЗФ поділяються на природні території та об'єкти, а саме: природні заповідники, біосферні заповідники, національні природні парки, регіональні ландшафтні парки, заказники, пам'ятки природи, заповідні урочища; штучно створені об'єкти – ботанічні сади, дендрологічні парки, зоологічні парки, парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва.

Заповідні території охороняється як національне надбання, до яких встановлюється особливий режим охорони, відтворення і використання. Україна розглядає цей фонд як складову частину світової системи природних територій та об'єктів, що перебувають під особливою охороною.

Збереження територій та об'єктів природно-заповідного фонду забезпечується різноманітними способами, зокрема встановленням заповідного режиму; організацією систематичних спостережень за станом заповідних природних комплексів та об'єктів; проведенням комплексних досліджень; додержанням вимог щодо охорони територій та об'єктів природно-заповідного

фонду під час здійснення господарської, управлінської та іншої діяльності, розробкою проектною і проектно-планувальною документації, землевпорядкування, лісовпорядкування, проведення екологічних експертиз, проведення інших заходів з метою збереження територій та об'єктів природно-заповідного фонду.

Природно-заповідні території та об'єкти з додержанням вимог, встановлених чинним законодавством України можуть використовуватися: у природоохоронних цілях; науково-дослідних цілях; оздоровчих та рекреаційних цілях; освітньо-виховних цілях; для потреб моніторингу навколишнього природного середовища.

Забезпечення режиму території ПЗФ, здійснення заходів по відтворенню (відновленню) природних ресурсів суттєво примножить багатство місцевої флори та фауни. Створення заповідних територій забезпечує попередження правопорушень, засмічення і захаращення території; реалізує заходи з профілактики та захисту природних комплексів від шкідників та хвороб; запобігає виникненню пожеж та інших надзвичайних ситуацій тощо.

Освітньо-виховна діяльність ПЗФ сприяє підвищенню рівня екологічної культури місцевого населення і відвідувачів та відіграє важливу роль у вихованні місцевої молоді та екологічному інформуванні населення шляхом проведення просвітницької роботи серед дошкільних та шкільних закладів, випуску буклетів, часописів, фільмів, книг, посібників тощо.

Рекреаційна діяльність на території ПЗФ є прямою інвестицією в економічний розвиток регіону. Вона здійснюється шляхом створення сприятливих умов для відпочинку відвідувачів, включає різноманітне облаштування екологічних та туристичних маршрутів, а також зон відпочинку; організацію екологічних таборів для школярів та молоді; залучення місцевого населення до рекреаційної діяльності.

Відповідно до ст.ст.51–55 Закону України «Про природно-заповідний фонд України» створення території (об'єкту) ПЗФ передбачає попередній розгляд клопотань, щодо створення ново виявленої території чи об'єкту ПЗФ та

подальше їх погодження з власниками та первинними користувачами природних ресурсів у межах територій, рекомендованих для заповідання. Крім того слід зазначити, що створення заказників відбувається без вилучення земельних ділянок, водних чи інших територій у їх власників або користувачів і доступ людей до даних територій залишається вільним. [40]

Департаментом екології та природних ресурсів проводиться постійна робота щодо розширення мережі територій та об'єктів природно-заповідного фонду Київщини. Природно-заповідний фонд області представлений унікальними та найкраще збереженими природними територіями та об'єктами майже всіх типів та категорій.

Станом на 01.10.2014 року ПЗФ області має в своєму складі - 194 території та об'єкти загальною площею 112,9 тис. га, з них загальнодержавного значення – 23 об'єкти площею – 80,9 тис. га, місцевого значення – 171 об'єкт площею – 32,0 тис. га. Відношення площі ПЗФ до площ області ("показник заповідності") становить – 4,1%. Найбільший відсоток заповідності територій має Іванківський, Броварський, Миронівський, Бориспільські райони. Найменший – Таращанський, Рокитнянський, Баришівський, Сквирський райони. Найпоширенішою категорією природно-заповідних територій області є заказники загальнодержавного та місцевого значення (97 од.), які створюються з метою збереження і відтворення природних комплексів або їх окремих компонентів. Також, Київська область має - 17 природоохоронних рекреаційних установ: один дендропарк, два регіональних ландшафтних парків місцевого значення, а також чотирнадцять парків-пам'яток садово-паркового мистецтва, три з яких мають загальнодержавне значення. [38]

Однією з природних перлин Київщини є дендропарк «Олександрія», який в минулому році відзначив своє 225-річчя. Даний об'єкт протягом багатьох років залишається взірцем пейзажної паркової композиції, що складена з цінних рослин, дерев, скульптур, ставків та самої річки Рось.

Ще одна унікальна за своєю геологічною будовою та красою заповідна територія – регіональний ландшафтний парк «Трахтемирів», який знаходиться

на правому березі Дніпра в межах Канівського району Черкаської області та Миронівського району Київської області. Рельєф парку утворений ярами та горбистою поверхнею. Тут зростає близько 10 червонокнижних видів рослин (цибуля ведмежа, підсніжник білосніжний, лілія лісова, рябчик російський та ін.), а також зустрічаються червонокнижні птахи – орлан-білохвіст та пугач звичайний.

Створення нових та розширення існуючих територій та об'єктів природно-заповідного фонду стане основою для формування екологічного каркасу регіону, сприятиме розвитку організованих форм рекреації і туризму, екологічної освіти, збереженню традиційних форм раціонального природокористування і сталого розвитку природно-територіального комплексу. Ці заповідні куточки формують національний характер. Усі виявлені території незайманої природи рідного краю неповторні, і тому потребують до себе особливої уваги людини.

