

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВОЛИНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ
ГЕОГРАФІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра геодезії, землевпорядкування та кадастру**

На правах рукопису

ПОЛИНЮК БОГДАН ПЕТРОВИЧ

**ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА
ДЛЯ ПОТРЕБ ЗЕМЛЕУСТРОЮ**

Спеціальність: 193 Геодезія та землеустрій
Освітня програма Геодезія та землеустрій
Робота на здобуття першого (бакалаврського) освітнього рівня

Науковий керівник:
ВАКУЛЮК ЛАРИСА АДАМІВНА
старший викладач

РЕКОМЕНДОВАНО ДО ЗАХИСТУ
Протокол №
засідання кафедри геодезії,
землевпорядкування і кадастру
Від . . . 2025 р.

Завідувач кафедри
д.т.н., проф. А.В. Уль _____

ЛУЦЬК – 2025

Анотація

Полинюк Б. П. *Особливості застосування БПЛА для потреб землеустрою. Кваліфікаційна робота на правах рукопису. –ВНУ імені Лесі Українки, МОН України, Луцьк, –2025. -62 с.*

В бакалаврській роботі розглянуто теорію, алгоритми та методологію процесу картографування за даними БПЛА. Проведено та описано всі етапи картографування БПЛА від калібрування камери до планування траєкторії та обробки зображень. Були проведені різні тести, а результати, отримані в результаті обробки зображень, використані для перевірки деяких із запропонованих припущень і методів. 3D-картування БПЛА: процедурний аналіз та оцінка ефективності. Запропоновано текстурна модель та цифрова модель висот досліджуваної території.

Ключові слова: БПЛА, 3D-картування, моделювання, якість зображення, оцінка точності, параметри.

Annotation

Polynyuk B. P. *Features of the use of UAVs for land management needs. Qualification work on the rights of the manuscript. -Lesya Ukrainka National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Lutsk, -2025. -62 c.*

The bachelor's thesis examines the theory, algorithms, and methodology of the mapping process using UAV data. All stages of UAV mapping from camera calibration to trajectory planning and image processing have been carried out and described. Various tests were performed and the results obtained from image processing were used to verify some of the proposed assumptions and methods. 3D UAV mapping: procedural analysis and performance evaluation. A texture model and a digital elevation model of the studied area are proposed.

Keywords: UAV, 3D-mapping, modeling, image quality, accuracy assessment, parameters.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 КЛАСИФІКАЦІЯ БПЛА.....	6
1.1. Аналіз можливості використання БПЛА для картографування.....	7
1.2. Рекомендації щодо забезпечення параметрів польоту та аерофотозйомки.....	8
РОЗДІЛ 2 КАЛІБРУВАННЯ КАМЕРИ PHANTOM 4 RTK.....	11
РОЗДІЛ 3 ТЕОРІЯ, АЛГОРИТМИ ТА МЕТОДОЛОГІЯ.....	15
3.1. Процедура аналізу картографування за результатами БПЛА.....	15
3.2 Обробка зображень.....	28
3.3. Завантаження фотографій.....	34
3.4. Створення щільної хмари точок.....	40
3.5. Побудова текстурної моделі Calibrvanja colori.....	42
3.6 Створення цифрової моделі висот.....	46
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	50
4.1. Вимоги до організації робочого місця користувача персонального комп'ютера (ПК). Опис основних шкідливих факторів.....	50
4.2. Забезпечення необхідного мікроклімату в приміщеннях ПК.....	50
4.3. Забезпечення захисту від шуму.....	51
4.4 Інструкції з охорони праці під час експлуатації системи електропостачання.....	55
ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	60

ВСТУП

Дрон (від англ. drone — трутень, джміль) — неофіційна (сленгова) назва БПЛА. Однак безпілотник не обов'язково повинен літати. Наприклад, безпілотний танк теж є дроном. Тому, за словами Віджая Кумара, професора інженерії в Університеті Пенсільванії, і, до речі, він не єдиний, хто працює над розробкою безпілотників з групою колег, хто вважає, що дрони називають дронами. дрони - це не добре. Єдина річ, схожа на безпілотників у цих роботах, це безперервне цвірінкання, яке вони видають[26]

Назва «квадрокоптер» (англ. quadcopter) відноситься до пристроїв з чотирма роторами. Квадрокоптер означає чотири вертольоти. Мультикоптер (англ. multicopter, multicopter, copter) — літальний апарат з довільною кількістю гвинтів, розташованих в одній площині та обертаються по діагоналі в протилежних напрямках[1]. Мультикоптери можуть здійснювати вертикальний зліт і посадку, горизонтальний політ, а також можуть зависати в повітрі.

Дрони відрізняються за своєю будовою, призначенням і низкою інших характеристик. Керування безпілотними літальними апаратами (БПЛА) може відбуватися як шляхом періодичної подачі команд, так і в режимі постійного контролю. У другому випадку вони називаються дистанційно пілотованими літальними апаратами (ДПЛА). Основна перевага БПЛА/ДПЛА полягає у значно нижчій вартості виробництва та експлуатації при збереженні високої ефективності виконання завдань.

Безпілотники розрізняються за габаритами, функціональністю і типом. Деякі з них надзвичайно малі — розміром із комаху, інші ж можуть досягати розмірів традиційних літаків. Вони здатні зависати в повітрі й розганятися до 1000 км/год. Керування дронами здійснюється за допомогою смартфонів, планшетів, систем супутникового зв'язку тощо. Запуск БПЛА можливий різними способами: вручну, за допомогою катапульти або ракети. Такі апарати можуть нести різне обладнання — від відеокамер до засобів внесення добрив у сільському господарстві[24].

Сучасні технології дозволяють БПЛА літати на значні відстані протягом тривалого часу, але більшість з них не піднімаються вище 150 метрів над землею. Повітряний простір на цій висоті в основному використовується для польотів планерів і легких літаків.

РОЗДІЛ 1

КЛАСИФІКАЦІЯ БПЛА

Як і будь-які інші літальні апарати БПЛА можуть бути: літаками, гвинтокрилами, дирижаблями тощо. БПЛА можна класифікувати за різними критеріями, наприклад:

- За типом конструкції безпілотні літальні апарати поділяються на два основні види: з нерухомим крилом, подібні до планерів, та мультикоптери. БПЛА з фіксованим крилом здатні розвивати швидкість до 100 км/год і можуть виконувати тривалу аерозйомку (до 4–5 годин), однак для зльоту та посадки їм зазвичай потрібна спеціальна смуга. Вони не мають здатності зависати в повітрі, як це робить вертоліт.
- Мультикоптери, своєю чергою, мають меншу швидкість польоту (до 60 км/год) і обмежений час автономної роботи — зазвичай менше години. Водночас вони вирізняються високою маневреністю та можуть залишатися на одному місці в повітрі, що робить їх особливо зручними для точкових спостережень і роботи в обмежених просторах[3]
- За автономністю БПЛА поділяються на самолітаючі та гібридні, які дозволяють повертатися до точки зльоту навіть при розрядженні акумулятора.
- Технологія управління БПЛА може здійснюватися як по повітрю (через WI-FI та інші неліцензійні частоти), так і 3G/4G. Якщо БПЛА повністю автономний, то за допомогою навігаційної системи (GPS, ГЛОНАСС) він може досягти певної точки і повернутися власним ходом. Завдяки датчикам новітні моделі БПЛА можуть орієнтуватися навіть у закритих приміщеннях і маневрувати навколо перешкод[4]
- Залежно від типу використовуваного двигуна БПЛА можуть бути БПЛА з двигунами внутрішнього згоряння, БПЛА з реактивними двигунами, БПЛА з електричними двигунами, БПЛА з ядерними двигунами, БПЛА

з двигунами, що працюють на сонячній енергії. Класифікується як бортовий БПЛА [21]

- Залежно від типу БПЛА розмір задньої частини БПЛА різний (від комарів до великих БПЛА з розмахом крил у декілька метрів).