Природні території є багатством народу України і тільки спільними зусиллями ми досягнемо успіху в розпочатій роботі, направлений на збереження цих територій. Успіх цієї справи залежить від кожного з нас.

Відповідно до чинного законодавства України ПЗФ охороняється як національне надбання, щодо якого встановлюється особливий режим охорони, відтворення і використання. Україна розглядає цей фонд як складову світової системи природних територій та об'єктів, що перебувають під особливою охороною.

Вчинення будь-яких дій, що порушують правила охорони та використання територій та об'єктів ПЗФ під час їх використання регулюються ЗУ «Про природно-заповідний фонд України» та «Про охорону навколишнього природного середовища», Земельним кодексом, Водним кодексом та іншими нормативно-правовими актами.

## 4.2. Використання та збереження земель природно-заповідного фонду

Землі ПЗФ - це ділянки суші і водного простору з природними комплексами та об'єктами, що мають особливу природоохоронну, екологічну, наукову, естетичну, рекреаційну та іншу цінність, яким відповідно до закону надано статус територій та об'єктів природно-заповідного фонду.

На землях природоохоронного та історико-культурного призначення забороняється будь-яка діяльність, яка негативно впливає або може негативно впливати на стан природних та історико-культурних комплексів та об'єктів чи перешкоджає їх використанню за цільовим призначенням.

Використання та збереження територій та об'єктів ПЗФ забезпечується шляхом:

- встановлення заповідного режиму;
- організації систематичних спостережень за станом заповідних природних комплексів та об'єктів;
- проведення комплексних досліджень з метою розробки наукових основ їх збереження та ефективного використання;
- додержання вимог щодо охорони територій та об'єктів природно-заповідного фонду під час здійснення господарської, управлінської та іншої діяльності, розробки проектної і проектно-планувальної документації, землевпорядкування, лісовпорядкування, проведення екологічних експертиз та здійснення інших відповідних дій. [39]

На території природних заповідників забороняється будь-яка господарська та інша діяльність, що суперечить цільовому призначенню заповідника, порушує природний розвиток процесів та явищ або створює загрозу шкідливого впливу на його природні комплекси та об'єкти, а саме:

- будівництво споруд, шляхів, лінійних та інших об'єктів транспорту і зв'язку, не пов'язаних з діяльністю природних заповідників
- розведення вогнищ, влаштування місць відпочинку населення
- стоянка транспорту



- проїзд і прохід сторонніх осіб
- прогін свійських тварин
- пересування механічних транспортних засобів за винятком шляхів загального користування
- лісосплав, проліт літаків та вертольотів нижче 2 000 метрів над землею
- подолання літаками звукового бар'єру над територією заповідника та інші види штучного шумового впливу, що перевищують установлені нормативи;
- геологорозвідувальні роботи, розробка корисних копалин, порушення ґрунтового покриву та гідрологічного і гідрохімічного режимів, руйнування геологічних відслонень, застосування хімічних засобів, усі види лісокористування, а також заготівля кормових трав, лікарських та інших рослин, квітів, насіння, очерету, випасання худоби, вилов і знищення диких тварин, порушення умов їх оселення, гніздування, інші види користування рослинним і тваринним світом, що призводять до порушення природних комплексів;
- мисливство, рибальство, інтродукція нових видів тварин і рослин, проведення заходів з метою збільшення чисельності окремих видів тварин понад допустиму науково обґрунтовану ємкість угідь, збирання колекційних та інших матеріалів, за винятком матеріалів, необхідних для виконання наукових досліджень.

### **4.3. Порядок змін меж природного парку**

Для забезпечення необхідного режиму охорони природних комплексів та об'єктів природних заповідників, запобігання негативному впливу господарської діяльності на прилеглих до них територіях установлюються охоронні зони.

Зміна меж, категорії та скасування статусу територій та об'єктів природно-заповідного фонду проводиться відповідно до статей 51-53 Закону України «Про природно-заповідний фонд України».

Основними функціями природоохоронних територій є:

- підтримка чи розширення зони природного існування певних видів;
- підтримка чи покращення поширення, міграції та/або генетичного обміну певних видів;
- відновлення якості ареалів існування;
- захист видів, які знаходяться під загрозою зникнення, вразливих, ключових чи комплексних видів;
- підтримка чи покращення гідрологічних функцій; підтримка чи покращення екологічної якості;
- контроль ерозії;
- захист цінних ландшафтних форм;
- підтримка біоценозу на територіях, забруднених радіацією;
- забезпечення взаємозв'язку із сусідніми транскордонними територіями.

До природно-заповідного фонду України належать:

1. Природні території та об'єкти:

1. біосферні заповідники,
2. природні заповідники,
3. національні природні парки,
4. регіональні ландшафтні парки,
5. заказники,
6. пам'ятки природи,
7. заповідні урочища;

2. Штучно створені об'єкти:

1. ботанічні сади,
2. дендрологічні парки,
3. зоологічні парки,
4. парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва.

Заказники, пам'ятки природи, ботанічні сади, дендрологічні парки, зоологічні парки та парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва залежно від їх

екологічної та наукової, історико-культурної цінності можуть бути загальнодержавного або місцевого значення.