Згідно з класифікацією, запропонованою компанією **J'son & Partners Consulting**, безпілотні літальні апарати (БПЛА) поділяються за такими основними ознаками:

- за конструктивною будовою та конфігурацією;
- за способом зльоту;
- за призначенням та сферою застосування;
- за технічними характеристиками;
- залежно від типу джерела енергоживлення;
- за видом корисного навантаження;
- за типом автоматизованої системи керування;
- за наявністю систем уникнення зіткнень;
- за типом навігаційної системи;
- за рівнем захисту від сигналових перешкод;
- за використанням діапазоном частот;
- за програмною спеціалізацією.

1.1. Аналіз можливості використання БПЛА для картографування

Аерофотозйомка десятиліттями використовується як ефективний інструмент геодезичних робіт, геофізичних досліджень і різноманітних видів моніторингу. [3] Сучасні технології створення топографічних і кадастрових карт базуються саме на використанні цифрових аерофотоматеріалів. Однак використання літаків і гелікоптерів для локальних масштабних зйомок коштує на порядок дорожче, ніж легка авіація. Тому альтернативним рішенням є використання БПЛА для вищевказаних цілей [7]

Для якісного виконання цих завдань необхідно оптимізувати технічну схему використання БПЛА в аерозйомці[21]. При використанні БПЛА в процесі топографічної аерофотозйомки необхідно вирішити багато питань, забезпечуючи:

- Стабілізація БПЛА під час навігації.
- Підтримання заданої швидкості польоту.
- Прямолінійність траси.
- Зменшення кута нахилу.

Тому основними завданнями є дослідження причин помилок, спричинених взаємодією цих факторів, і визначення методів їх усунення.

Типове обладнання для аерофотозйомки, яке встановлюється на безпілотних літальних апаратах (БПЛА), зазвичай включає цифрові камери або оптичні сканери. У деяких випадках дрони можуть бути оснащені лазерними далекомірами або лазерними сканувальними системами, а моделі середнього та важкого класу — радіолокаційними станціями з синтетичною апертурною антеною (РСА).

Безпілотні або дистанційно керовані транспортні засоби повністю відповідають критеріям роботизованих систем. Зокрема, вони здатні виконувати завдання автономно, без участі оператора, що особливо важливо у небезпечних або складних умовах. Крім того, такі апарати ефективно справляються з рутинними або високоточними завданнями, які вимагають спеціальних навичок і зосередженої уваги[24].

1.2. Рекомендації щодо забезпечення параметрів польоту та аерофотозйомки

На основі проведеного аналізу параметрів польоту малих безпілотних літальних апаратів встановлено особливості отримання аерофотознімків площини об'єкта. У ході дослідження було розроблено ключові рекомендації щодо вибору оптимальних параметрів польоту, правил виконання знімальних робіт, підбору фототехніки, принципів синхронізації зйомки, а також

визначення допустимої дальності польоту для забезпечення якісного збору даних.

Зважаючи на те, що встановлення гіростабілізованої платформи на малі БПЛА є неможливим через обмеження за вагою та габаритами корисного навантаження, існують жорсткі метеорологічні обмеження для проведення аерофотозйомки. Зйомка може здійснюватися лише за сприятливих погодних умов, що дозволяє отримати конденсовані та придатні до обробки матеріали[16]:

1) У безхмарну погоду фотографувати можна лише з 11:00 до 15:00, щоб уникнути сильних тіней, у похмуру погоду такі обмеження не потрібні.

2) Швидкість вітру під час аерофотозйомки не повинна перевищувати порогове значення 5 м/с, щоб уникнути значних відхилень у курсовому куті обладнання та зносу від лінії маршруту.

3) Щоб запобігти великим відхиленням кутів тангажу та крену та підтримувати стабільну висоту, аерофотозйомку слід проводити в умовах, коли пориви вітру не перевищують 2-3м/с.

Про принцип польоту та стабілізацію стрільби під час польоту:

1) Аерофотознімки не можна прив'язувати до періодів часу, оскільки перекриття між фотографіями вздовж маршруту має становити приблизно 70%, а відхилення від цього показника не повинно перевищувати 3%, але наступні положення повинні бути синхронізовані з маршрутом подорожі відповідно до наступне. дані GPS;

2) Щоб спостерігати постійність кута носа під час аерофотозйомки, фотографії, зроблені під час повороту з пройденого маршруту та маневру в західному напрямку на сусідньому маршруті, порівнювалися з прямим маршрутом із постійним значенням висоти. перед від'їздом. курсовий кут[23]

3) Побудова траси проводити паралельно ізолінії місцевості. Це означає, що перепади висот на місцевості, зафіксовані на аерофотозйомці вздовж одного маршруту, повинні бути мінімальними.

Гранично допустимі відхилення параметрів польоту БПЛА:

а) Висота $\pm 3\%$.

б) Кути крену та курсу $\pm 7^\circ$.

в) Кут нахилу $\pm 4^\circ$.

г) Перекриття зображення вздовж маршруту - $75\% \pm 5\%$ між маршрутами

$30\% \pm 5\%$;

Обов'язкові параметри камери для отримання умовної аерофотозйомки:

а) Роздільна здатність зйомки $> 14 \text{ Mrih}$;

б) Розміри фотоматриці: повний кадр або половина кадру.

в) Об'єктив: фіксована фокусна відстань, прибіл.

дорівнює діагоналі оптичної матриці.

г) наявність регульованої діафрагми;

д) Можливість налаштування дистанційного керування.

ж) Швидкість безперервної зйомки становить 1 кадр/секунду або вище.

РОЗДІЛ 2

КАЛІБРУВАННЯ КАМЕРИ PHANTOM 4 RTK

Щоб відкалібрувати камеру квадрокоптера Phantom 4 RTK у програмному середовищі Pix4DMapper, необхідно виконати захоплення та обробку даних відповідно до наступних критеріїв:

- Фотографування вузької ділянки в межах місцевості, де змінюється рельєф;
- Наявність або відсутність точок опори (10-20 балів)
- Забагато повторюваних знімків
- Кілька польотів на різних висотах
- Достатня кількість зображень (50-150)

Послідовність роботи з використаною програмою:

1. Створіть новий проект.
2. Імпортуйте зображення.
3. Налаштуйте властивості зображення.

3.1 (Необов'язково) Виберіть систему координат зображення: Виберіть систему координат зображення / опорної точки / джерела.