За роки незалежності площа природно-заповідного фонду України зросла більш ніж удвічі. Станом на квітень 2015 року до його складу входять понад 8 тисяч об'єктів загальною площею 3,3 мільйона га, або 6,05 % національної території. Це, зокрема, 19 природних та 4 біосферних заповідники, 49 національних природних парків, 45 регіональних ландшафтних парків, 3078 пам'яток природи, 2729 заказників, 616 ботанічних, зоологічних садів, дендропарків та парків-пам'яток садово-паркового мистецтва, 793 заповідних урочища. Попри це, площа природно-заповідного фонду в Україні є недостатньою і залишається значно меншою, ніж у більшості країн Європи, де середній відсоток заповідності становить 21 %.[40]

## Висновки до розділу 4

В сучасному світі стоїть серйозне питання в проблемі з екологією нашого навколишнього середовища. Особливо гостро це стосується великих міст та мегаполісів. Через надмірну кількість шкідливих викидів від машин та заводів великі міста потопують в смогах, через такі явища знижується чистота повітря та погіршується екологія тим самим погіршується й наше життя. В багатьох містах все більше починають забувати про зелені зони та парки і все більше забудовують ці території новенькими кварталами та бізнес центрами. Звичайно, це розвиток міста, але потрібно пам'ятати про зелені зони та парки, вони як і ліс є легенями нашої планети, які потрібно оберігати.

Природно-заповідний фонд становлять ділянки суші і водного простору, природні комплекси та об'єкти яких мають особливу природоохоронну, наукову, естетичну, рекреаційну та іншу цінність і виділені з метою збереження природної різноманітності ландшафтів, генофонду тваринного і рослинного світу, підтримання загального екологічного балансу та забезпечення фонового моніторингу навколишнього природного середовища.

Природно-заповідний фонд України охороняється як національне надбання, та у зв'язку з чинним законодавством встановлюється особливий режим охорони, відтворення і використання. Україна розглядає цей фонд як складову частину світової системи природних територій та об'єктів, що перебувають під особливою охороною.

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Конституція України гарантує кожному право на належні, безпечні і здорові умови праці.

Однак у сучасних реаліях ведення бізнесу, гаслом якого є «Максимальні прибутки при мінімальних витратах», економія, на жаль, відбувається саме на забезпеченні прийнятних умов праці. Робота в офісах, що розташовані у підвальних, складських, тісних, малоосвітлених і поганопривітрюваних приміщеннях, не є рідкістю для сьогоднішніх «білих комірців».

Разом з тим кожен роботодавець чекає і вимагає від своїх підлеглих максимальної ефективності і відданості виконуваний роботі. Однак слід зважати, що безпечні умови праці – не тільки запорука комфортного існування працівників у межах офісу, а в першу чергу – їх здоров'я та працездатності, а відтак і прибутковості підприємства.

### **5.1. Перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів діючих у робочій зоні**

Відповідно до ГОСТ 12.0.003-74(1999) «Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Класифікація», інженер під час роботи у робочій зоні, може знаходитися під впливом наступних небезпечних і шкідливих виробничих факторів:

- підвищена або понижена температура повітря в робочій зоні;
- підвищена або понижена температура поверхонь обладнання та матеріалів;
- низька освітленість робочої зони;
- підвищена або понижена вологість повітря;
- підвищена або понижена циркуляція повітря;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;

- підвищений рівень електромагнітного випромінювання;
- підвищений рівень статичної електрики.

Загальні вимоги до умов праці на підприємствах встановлено законодавством про працю. Відповідно до ч. 1 ст. 6 Закону України «Про охорону праці» умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам законодавства. [41]

Більшість нормативів щодо умов праці офісних працівників встановлено на рівні державних стандартів. Основними з них є:

- Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 2.3.6.037-99, затверджені постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.99 р. № 37;
- Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації ДСН 3.3.6.039-99, затверджені постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.99 р. № 39;
- Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99, затверджені постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.99 р. № 42;
- Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПіН 3.3.2.007-98, затверджені постановою Головного державного санітарного лікаря України від 10.12.98 р. № 7;
- Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин, затверджені наказом Держгірпромнагляду від 26.03.2010 р. № 65 (далі – Правила № 65);
- Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників, затверджені наказом МНС від 25.01.2012 р. № 67.

Відповідно до ч. 1 ст. 13 Закону про охорону праці роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів. [41]

На жаль, на практиці роботодавці рідко їх дотримуються, що у більшості випадків пов'язано з необізнаністю з цього питання. Проте не тільки обраний Україною шлях до євроінтеграції, але й встановлена законодавством відповідальність за порушення таких норм та правил, зобов'язує ознайомитись з цим питанням більш детально.

## **5.2. Технічні та організаційні заходи по зменшенню рівня впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів**

### **5.2.1. Вимоги до офісного приміщення та робочого місця**

Площу приміщень, в яких розташовують персональні комп'ютери, визначають згідно з чинними нормативними документами. Відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007-98 з розрахунку на одне робоче місце, обладнане ПК, встановлено такі норми:

- площа – не менше 6,0 кв. м;
- об'єм – не менше 20,0 куб. м.

Заземлені конструкції, що знаходяться у приміщеннях (батареї опалення, водопровідні труби, кабелі із заземленим відкритим екраном тощо), мають бути надійно захищені діелектричними щитками або сітками від випадкового дотику.

Також в цих приміщеннях повинні бути медичні аптечки першої допомоги, системи автоматичної пожежної сигналізації та переносні вуглекислотні вогнегасники. Підходи до засобів пожежогасіння повинні бути вільними. [32]

Робочі місця, згідно з п. 4.3 ДСанПіН 3.3.2.007-98, слід розташовувати відносно світлових прорізів так, щоб природне світло падало переважно з лівого



боку. Конструкція робочого місця користувача персонального комп'ютера має забезпечити підтримання оптимальної робочої пози офісного працівника. Конструкція робочого столу має відповідати сучасним вимогам ергономіки і забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання (дисплея, клавіатури, принтера) і документів.

Правилами встановлюються висота робочої поверхні робочого столу, параметри ширини і глибини для робочих столів, які мають забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля.