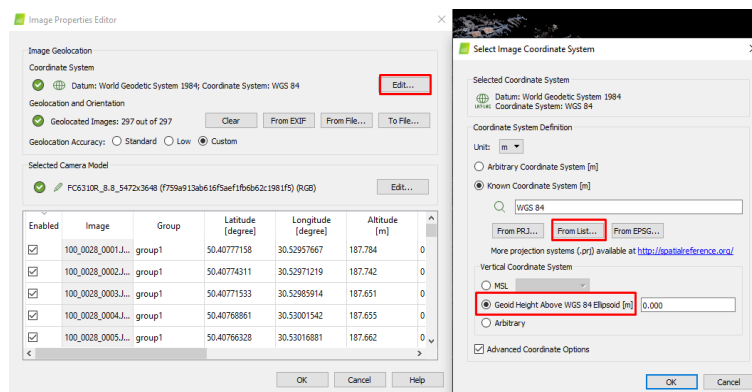


Рис. 2.1. Використання програми

3.2 (Необов'язково) Імпорт інформації про геолокацію та орієнтацію зображення.

Примітка: після імпорту геолокаційних даних зображення не забудьте скоригувати точність завантажених координат відповідно до рівня

достовірності

ix

визначення.

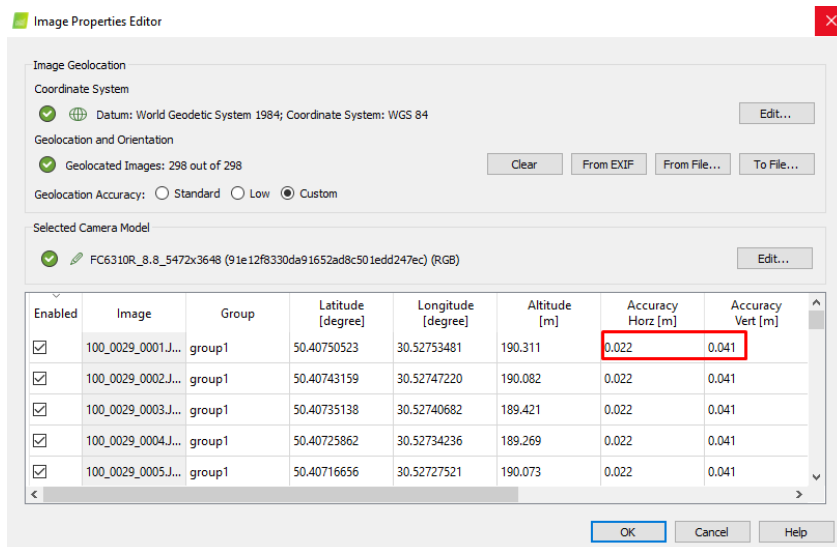


Рис. 2.2. Зміна геолокації

4. Вибрати шаблон для обробки параметрів. Якщо зображення було отримано методом GRID, виберіть 3D Mars. В іншому випадку виберіть 3D- Models.

5. Виберіть початкову систему координат.

6. У вікні локальна обробка виберіть Етап 1. Initial Processing та зніміть прапорці Етап 2. Point Cloud and Mesh та Етап 3. DSM, Orthomosaic та Index». Натисніть кнопку Start.

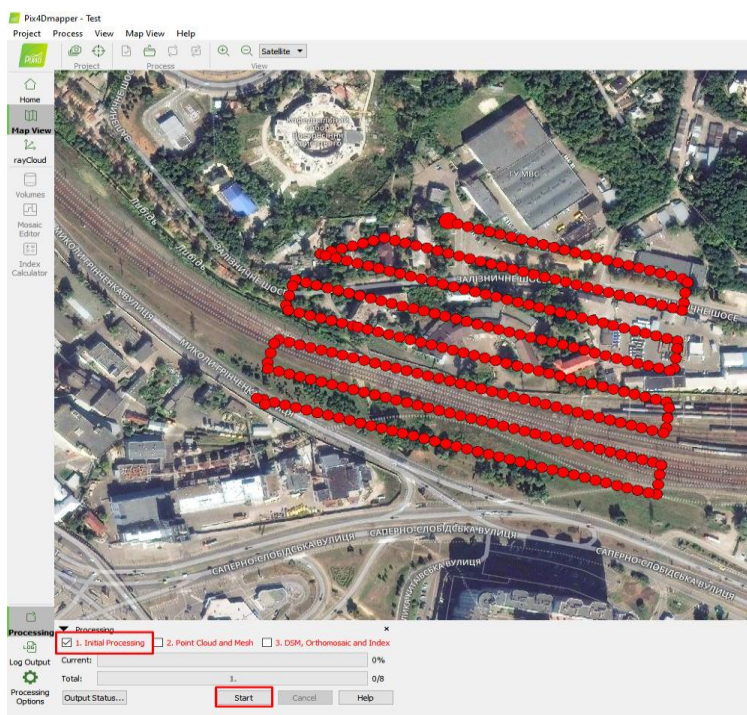


Рис. 2.3. Побудова маршруту

7. Імпорт наземних контрольних точок (GCP).

8. Позначте точки як опорні точки 3D GCP (принаймні на 3 зображеннях)

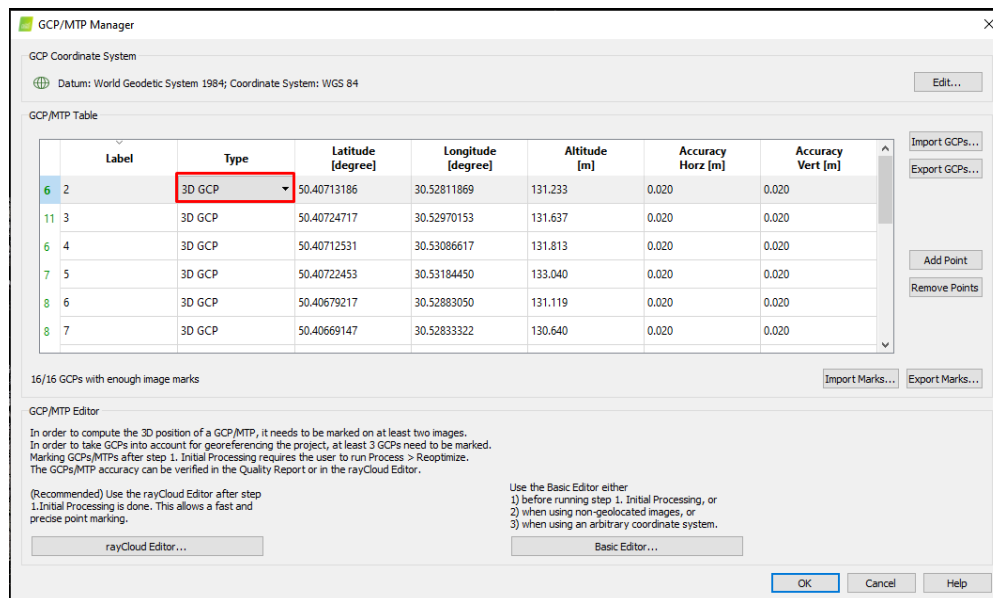
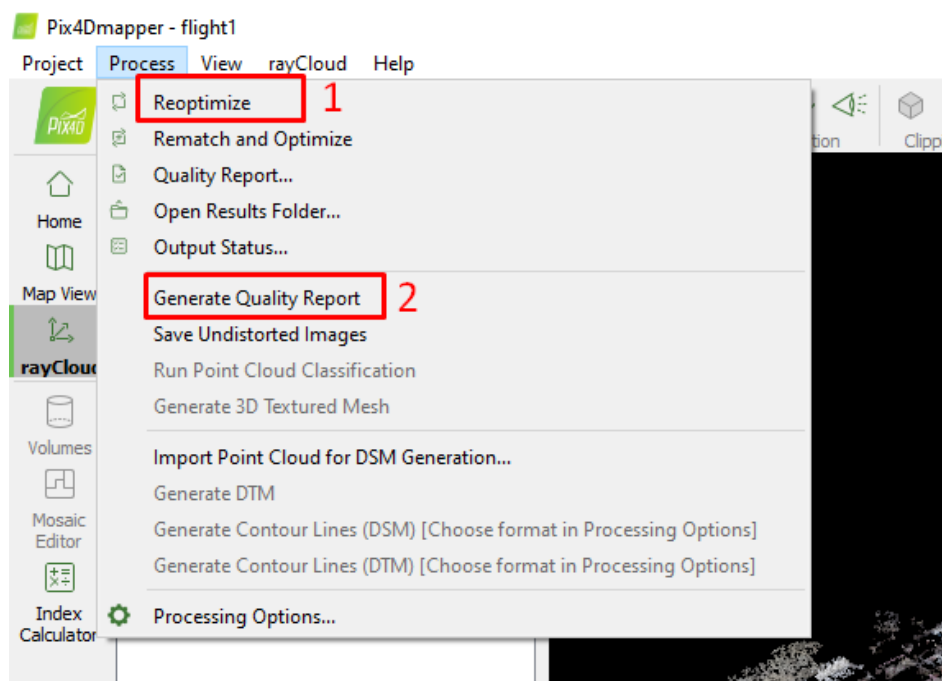


Рис. 2.4. Позначення опорних точок

9. Запустіть повторну оптимізацію та створіть звіт. Перевірте свою точність.

Рис. 2.5. Запуск повторної оптимізації



10. Після перевірки точності збережіть оптимізовані параметри камери, щоб ви могли використовувати їх як вихідні значення для інших проектів.

10.1 Натисніть Project>..., щоб відкрити редактор властивостей зображення.

10.2 У розділі Edit Camera Model натисніть Edit (Редагувати).

10.3 У розділі Camera Model натисніть Edit.

10.4 У розділі Camera Model Parameters натисніть Load Optimized Parameters.

10.5 У розділі Camera Model натисніть Save to BD.

10.6 У вікні Edit Camera Model натисніть кнопку OK.

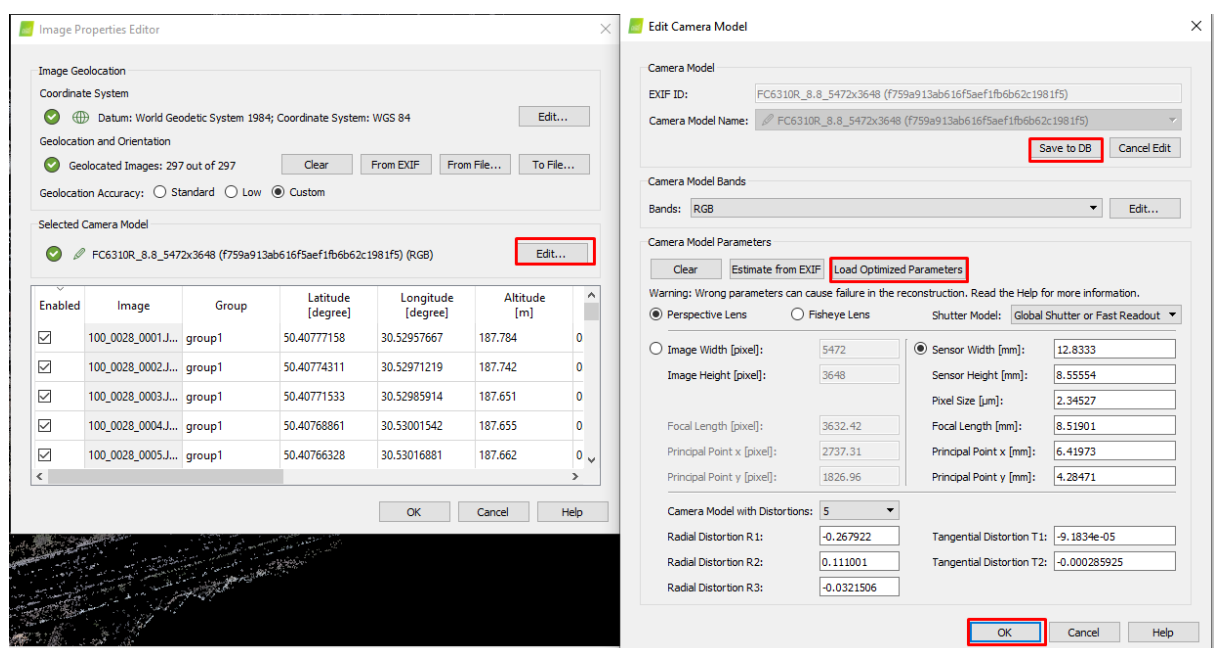


Рис. 2.6 Збереження оптимізованих параметрів камери

11. Налаштуйте GCP як контрольну точку Check Point

РОЗДІЛ 3

ТЕОРІЯ, АЛГОРИТМИ ТА МЕТОДОЛОГІЯ

3.1. Процедура аналізу картографування за результатами БПЛА

Процес аерофотозйомки за допомогою БПЛА умовно поділяється на три основні етапи: **планування польоту, збір даних та обробку зображень**. Лише шляхом порівняння та аналізу результатів можна обґрунтовано обрати та перевірити оптимальну методику планування, що є ключовим елементом логічного підходу в загальному процедурному аналізі.

У наступному розділі детально описано етапи картографування з використанням БПЛА — від калібрування камери та розробки траєкторії польоту до обробки отриманих зображень.

У ході дослідження було проведено низку тестових польотів. Результати обробки зображень стали основою для перевірки окремих висунутих припущень і методичних рішень. Дослідження присвячене 3D-картографуванню за допомогою БПЛА, з акцентом на процедурний підхід та оцінку його ефективності.

Калібрування камери. Внутрішня орієнтація — це внутрішня геометрія камери, яка існувала на момент створення знятого зображення, і її можна використовувати для перетворення піксельної системи координат зображення в простір системи координат. В основному елементи внутрішньої орієнтації в основному включають фокусну відстань, координати головної точки зображення та спотворення лінзи.

Основна точка визначається математично як перетин перпендикулярних ліній, що проходять через центр перспективи площини зображення. Відстань від головної точки до центру перспективи називається фокусною відстанню. Дисторсія лінзи погіршує точність позиціонування точок зображення, розташованих у плоскому зображенні. Зазвичай це ділиться на дві частини. Радіальне спотворення: певні точки зображення зміщуються всередину або

назовні від свого ідеального положення. Радіальне викривлення ідеально відцентрованої лінзи можна виразити як:

$$\delta_{\rho r} = k_1 \rho^3 + k_2 \rho^5 + k_3 \rho^7 + \dots \quad (1),$$

де k – коефіцієнт радіального спотворення, а ρ – радіальна відстань від головної точки площини зображення.