Відповідно до п. 4.8 ДСанПіН 3.3.2.007-98 робочий стілець має бути підйомно-поворотним, регульованим за висотою, з кутом нахилу сидіння та спинки, від спинки до переднього краю сидіння поверхня сидіння має бути плоскою, передній край – заокругленим. Регулювання за кожним із параметрів має здійснюватися незалежно, легко і надійно фіксуватися.

Поверхня сидіння і спинки стільця має бути напівм'якою з нековзним, повітронепроникним покриттям, що легко чиститься і не електризується (п. 4.12 ДСанПіН 3.3.2.007-98). [41]

Робочий стіл для ПК, як правило, має бути обладнаним підставкою для ніг, вимоги до її розмірів та конструкції також прописані в правилах. Застосування підставки для ніг тими, у кого ноги не дістають до підлоги, є обов'язковим.

Приміщення можуть обладнуватись шафами для зберігання документів, магнітних дисків, полицями, стелажми, тумбами тощо з урахуванням вимог до площі приміщень. Поверхня підлоги має бути рівною, неслизькою, з антистатичними властивостями. Забороняється для оздоблення інтер'єру приміщень з персональними комп'ютерами застосовувати полімерні матеріали (деревинно-стружкові плити, шпалери, що миються, рулонні синтетичні матеріали, шаруватий паперовий пластик тощо), що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини.

## 5.2.2. Дотримання вимог електробезпеки під час роботи

Відповідно до розд. VI Правил № 65 щодня перед початком роботи необхідно очищати монітор від пилу та інших забруднень. Після закінчення роботи персональний комп'ютер і периферійні пристрої повинні бути відключені від електричної мережі. У разі виникнення аварійної ситуації необхідно негайно відключити персональний комп'ютер і периферійні пристрої від електричної мережі.

Персональні комп'ютери, периферійні пристрої повинні підключатися до електромережі тільки з допомогою справних штепсельних з'єднань і електророзеток заводського виготовлення (п. 2.9 Правил № 65). Штепсельні з'єднання та електророзетки, окрім контактів фазового та нульового робочого провідників, повинні мати спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Конструкція їх має бути такою, щоб приєднання нульового захисного провідника відбувалося раніше, ніж приєднання фазового та нульового робочого провідників. Порядок роз'єднання при відключенні має бути зворотним. Необхідно унеможливити з'єднання контактів фазових провідників з контактами нульового захисного провідника. Неприпустимим є підключення комп'ютерів, периферійних пристроїв до звичайної двопровідної електромережі, в тому числі – з використанням перехідних пристроїв. [32]

Є неприпустимими:

- експлуатація кабелів та проводів з пошкодженою або такою, що втратила захисні властивості за час експлуатації, ізоляцією;
- застосування саморобних подовжувачів, застосування для опалення приміщення нестандартного (саморобного) електронагрівального обладнання або ламп розжарювання;
- користування пошкодженими розетками, розгалужувальними та з'єднувальними коробками, вимикачами та іншими електровиробами, а також лампами, скло яких має сліди затемнення або випинання;

- використання електроапаратури та приладів в умовах, що не відповідають вказівкам (рекомендаціям) підприємств-виготовлювачів.

### **5.2.3. Вимоги до вентиляції, опалення, кондиціонування, мікроклімату**

Приміщення для роботи з персональними комп'ютерами мають бути обладнані системами опалення, кондиціонування повітря, або припливно-втяжною вентиляцією. У приміщеннях на робочих місцях мають забезпечуватись оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості та рухливості повітря відповідно до норм та правил, а також ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування. Відповідно до санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99 в офісних приміщеннях температура повітря повинна становити 22-25°C, відносна вологість повітря – 40-60 %, швидкість руху повітря – не більше 0,1 м/с.

Під час перевищення припустимих значень робочий день співробітників повинен бути скорочений мінімум на 10 %.

Для підтримки допустимих значень мікроклімату та концентрації позитивних і негативних іонів необхідно передбачати установки або прилади зволоження та/або штучної іонізації, кондиціонування повітря. В Україні відсутні затверджені на законодавчому рівні гранично допустимі норми вмісту вуглекислого газу в повітрі для житлових, офісних та громадських споруд. Проте, враховуючи його вплив на працівників, а саме суттєве зниження їх працездатності, роботодавцям варто приділяти цьому питанню увагу та вживати заходи профілактики. [32]

Окрім цього, наслідком сучасного технічного прогресу є зростання з кожним роком енергоспоживання та збільшення навантаження на кабелі, що в свою чергу призводить до збільшення напруги електромагнітних полів, несприятлива дія яких може призвести до погіршення стану здоров'я працівників. Таким чином, роботодавцям варто пам'ятати, що причиною

зниження працездатності офісних працівників дуже часто є саме незадовільні параметри мікроклімату.

#### **5.2.4. Вимоги до освітлення**

Як відомо, тривала робота за комп'ютером та з документами при недостатньому рівні освітленості може призвести до значного перенапруження зору, тому вимоги до освітлення є досить важливими.

Додатково, окрім вже перелічених документів, вимоги до освітлення встановлено ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення». Як вже зазначалося, відносно вікон робоче місце необхідно організувати так, щоб природне світло було з лівого боку (п. 4.3 ДСанПіН 3.3.2.007-98). Робоче місце необхідно розміщувати таким чином, щоб уникнути попадання прямого світла в очі. Для забезпечення захисту і досягнення нормованих рівнів комп'ютерних випромінювань необхідне застосування приєкраних фільтрів, локальних світлофільтрів (засобів індивідуального захисту очей) та інших засобів захисту, що пройшли випробування в акредитованих лабораторіях і мають щорічний гігієнічний сертифікат (п. 4.19 ДСанПіН 3.3.2.007-98). [41]

Штучне освітлення приміщення має здійснюватись системою загального рівномірного освітлення (п. 3.2.2 ДСанПіН 3.3.2.007-98). У приміщеннях при переважній роботі з документами допускається використання системи комбінованого освітлення, тобто встановлення світильників місцевого освітлення додатково до загального.

Як джерела штучного освітлення необхідно використовувати люмінесцентні лампи. Згідно з п. 3.2.5 ДСанПіН 3.3.2.007-98 система загального освітлення має бути у вигляді суцільних або переривчатих ліній світильників, що розташовані збоку від робочих місць (зазвичай ліворуч) паралельно лінії зору працівників.

Допускається застосування ламп розжарювання у світильниках місцевого освітлення та, у разі влаштування відбитого освітлення у виробничих чи

адміністративно-громадських приміщеннях, металогалогенних ламп потужністю 250 Вт.

Коефіцієнт пульсації не повинен перевищувати 5 % (п. 3.2.14 ДСанПіН 3.3.2.007-98). Рівень освітленості на робочому столі в зоні розташування документів має бути в межах 300 – 500 лк. Світильники місцевого освітлення слід встановлювати таким чином, щоб не створювати відблисків на поверхні екрана, а освітленість екрана має не перевищувати 300 лк. [41]

Для забезпечення нормованих значень освітленості у приміщеннях відповідно до п. 3.2.15 ДСанПіН 3.3.2.007-98 необхідно мити вікна і світильники не рідше 2 разів на рік, а також своєчасно замінювати лампи, що перегоріли.

#### **5.2.5. Вимоги до рівнів шуму та вібрації (рівні звукового тиску та норми вібрації)**

Рівні шуму та вібрації на робочих місцях осіб, що працюють з ПК, визначаються відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007-98.

Для забезпечення дотримання допустимих рівнів шуму на робочих місцях застосовуються засоби звукопоглинання, вибір яких обґрунтовується спеціальними інженерно-акустичними розрахунками (п. 3.3.3 ДСанПіН 3.3.2.007-98).

Перелік організаційно-технічних заходів щодо обмеження несприятливого впливу шуму та вібрації на працюючих наведено в ДСН 2.3.6.037-99 та ДСН 3.3.6.039-99, серед яких зменшення шуму та вібрації на шляху розповсюдження засобами ізоляції та поглинання, наприклад, за рахунок використання гумових, поролонових, інших шумо- чи вібропоглинаючих матеріалів, або інших матеріалів аналогічного призначення, що дозволені для оздоблення приміщень органами державного санітарно-епідеміологічного нагляду.

### **5.2.6. Допустимі параметри неіонізуючого електромагнітного випромінювання**

Вимоги щодо рівня неіонізуючих електромагнітних випромінювань, електростатичних та магнітних полів встановлюються відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007-98, а також Вимог до роботодавців щодо захисту працівників від шкідливого впливу електромагнітних полів, затверджених наказом Міненергетики від 05.02.2014 р. № 99, ДСанПіН 3.3.6.096-2002. [41]

Значення напруженості електростатичного поля на робочих місцях (як у зоні екрана дисплея, так і на поверхнях обладнання, клавіатури, друкувального пристрою) мають не перевищувати гранично допустимих відповідно до встановлених норм.

Бо це є одним з важливих факторів сприятливих умов роботи будь-якого працівника. А також основою правил безпеки на робочому місці.

### **5.2.7. Розрахунок сумарного надходження тепла до приміщення**

На сьогоднішній день, для забезпечення оптимальних мікрокліматичних умов в будь-який період року приміщення, в яких розташовані комп'ютеризовані робочі місця обладнують кондиціонерами, які автоматично підтримують задані параметри мікроклімату.

Обчислювальний центр в якому проводиться розробка має загальний розмір 5x4м., висота стелі 3 м., є три вікна розміром 1,2 x 1,5 м. В даному приміщенні знаходиться комп'ютер, сканер і 1 принтер. Температура повітря в кімнаті тримається рамок 23-24 °С, вологість не перевищує 50%, що задовольняє санітарним нормам мікроклімату виробничих приміщень.

Проведемо розрахунок сумарного надходження тепла до приміщення за для визначення кондиціонера необхідної потужності.

Обрана модель повинна давати таку саму, або навіть дещо вищу потужність.

Обрахунки:

1) Розрахуємо надходження тепла в приміщення за формулою:

$$T_1 = S \cdot h \cdot k \quad (5.1)$$

де  $S$  – площа приміщення  $S = 5 \cdot 4 = 20 \text{ м}^2$ ;

$h$  – висота приміщення,  $h = 3 \text{ м}$ ;

$k$  – коефіцієнт, що дорівнює  $k = 35$ , оскільки сонце попадає до кімнати лише частину світлового дня.

$$T_1 = 20 \cdot 3 \cdot 35 = 2100 \text{ Вт}$$

2) Розрахуємо надходження тепла від оргтехніки.