Ексцентриситет викривлення: оптичні центри елементів лінзи не є строго колінеарними. Тангенціальна дисторсія лінзи набагато менша за величиною, ніж радіальна дисторсія лінзи, тому її можна вважати незначною[27]

Калібрування камер, встановлених на безпілотних літальних апаратах (БПЛА), може здійснюватися за допомогою трьох основних методів: **лабораторних випробувань, польового калібрування або методів самокалібрування.**

Лабораторне калібрування зазвичай передбачає фотографування спеціальної калібрувальної мішені — сітки з рівномірно розміщеними контрольними точками. Аналогічний підхід застосовується і для польових умов, де знімання проводиться під час польоту над заздалегідь розміщеними на місцевості рівномірно розподіленими наземними контрольними точками (NCP).

Самокалібрування полягає у визначенні параметрів внутрішньої орієнтації камери безпосередньо в процесі польоту. Цей метод має певні переваги — зокрема, гнучкість і автоматизацію — однак його точність часто поступається результатам лабораторного або польового калібрування.

На сьогодні найбільш точними вважаються вдосконалені методики лабораторного та польового калібрування, особливо ті, що базуються на тривимірних калібрувальних мішенях. При проведенні таких калібрувань обов'язково слід враховувати низку факторів, що можуть впливати на точність вимірювань[8]:

- Розподіл і розташування контрольних точок на зображенні: аерофотограмметрія часто вимагає, щоб контрольні точки були рівномірно розподілені в площині зображення.
- Положення камери та вертикальний нахил: під час випробувань калібрування найкраще мати можливість повертати камеру на різні кути, щоб розрізнити радіальні та тангенціальні коефіцієнти викривлення.
- Шкала між тим, що калібрується, і тим, що вимірюється: кожна камера має власну глибину різкості. Це означає, що існує близька і далека межа відстані до об'єкта. Глибина різкості в основному залежить від фокусної відстані, заданої відстані до об'єкта та діаметра кола плутанини[11]. Як правило, фокусна відстань фіксується під час тестування, щоб досягти подібного кола плутанини діаметрів, тому, чим більше схожі розміри моделі об'єкта та вимірюваного об'єкта, тим точнішим буде калібрування.
- Фокусна відстань. БПЛА під час польоту часто стоять нерухомо. Крім того, дифракція світла, вплив атмосферної рефракції, вплив кривизни Землі та інші фактори можуть спотворювати отримане зображення, і одним з загальних недоліків є світло, що падає від центру. До краю зображення [11]

Цей ефект (наприклад, викривлення зображення) можна зменшити за допомогою спеціальних лінз і методів постобробки. Корекцію можна здійснити за допомогою програмного забезпечення, такого як Adobe Photoshop або форматних конвертерів.

Під час етапу вирівнювання фотографій у програмі PhotoScan (нині відома як Agisoft Metashape), система оцінює як внутрішні, так і зовнішні параметри орієнтації камери, зокрема такі, як нелінійні радіальні викривлення. Для підвищення точності рекомендується проводити незалежне калібрування для фотографій, отриманих із різних камер.

Після завантаження зображень PhotoScan автоматично формує групи калібрування, орієнтуючись на роздільну здатність зображень і метадані EXIF

(наприклад, тип камери та фокусна відстань). Усі дії, що стосуються калібрування, можуть застосовуватися окремо до кожної групи. Користувач також має можливість вручну змінювати склад груп, створювати нові групи калібрування та переміщувати фотографії між ними відповідно до потреб проекту.

Виберіть фотографії, які потрібно перемістити, і перетягніть їх до цільової групи ліворуч від камери. Щоб помістити кожну фотографію в окрему групу, скористайтеся командою «Розділити групу». Типи камер PhotoScan підтримує чотири основні типи камер: рамкові камери, камери типу «риб'яче око», сферичні камери та циліндричні камери. Якщо вихідні дані калібрувальної групи були отримані за допомогою кадрової камери, інформація про приблизну фокусну відстань (у пікселях) потрібна для правильної оцінки параметрів орієнтації камери.

Очевидно, що для розрахунку значення фокусної відстані в пікселях достатньо мати наступну інформацію: фокусна відстань у мм та її значення. Розмір пікселя датчика (мм). Як правило, ці дані автоматично витягуються з метаданих EXIF. Рамкова камера з об'єктивом "риб'яче око". Стандартна модель камери PhotoScan не може успішно оцінити параметри камери, якщо для необроблених даних використовується дуже ширококутний об'єктив. Види фотоапаратів "риб'яче око". Цей параметр ініціалізує реалізацію різних моделей камер залежно від надширокого діапазону спотворень об'єктива. Сферична камера (прямокутна проекція).

Якщо вихідні дані калібрувальної групи отримані зі сферичної камери, достатньо вказати тип камери, щоб програма автоматично розрахувала параметри орієнтації. Додаткові відомості не потрібні, за умови, що зображення представлене у рівнопрямокутній проекції.

У випадку, коли вихідними даними є серія панорамних знімків, зшитих за циліндричною моделлю, також достатньо вручну встановити тип камери і виконати розрахунок параметрів орієнтації без потреби у додатковій інформації.

Якщо ж завантажене зображення не містить жодних метаданих, програмне забезпечення PhotoScan автоматично приймає фокусну відстань за замовчуванням — 50 мм (еквівалент 35 мм плівкової камери).

Однак вирівнювання може бути невдалим, якщо початкове припущення суттєво відрізняється від фактичної фокусної відстані. Тому, якщо ваші фотографії не містять метаданих EXIF, ми рекомендуємо вручну вказати фокусну відстань (мм) і розмір пікселя датчика (мм). Зазвичай ці дані вказуються в специфікаціях камери або їх можна отримати з Інтернет-джерел[22]

Перевірка калібрування камери. Відкрийте меню Інструменти → Вікно калібрування камери. За замовчуванням PhotoScan оцінює внутрішні параметри камери під час вирівнювання та оптимізації камери на основі початкових значень, отриманих із EXIF. Для розміру пікселя та фокусної відстані (обидва в мм). Оскільки його немає в зображеннях EXIF, його можна ввести вручну у вікні калібрування камери перед обробкою відповідно до даних, отриманих із специфікацій камери та об'єктива. Якщо ви використовуєте попередньо відкалібровану камеру, ви можете завантажити дані калібрування в одному з підтримуваних форматів за допомогою кнопки «Завантажити» у вікні. Щоб PhotoScan не коригував значення попереднього калібрування під час обробки, потрібно встановити прапорець «Виправити калібрування». PhotoScan може обробляти зображення, зроблені різними камерами в рамках одного проекту. У цьому випадку в лівій рамці вікна калібрування камери відображаються кілька груп камер, розділених за замовчуванням відповідно до роздільної здатності зображення, фокусної відстані та розміру пікселів. Ви також можете вручну розділити групи калібрування, якщо це необхідно. Якщо ви використовуєте надширококутний об'єктив або об'єктив «риб'яче око», рекомендуємо змінити тип камери з кадру (за замовчуванням) на «риб'яче око» перед обробкою для перегляду.

Планування польотів і збір даних Польоти БПЛА можуть бути автономними, напіваавтономними або керованими вручну. Останніми роками

тенденція у зображенні була спрямована на автономний політ, що робить планування польоту дуже важливим. Однак деякими системами можна керувати лише вручну, а автономні польоти в деяких регіонах заборонені з міркувань безпеки. Інша важлива причина для ручного керування - це збереження стабільності[25] Це тому, що в погану погоду, особливо при відносно сильному вітрі, неможливо контролювати точну конфігурацію блоку за допомогою автономної моделі. Тому ручне керування полегшує корекцію зображення на етапі постобробки. Крім того, при проектуванні траєкторій і маршрутів польоту відповідно до параметрів проекту однієї програми необхідно враховувати три різні випадки:

- Моделювання рівнинних або середніх поверхонь рельєфу
- Моделювання нерівних або гірських територій
- Моделювання тривимірних будівель або інших об'єктів в основному, перша і друга — це карти рельєфу або топографічні карти, а третя називається 3D-реконструкцією або моделюванням.