Системний блок – 300 Вт;

Монітор – 130 Вт;

Принтер – 60 Вт;

Сканер – 60 Вт;

Лампа освітлення – 40 Вт.

$$T_2 = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n \quad (5.2)$$

де  $n$  – кількість приладів.

$$T_2 = 300 + 130 + 60 + 60 + 5 \cdot 40 = 750 \text{ Вт}$$

3) Розрахуємо кількість тепла яке надходить від юдей, що постійно знаходяться в приміщенні:

$$T_3 = n_1 \cdot T_{\text{сер}} \quad (5.3)$$

де  $n_1$  – кількість людей,  $n_1 = 4$ ;

$T_{\text{сер}}$  – середнє виділення тепла людиною. В нашому випадку  $T_{\text{сер}} = 100 \text{ Вт}$ , оскільки розрахунок проводиться для офісу.

$$T_3 = 4 \cdot 100 = 400 \text{ Вт}$$

4) Загальне надходження тепла:

$$T_{\text{заг}} = T_1 + T_2 + T_3 \quad (5.4)$$

$$T_{\text{заг}} = 2100 + 750 + 400 = 3250 \text{ Вт}$$

Прийнято встановлювати кондиціонер потужності якого або дорівнює, або перевищує отриману шляхом розрахунків величину.



Висновок: Загальна площа приміщення складає 20м<sup>2</sup>, обираємо настінний кондиціонер Daikin, який має потужність 3,5 кВт, що дозволяє прохолоджувати приміщення площею до 35 м<sup>2</sup>.

### **5.3. Забезпечення пожежної і вибухової безпеки в приміщенні, де працює інженер**

Приміщення, в якому розміщене робоче місце інженера відноситься до категорії Д за вибухопожежною і пожежною небезпекою, оскільки воно містить негорючі речовини і матеріали у холодному стані, кабелі електропроводки до устаткування, окремі предмети меблів на місцях.

Приміщення, в якому працює інженер і в якомк передбачено розміщення ПК, повинно бути 1 і 2 ступені вогнестійкості.

*Пожежна безпека забезпечується:*

- системою запобігання пожежі;
- системою протипожежного захисту;
- організаційно-технічними заходами.

Можливими причинами пожежі можуть бути різноманітні неполадки в електромережі, перевантаження електромережі при включенні в ланцюг (у холодний час року) великих електрообігрівальних потужностей.

*Передбачено наступні міри, спрямовані на мінімізацію ризику виникнення пожежі:*

- проводиться періодичний огляд електричної техніки на предмет несправностей в електричних ланцюгах;
- у кожному комп'ютері передбачені плавкі запобіжники для захисту від короткого замикання;
- вхідний електричний щит має автоматичний вимикач (знижує ризик виникнення перевантажень і коротких замикань);

- конструкцією електричної приладів передбачена наявність плавких запобіжників;
- опір ізоляції контролюється 2 рази на рік;
- світильники, проводка, встановлене устаткування періодично (2 рази на місяць) очищаються від пилу відповідно до вимог;
- 1 раз у 3 місяці проводиться очищення від пилу усіх вузлів і агрегатів встановленого устаткування;
- розподільна мережа напругою (380/220) виконана проводами у вінілопластикових трубах, прокладених приховано в стінах і підлоги;

Технічні рішення системи протипожежного захисту на робочому місці інженера спрямовані на обмеження поширення пожежі, захист людей і матеріальних цінностей від впливу шкідливих і небезпечних наслідків пожежі, на створення умов ліквідації пожежі.

*По пожежному захисту передбачено:*

- приміщення забезпечене системою виявлення пожежі, що реагує на появу диму (з тепловим датчиком);
- приміщення обладнане засобами первинного пожежогасіння вогнегасниками вуглекислотними ВВК-2 і порошковими ВП-2(М);
- приміщення обладнане протипожежним водопроводом, що живиться від водопроводу;
- приміщення підключене до загальної системи ручного протипожежного повідомлення;
- у приміщенні є евакуаційні виходи.

*Проводяться наступні організаційні міри по забезпеченню пожежної безпеки:*

- негайне відключення несправного устаткування;
- знеструмлення всіх приладів по закінченні роботи;
- відповідний інструктаж персоналу;

- плакат з зображенням плану евакуації персоналу;
- приміщення має у своєму розпорядженні запасний вихід;
- розроблено план дій на випадок евакуації людей із приміщення.

#### **5.4. Інструкція з охорони праці для інженера**

##### *Вимоги безпеки перед початком роботи:*

- Перевірити справність обслуговуваної апаратури;
- перевірити освітленість робочого місця;
- перевірити правильність розташування екрану (на відстані 600-700 мм, але не ближче 500 мм);
- клавіатуру розташувати на поверхні столу на відстані 100-300 мм від краю, зверненого до користувача або на спеціальній регульованій по висоті поверхні, окремій від основного столу;
- апаратура повинна знаходитися на відстані не менше 1 м від стіни.

##### *Вимоги безпеки під час роботи:*

- При 8-ми годинній робочій зміні основною перервою є перерва на обід. Додатково при роботі на ЕОМ вводяться регламентовані перерви: через 2 години від початку робочої зміни і через 2 години після обідньої перерви тривалістю 15 хвилин кожний;
- тривалість безперервної роботи без регламентованої перерви не повинна перевищувати дві години;
- якщо монітор не має захисту від випромінювання, використовують захисний екран. Випромінювання монітора у бік протилежну екрану може бути значно більше, тому не можна його задню частину обертати у бік людей;
- забороняється працювати за комп'ютером, якщо в нього виявлено несправність; [41]

*Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях:*

- При виявленні несправності комп'ютера або появи незвичайних звуків в процесі роботи слід його вимкнути;
- забороняється чіпати роз'єми кабелів і торкатися до живлячих дротів будь-якої медичної апаратури;
- не можна працювати при поганому освітленні і поганому самопочутті;
- забороняється працювати з вологими руками;
- для зниження навантаження під час праці інженеру необхідно рівномірно розподіляти навантаження і раціонально чергувати характер діяльності;
- для усунення наслідків стрибків напруги в мережі, комп'ютер повинен бути підключений до електромережі через стабілізатор напруги (безперебійне джерело живлення).

*Вимоги безпеки після закінчення роботи:*

- Не вимикати активне обладнання (воно працює безперервно);
- перевірити правильність виконання функцій активним обладнанням;
- про всі зауваження і схиби по охороні праці і техніці безпеки зробити запис у журналі і доповісти своєму безпосередньому керівникові;
- вимикання устаткування і проводити його технічне обслуговування необхідно робити відповідно до інструкцій.

## Висновки до розділу 5

Охорона праці є важливою системою норм і заходів, дотримання яких дозволяє зберегти як життя, так і здоров'я працівників під час виконання ними своїх обов'язків. Охорона праці в офісі складається з юридичних норм і правил безпеки, частина з яких диктується державою, а частина розробляється безпосередньо на підприємстві. Вважається, що в офісах не буває несприятливих умов праці. Це не вірно. На здоров'я людей в офісному приміщенні можуть впливати різні шкідливі і небезпечні фактори:

1. Найпоширеніший небезпечний фактор – електричний струм. Він небезпечний своєю всюдисутністю і неможливістю його ідентифікації до моменту отримання травми.

2. Важливим є питання освітленості робочого місця. Особливо – для персоналу, який проводить більшу частину свого робочого часу біля комп'ютера.

3. Не менш важливим питанням для забезпечення безпеки в офісі є дотримання правил пожежної безпеки. Потрібно не тільки навчити персонал грамотно поводитися з побутовою та офісною електротехнікою, а й організувати тренінги з протипожежної евакуації з включенням систем оповіщення про початок пожежі. Володіючи всіма цими знаннями і навичками, можна за короткий термін виявити джерело пожежі і перешкодити його подальшому розповсюдженню.

4. Евакуаційні тренінги, досконале знання шляхів для аварійного виходу в непередбачених складних ситуаціях – запорука протипожежної безпеки офісу. Найбільший відсоток смертей під час пожежі пов'язаний з панікою і отруєнням чадним газом через неможливість знайти вихід з офісу.

У комплексі всі ці заходи і є нічим іншим як – охорона праці офісним персоналом. Основні аксіоми, про які повинен пам'ятати кожен працівник.

## ВИСНОВКИ

1. Показано, що використання зйомки з БПЛА та створення ортофотоплану парку є корисним для вдосконалення моніторингу та управління зеленими насадженнями в Україні. Поетапно розписано процес створення ортофотоплану парку за отриманими даними зйомки.
2. Проведено зйомку території міського парку Подільського району міста Києва за допомогою дрона Phantom 4 Adv/Pro, визначення координат опорних точок за допомогою GPS-приймача, а також планування та виконання польотної місії.
3. За отриманими даними побудовано ортофотоплан. Для цього використовувалися алгоритми, реалізовані в програмі Agisoft Metashape. Для того, щоб створити ортофотоплан парку, було проведено ряд підготовчих процесів, як автоматичних, так і ручних.
4. Показано, що дані зйомки з безпілотного літального апарату Phantom 4 Adv/Pro, які належним чином оброблені в програмному забезпеченні Agisoft Metashape, дозволяють отримати якісний та високоточний ортофотоплан парку. Результат, отриманий в дослідженні, має роздільну здатність 0,15 см/піксель.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Geo-matching | Your Product Platform for Surveying, Positioning and Machine Guidance <https://geo-matching.com/gnss-receivers>
2. J.P Mills and I. Newton,. “Aerial photography for survey purposes with a high resolution small format digital camera”. Photogrammetric Record, 15(88), 575-587, 1996.
3. Y. Miyatsuka. “Archaeological real-time photogrammetric system using digital still camera”. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 31(B5): 374-375, 1996.
4. A Ahmad. “Digital photogrammetry: An experience of processing aerial photograph of UTM acquired using digital camera”. AsiaGIS 2006, 3-5 March 2006; UTM Skudai, Johor, Malaysia.
5. A. Ahmad. “Mapping using small format digital imagery and unmanned aerial platform”. South East Asia & Survey Congress, 2009, 4-6 August 2006; Bali, Indonesia
6. A. Ahmad. “Digital mapping using low altitude UAV”. Pertanika J. Science and Technology. Vol. 19 (S): 51 – 58, 2011.
7. K.N.Tahar, A. Ahmad, W.A.A. Wan Mohd Akib and W.M. N. Wan Mohd. “Unmanned Aerial Vehicle Results Using Different Real Time Kinematic Global Positioning System Approaches”, in A. Abdul Rahman et al. (eds.), Developments in Multidimensional Spatial Data Models, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, DOI: 10.1007/978-3-642- 36379-5\_8, \_Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013
8. K.N.Tahar, A. Ahmad, W.A.A. Wan Mohd Akib and W.M. N. Wan Mohd. “A generic approach for photogrammetric survey using six-rotor unmanned aerial vehicle”. 8 th International Symposium On Digital Earth, 26-29 August, 213; Kuching, Sarawak, Malaysia
9. S. M.Azmi, B. Ahmad and A. Ahmad. “Accuracy assessment of topographic mapping using UAV images integrated with aerial photograph and satellite images”.