Планування польоту для 3D-реконструкції є значно простішим, тому ця стаття містить лише короткий огляд. Основна увага зосереджена на плануванні польоту для картографування місцевості, що буде розглянуто детальніше у подальших розділах.

Що стосується 3D-моделювання будівель та споруд, як вже згадувалося, деякі продукти, наприклад орто-мозаїки, у цьому випадку не є необхідними. Тож збір даних та створення 3D-моделі проходять досить просто. Зазвичай немає потреби підтримувати постійний рівень польоту або фіксований рівень перекриття знімків, що можна реалізувати як під час ручного, так і автоматичного керування дроном.

Як правило, для моделювання окремої конструкції (наприклад, будівлі) застосовується автоматичний політ за колом навколо об'єкта, як показано на схемі Path1 (червоним).

Крім того, якщо вам потрібні деталі окремої поверхні, наприклад поверхні будівлі, ви можете додати її під Path2 (зелений) для більшої

деталізації та точності, якщо вам це особливо потрібно. В основному роторні БПЛА, такі як мультикоптери, підходять для цього застосування завдяки своїй гнучкості. Планування шляху для 3D структурної реконструкції планування польоту для картографування місцевості:

Планування польоту для картографування місцевості набагато складніше, ніж 3D реконструкція. Розробка плану польоту зазвичай визначається параметрами проекту, які відрізняються від проекту до проекту. Цей крок вимагає реалізації деяких математичних алгоритмів.

Наступна частина розділена на дві частини. У першій частині подано логічну схему планування карт місцевості. Друга частина описує процес картографування території, включаючи початковий етап планування та наступний етап роботи. Логічний хід планування картографування місцевості. Планування польоту картографування місцевості є проблемою безпеки польотів, тому важливо отримати бажану точність і точність даних (відображених у висоті польоту та якості зображення на етапі планування).

Польоти БПЛА слід ретельно планувати, щоб отримати якісний і повноцінний набір даних. По-перше, сучасна постобробка фотограмметричних даних з БПЛА включає три основні етапи: зіставлення зображень, структуру з руху (SfM) та багатоплощинне стереозображення (MVS). Для успішного виконання кожного з цих кроків необхідна наявність перекриваючихся знімків — тобто лише ті зображення, які мають спільні ділянки з іншими, можуть бути використані у процесі обробки. Тому забезпечення достатнього перекриття зображень є першочерговим і найважливішим аспектом планування.

По-друге, різні типи БПЛА вимагають різного рівня точності, що потребує врахування відповідних параметрів залежно від поставленої задачі.

По-третє, умови польоту, такі як швидкість вітру та рельєф місцевості, також суттєво впливають на якість збору даних і мають бути враховані для досягнення високої точності картографування. Основна логічна схема розробки плану польоту показана на наступному малюнку. Найважливішими

факторами, що впливають на планування польоту БПЛА, є висота польоту, відсоток перекриття входу, вітер і рельєф місцевості. Серед цих чотирьох факторів швидкість перекриття вхідних даних і висота польоту можуть бути визначені заздалегідь і змінені відповідно до вимог диспетчера. З іншого боку, вітер і рельєф можна лише приблизно вивчити або передбачити, і можуть знадобитися коригування плану польоту. Змінено відповідно.

Деталі теорії та використаних алгоритмів пояснюються нижче.

Початковий етап планування: на початковому етапі планування основною ідеєю, реалізованою в цій роботі, є спрощення 3D-сценарію до 1D. Це означає, що тривимірна траєкторія польоту повинна бути спрощена до окремих точок на одній загальній площині.

Якщо планування польоту здійснюється у світовій системі координат, GPS/INS забезпечує навігаційні вимоги, адже GPS відповідає за позиціонування точок. Ці точки, які використовуються під час польоту БПЛА, називаються маршрутними точками. Важливим аспектом є також синхронізація GPS із датчиком камери. Під час польоту необхідно гарантувати, що фотографії робляться одночасно з фіксацією GPS-координат маршрутної точки, щоб знімки автоматично отримували геотеги.

Одним із способів досягти цього є синхронізація часу камери з GPS за допомогою сигналу пульсу в секунду (1PPS). Проте цей метод має свої обмеження: по-перше, корисне навантаження малих БПЛА зазвичай не перевищує 500 грамів, через що вони не можуть нести професійні аерофотокартографічні камери, а лише легкі компактні пристрої, які часто не підтримують точне проміжне налаштування зйомки. Використання внутрішнього таймера компактної камери зазвичай обмежує мінімальний інтервал між знімками приблизно 10 секундами, що може бути недостатнім для деяких завдань.

Набагато складніше синхронізувати дані з положеннями орієнтирів GPS, оскільки автопілот і годинник камери можуть збиватися. Крім того, на швидкість платформи БПЛА під час польоту може впливати багато різних

факторів, встановлення постійного часу ніколи не дозволить точно визначити зображення орієнтира.

Таким чином, більшість сучасних карт рельєфу використовують електричне з'єднання між бортовою системою GPS і камерою та запускають камеру для зйомки, коли GPS потрапляє на визначені шляхові точки. У наступному розділі ви повинні спочатку обговорити висоту польоту та відсоток перекриття об'єктів, щоб виявити вплив цих двох факторів на картографування БПЛА.

Висота польоту безпілотного літального апарата безпосередньо впливає на якість отриманих зображень і має важливе значення для їх подальшої обробки на основі візуальних даних. По-перше, як було зазначено раніше, точність наземних відборів проб та масштаб (роздільна здатність місцевості) зазвичай визначаються для конкретної моделі БПЛА. Приблизну оцінку точності всієї стереомоделі перед початком вимірювань можна отримати за допомогою практичних формул, де масштабним числом виступає фокусна відстань камери, а точність вимірювань на зображенні зазвичай становить від $1/5$ до $1/2$ пікселя.

Якщо для конкретного проекту точність не визначена, нижча висота польоту дозволяє отримати більший масштаб фотографії, що означає вищу роздільну здатність знімків або менший розмір пікселя на землі (GSD). Вища роздільна здатність, у свою чергу, сприяє отриманню більш детальної цифрової моделі місцевості (DSM) із фотознімків.

Крім того, вища роздільна здатність дозволить точніше ідентифікувати об'єкти на фотографіях, що підвищить точність. Випробування висоти польоту. Було проведено кілька випробувань, щоб перевірити вплив висоти польоту на результати. Відсоток перекриття вхідного сигналу: по-перше, відсоток перекриття вхідного сигналу впливатиме на області перекриття. Якщо висота польоту, фокусна відстань тощо залишаються незмінними протягом усього польоту, чим більший відсоток перекриття, тим більша

площа. Менший відсоток перекриття вхідних даних зменшить кількість ліній польоту і, отже, зменшить час польоту.