8th International Symposium On Digital Earth, 26-29 August, 213; Kuching, Sarawak, Malaysia

10.W.A.Udin and A. Ahmad. “Assessment of photogrammetric mapping accuracy based on variation flying altitude using unmanned aerial vehicle”. 8 th International Symposium On Digital Earth, 26-29 August, 213; Kuching, Sarawak, Malaysia

11.M.H.M. Room and A. Ahmad. “Mapping of river model using close range photogrammetry technique and unmanned aerial vehicle system”. 8 th International Symposium On Digital Earth, 26-29 August, 213; Kuching, Sarawak, Malaysia

12. N.F.A. Hamid and A. Ahmad. “Calibration of high resolution digital camera based on different photogrammetric methods”. 8 th International Symposium On Digital Earth, 26-29 August, 213; Kuching, Sarawak, Malaysia

13.N.F.A. Hamid, A. Ahmad, A.M. Samad, I. Ma’arof and K.A. Hashim. “Accuracy sssessment of calibrating high resolution digital camera”. 9 th International Colloquium On Signal Processing and its application, 8-10 March, 2013; Kuala Lumpur, Malaysia

14.N. Darwin, A. Ahmad and O. Zainon. “The potential of unmanned aerial vehicle for large scale mapping of coastal area”. 8 th International Symposium On Digital Earth, 26-29 August, 213; Kuching, Sarawak, Malaysia

15.N.A. Azhar and A. Ahmad. “Development of rappid and low cost archaeological site mapping using photogrammetric technique”. 8 th International Symposium On Digital Earth, 26-29 August, 213; Kuching, Sarawak, Malaysia

16.F.K. Sidek and A. Ahmad. “Development of mapping procedures using digital imagery derived from unmanned aerial vehicle system”. PWTC, Kuala Lumpur, Malaysia, 2008.

17.PO3ДJIJ 2 Aerosonde, 2008. <http://www.aerosonde.com/> (accessed 28 April 2008)

18.Archer, F. et al., 2004. Introduction, overview, and status of the Microwave Autonomous Copter System (MACS). In: Proceedings of IGARSS 200, Anchorage, Alaska, USA.

19. Buongiorno, M.F., 2005. Remote Sensing Application to Monitor Active Volcanoes. Use-HAAS Workshop #1, Brussels, Belgium.
20. Çabuk, A., Deveci A. & Ergincan F. 2007. Improving Heritage Documentation. GIM International 21, 9, September 2007
21. Casbeer, D.W. et al, 2006. Cooperative forest fire surveillance using a team of small unmanned air vehicles. International Journal of Systems Science 37 (6), 351-360.
22. Colomina, I. et al. 2007. The UVISION project for helicopter UAV photogrammetry and remote-sensing. Proceedings of the 7th Geomatic Week, Barcelona, Spain.
23. Cropcam, 2008. <http://www.cropcam.com/products.htm>
24. DARPA, 2008. DARPA chooses contractors for VULTURE program. <https://www.defencetalk.com/darpa-chooses-contractors-for-vulture-uav-program-15190/>
25. How to Fly a Drone A Beginner's Guide to Multirotor Systems & Flight Proficiency <https://uavcoach.com/how-to-fly-a-quadcopter-guide/>
26. Аналоги Agisoft Photoscan <https://ruprogi.ru/software/agisoft-photoscan>
27. Bandara, K.R.M.U.; Samarakoon, L.; Shrestha, R.P.; Kamiya, Y. Automated Generation of Digital Terrain Model using Point Clouds of Digital Surface Model in Forest Area. Remote Sens. 2011, 3, 845–858.
28. Руководство пользователя Agisoft Metashape: Professional Edition, версия 1.7 /дата публикации 2021/ Авторские права © 2021 Agisoft LLC
29. Fleming, Z.; Pavlis, T. An orientation based correction method for SfM-MVS point clouds—Implications for field geology. J. Struct. Geol. 2018, 113, 76–89.
30. ЛАТЧБАХЕР Україна, Ефективні системи маркування та обліку деревини <https://www.latschbacher.com.ua/>
31. Управління зеленими зонами міст - Компанія Латчбахер Україна ([latschbacher.com.ua](https://www.latschbacher.com.ua/))
32. Охорона праці офісних працівників /Матеріал підготовлено спеціально для ЛІГА:ЗАКОН/ Група компаній «Крестон Геренті Груп Юкрейн» <https://ips.ligazakon.net/document/DG140149>

33.Mathews, A.; Jensen, J. Visualizing and Quantifying Vineyard Canopy LAI Using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Collected High Density Structure from Motion Point Cloud. *Remote Sens.* 2013, 5, 2164–2183.

34.Agudo, P.; Pajas, J.; Pérez-Cabello, F.; Redón, J.; Lebrón, B. The Potential of Drones and Sensors to Enhance Detection of Archaeological Cropmarks: A Comparative Study Between Multi-Spectral and Thermal Imagery. *Drones* 2018, 2, 29.

35.Polat, N.; Uysal, M. An Experimental Analysis of Digital Elevation Models Generated with Lidar Data and UAV Photogrammetry. *J. Indian Soc. Remote Sens.* 2018, 46, 1135–1142.

36.Xia, G.-S.; Bai, X.; Ding, J.; Zhu, Z.; Belongie, S.; Luo, J.; Datcu, M.; Pelillo, M.; Zhang, L. DOTA: A Large-scale Dataset for Object Detection in Aerial Images. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Salt Lake City, UT, USA, 18–22 June 2018; pp. 3974–3983.

37.Laliberte, A. Unmanned aerial vehicle-based remote sensing for rangeland assessment, monitoring, and management. *J. Appl. Remote Sens.* 2009, 3.

38.Закон України «Про природно-заповідний фонд України»

39.Правова охорона територій та об'єктів природно-заповідного фонду України: Навч. посіб. для студ. ВНЗ / О. М. Ковтун. — К. : Прецедент, 2010. — 229 с. — (Юридична бібліотека).

40.Герасимчук З. В., Микитин Т. М., Якимчук А. Ю. Маркетинг природно-заповідних територій. Монографія. Луцьк: ЛНТУ, 2012. – 245 с.

41.ЗАКОН УКРАЇНИ Про охорону праці (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1992, № 49, ст.668)