Однак, оскільки площа візерунка, створеного фотографіями, фактично обмежена загальною кількістю областей, що перекриваються, менший відсоток перекривання також означає меншу загальну площу між суміжними фотографіями, а отже, може призвести до гіршої постобробки - нижчої точності. Загалом, для великої платформи БПЛА має бути передбачено принаймні 60% перекриття по ширині (спереду) і 25% перекриття по довжині (збоку). Для малого БПЛА ці два значення зазвичай встановлюються на 75%+ і 65%+ (Ir, AWL, 2005). Алгоритми розрахунку опорних точок конструкцій БПЛА висотою польоту H , фокусною відстанню f , розміром датчика s' і покриттям місцевості S Як показано на малюнку вище, на етапі проектування ми спочатку розглянемо найпростіший випадок (ідеальна ситуація), коли траєкторія польоту паралельна поверхні землі. З рівняння можна розрахувати приблизну висоту польоту на основі необхідної GSD. Тоді на цьому етапі можна записати два рівняння [9], які виражають зв'язки між вищевказаними параметрами. Фокусна відстань зазвичай встановлюється як найкоротша і зазвичай залишається незмінною під час польоту для досягнення максимально можливого охоплення та рівномірного масштабу зображення. Таким чином, покриття поверхні зображення можна розрахувати за допомогою наведених вище рівнянь.

Вказаний відсоток перекриття використовується для обчислення орієнтирів у поєднанні з зображеннями земного покриття. Маршрутні точки, записані у текстовому файлі, можуть бути перетворені у реальну систему координат, а потім експортовані та інтегровані у систему управління польотом. Ця система трансформує координати та додаткові параметри у команди керування, які у подальшому виконуються БПЛА. Залежно від рівня автономності, безпілотник може самостійно пересуватися між маршрутними точками під час польоту.

Наступним етапом є перегляд отриманих зображень. На початковому етапі планування, про який йшлося раніше, одновимірні маршрутні точки були визначені на основі висоти польоту, відсотка перекриття та інших відомих параметрів. У теоретично ідеальних умовах цього достатньо для виконання польоту БПЛА, і багато програм для планування не враховують подальший етап. Такий підхід може бути прийнятним для великих пілотованих літаків, але при картографуванні місцевості за допомогою невеликих БПЛА, що літають на низьких висотах із легкими платформами, потрібно враховувати численні фактори впливу — вітер, нерівності рельєфу тощо. Для отримання кращих результатів слід врахувати всі ці фактори, а також забезпечити оптимальну геометрію для стереозйомки.

Наступний крок обробки полягає у додаванні орієнтації камери до опорних точок, що перетворює одновимірні координати у тривимірну геометрію. При фотограмметричному картографуванні за допомогою БПЛА існує загальна вимога виконувати політ на постійній висоті та рівні над поверхнею, щоб забезпечити однорідний масштаб зображень. Водночас, через низьку висоту польоту та специфіку алгоритмів обробки зображень БПЛА, які нагадують фотограмметрію з закритим променем, необхідно забезпечити дотримання геометрії епіполярних ліній для коректної обробки. Ці два фактори ускладнюють планування польоту БПЛА. Оптимальну траєкторію польоту з урахуванням орієнтації камери для збіжних зображень можна спланувати, як показано на наведеному нижче малюнку.

Хороша орієнтація зображення Як ви бачите, лінія польоту все ще залишається прямою для досягнення рівномірних масштабів зображення, тоді як відносно змінена орієнтація платформи (камери) може забезпечити кращу геометрію для обробки зображень. Злегка нахилений кут камери можна досягти за допомогою бортового компаса через автопілот. Інший простіший спосіб полягає в польоті БПЛА під певним кутом до траєкторії польоту (у випадку літака з нерухомим крилом без посадочних опор).

Таким чином, зображення, зроблені на суміжних каналах, створять конвергентну геометрію, придатну для постобробки. Вітер в основному матиме два впливи на фотограмметричний дисплей БПЛА – він збільшить турбулентність на платформі та зменшить перекриття зображень [12]

Турбулентність платформи може змінюватися через сильний вітер. Як згадувалося вище, невеликі БПЛА мають нестабільні платформи зображення, оскільки на них легко впливає вітер під час польоту. Як наслідок, блоки зображень часто складаються із суміші деформованих і майже вертикальних зображень, і ці спотворені зображення, ймовірно, буде важко ортотрансформувати під час обробки[4]

Що ще важливіше, необхідно враховувати питання безпеки, пов'язані з вібрацією платформи. При виборі БПЛА велике значення має здатність безпечно працювати при вітрі. Швидкість вітру на висоті польоту завжди є одним із перших факторів, які враховуються перед польотом. На відкритих полях швидкість вітру, ймовірно, не сильно відрізняється від висоти землі та висоти польоту, тоді як у містах будівлі, дерева та наземні формування часто блокують або зменшують вплив наземного вітру, значно сильнішого вітру, який відчують БПЛА. під час польоту. Тому перевіряйте інформацію про швидкість вітру перед кожним польотом, щоб забезпечити вашу безпеку.

Видиме перекриття зображень часто впливає вітер. Оскільки під час польоту використовується режим маршрутних точок GPS, одним із способів мінімізувати цей ефект є попередня перевірка напрямку вітру над ділянкою зйомки та виконання польоту безпілотною в напрямку вітру — вгору або вниз — а не під боковий вітер. Боковий вітер зазвичай спричиняє появу так званого «крабового кута», коли траєкторія польоту залишається незмінною (відповідає напрямку руху БПЛА), але напрямок голови апарата відхиляється під кутом до траєкторії. В результаті знімки робляться з боковим нахилом один відносно одного, що призводить до зменшення зон перекриття. На практиці напрямок вітру може змінюватися під час польоту, тому його важко передбачити перед кожним польотом. Наразі деякі бортові датчики пілотів БПЛА можуть

вимірювати напрямок і вектор вітру на основі швидкості землі та повітря. Якщо розрахований кут нахилу краба перевищує певне значення, скажімо, 15 градусів, конструкційне накладення може бути серйозно пошкоджено для малого БПЛА. Єдиний вихід - дочекатися, поки вітер вщухне або відсоток перекриття входу збільшиться, перш ніж літати.

З огляду на поверхню землі: природну поверхню землі дуже важко змодельовати, навіть попереднє сканування CMV можна отримати для цікавої області перед польотом, БПЛА не можуть літати повністю відповідно до конкретних характеристик поверхні. По суті, двовимірну лінію можна отримати з існуючої моделі поверхні (наприклад, CMV), обчисливши шлях потоку за контурами, як показано на малюнку нижче. Потім виділений шлях потоку можна ще більше спростити. Нарешті, можна отримати чотири типи спрощених двовимірних ліній, що представляють поверхні землі, як показано на рис. 8 нижче. Загалом більшість поверхонь землі можна спрощено розділити на один із чотирьох типів або їх комбінацію.

Для різних типів місцевості слід використовувати різні стратегії польоту. Для кожного з них передбачено кілька можливих планів польоту:

- Сухопутний потік йде по найкрутішій траєкторії;
- Розповсюджується на плоскі ділянки (комірки однакової висоти)
- Зупиняється на западині (усі навколишні комірки вищі).

Намальований маршрут течії можна додатково спростити. В результаті виділяють чотири основні типи спрощених двовимірних ліній, що описують поверхню місцевості. Загалом більшість земельних ділянок можна класифікувати як один із цих типів або їх комбінацію.

Для кожного типу місцевості існують різні варіанти планування польоту. Наприклад, план польоту для першого сценарію — простого рельєфу — є найбільш легким і не вимагає врахування багатьох обмежень. Такий тип лінії, як правило, відповідає рівнинним територіям, наприклад міським паркам або заповідникам. Базові контрольні точки, сформовані на основі початкового положення камери та її орієнтації (про що йдеться в розділі «Геометричні

міркування»), можна застосовувати без змін. План польоту для сценарію 2: у гірській або іншій екстремальній місцевості підтримувати відповідні умови складно або навіть неможливо: «проміжки» між пострілами можуть утворюватися через надмірну місцевість, якщо літати лише паралельними лініями польоту. Однак цей «газ» можна «заповнити» смугами, що летять на різній висоті та перпендикулярно початковій траєкторії польоту, як показано на малюнку нижче, де червоні лінії — початкові смуги польоту, а зелені — коригувальні смуги, які потребують бути заповненими. можливі «розриви». Для планування польоту над гірською місцевістю необхідно добре знати зміни висоти, щоб уникнути зіткнень і забезпечити правильну схему польоту.

План польоту для сценарію 3: Це відбудеться, якщо необхідно отримати деталі поверхні набору висоти або спуску. Якщо в цій ситуації використовується прямий політ, площа накладання зображення між двома сусідніми смугами зменшуватиметься вгору. Тому, якщо між початковою та кінцевою точками є великі перепади висоти, рекомендовані головні та бічні перекриття та висота польоту повинні бути розроблені для найвищої точки на землі, щоб можна було виконати основні вимоги до конструкції. зустріти. Крім того, для забезпечення безпеки, БПЛА повинен злітати з найвищої точки.

3.2 Обробка зображень

З розвитком невеликих БПЛА на цивільному ринку, найкращі рішення постобробки для обробки захоплених зображень стали гарячою темою досліджень за останні кілька років. Традиційне програмне забезпечення, таке як LPS, INPHO тощо, насправді підходить для використання у великій пілотованій аерофотограмметричній платформі та високоточних датчиках (наприклад, GPS/IMU/vision). Якщо точність низька, вбудований GPS або програмні пакети БПЛА зазвичай не дають достатніх результатів. Більшість цих пакетів програмного забезпечення фактично використовують подібні алгоритми для порівняння зображень і генерування розріджених 3D-хмар точок, але є процедурна різниця для 3D-хмар точок (Deshogue, 2013).

Інші програмні комплекси фотограмметрії закритого типу, такі як VisualSFM, Bundler, PMVS та сучасне програмне забезпечення SURE, також здатні обробляти зображення БПЛА з низькою якістю у заданій системі координат. На сьогодні вирівнювання зображень є автоматизованим процесом, який дозволяє знаходити та вимірювати відповідні точки на перекриваючихся ділянках кількох знімків. Через великий обсяг даних, отриманих з дрона, часто застосовується метод піраміди зображень. Основні підходи до зіставлення зображень БПЛА поділяються на два типи: на основі області та на основі об'єктів.

Сучасні фотограмметричні програми для БПЛА поєднують обидва ці методи, що дозволяє отримувати більшу кількість ключових точок збігів з підвищеною точністю.

Зіставлення площ (ABM) є класичним методом, який використовується в традиційній аерофотограмметрії, але рідко обговорюється в останніх публікаціях. ABM використовує значення сірих пікселів для опису відповідних об'єктів. В алгоритмах ABM невелике вікно пікселів у відповідних зображеннях статистично порівнюється з вікнами такого ж розміру в еталонному зображенні. Таким чином, припущення ABM полягає в тому, що розподіл рівнів сірого відповідного зображення та еталонного зображення має бути досить подібним, а значення сірого пікселів пов'язане з орієнтацією зображення, масштабом зображення, налаштуваннями камери та освітленням тощо, з меншим.

Якість зображення БПЛА (порівняно з пілотованими літаками) зазвичай не відповідає вимогам ПРО. Таким чином, зіставлення на основі функцій тепер стає найважливішою технікою зіставлення зображень БПЛА. Спочатку його потрібно застосувати до зображень БПЛА, щоб отримати початкові відповідні пари. Потім ви можете застосувати зіставлення на основі області, щоб отримати точніші пари ключових точок. Scale Invariant Feature Transformation (SIFT) є найпоширенішим сьогодні алгоритмом зіставлення на основі ознак. Його опублікував Девід Лоу в 1999 році та переглянув у 2004 році [13]

Функції виявлення незмінні щодо масштабу та обертання зображення та забезпечують надійне коригування широкого діапазону афінних спотворень, змін 3D-точок огляду, додаткових змін шуму та освітлення.

1. Виявлення та виділення ознак.

На першому кроці обчислень здійснюється пошук усіх зображень, щоб знайти розташування потенційних точок інтересу. Функція різниці Гауса (DOG) використовується для визначення цих незмінних за масштабом і орієнтацією місць. Зверніть увагу, що багато з цих потенційних місць є особливими точками, такими як кути об'єктів, краї тощо. Ключові точки потім вибираються в цих 61 місцях на основі стабільності. Потім кожній ключовій точці призначається одна або кілька орієнтацій на основі місцевих напрямків градієнта зображення. Нарешті, локальні градієнти зображення вимірюються у вибраному масштабі в області навколо кожної ключової точки

2. Відображення функції

Зіставлення функцій між двома зображеннями — еталонним і відповідним — полягає у пошуку найкращого збігу для кожної ключової точки еталонного зображення. Це здійснюється шляхом знаходження найближчого сусіда серед ключових точок у базі даних, сформованій з відповідного зображення. Найближчим сусідом вважається точка з мінімальною евклідовою відстанню між векторами інваріантних дескрипторів. Проте більш точним і ефективним є метод, який порівнює відстань до найближчого сусіда з відстанню до другого найближчого сусіда. Нижче наведені формули для відображення цих функцій:

$$\begin{aligned}
 R_i &= (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{i128}) \\
 S_i &= (s_{i1}, s_{i2}, \dots, s_{i128}) \\
 d(R_i, S_i) &= \sqrt{\sum_{j=1}^{128} (r_{ij} - s_{ij})^2}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Опис ключових точок на еталонному зображенні та відповідних точок на іншому зображенні повинен забезпечувати подібність між будь-якими двома збіжними точками, де відстань до найближчого сусіда позначається як $R_i R_{iR_i}$. Для відповідного зображення також враховується відстань до другого найближчого сусіда $R_i R_{iR_i}$.

Зіставлення функцій у великих наборах даних БПЛА є складним, оскільки для більшості проектів потрібно зіставити понад два зображення. Процес зіставлення кожної пари з сотень зображень є надзвичайно трудомістким. Саме тому деякі програмні пакети використовують спрощені методи, які залучають вбудовані GPS/IMU дані для підвищення ефективності. Одним із способів покращити продуктивність є використання GPS/IMU для оптимізації процесу зіставлення пар зображень [12]:

Оцінка приблизних областей збігу на основі даних GPS і пошук точок збігу зображення в області збігу. Щоб покращити швидкість збігу, зменшіть простір пошуку на 10% більше, ніж приблизна площа перекриття на основі малюнка нижче. На рис. 3.1. показано метод накладання, де заштрихована область є фактичною областю накладання, а область усередині пунктирної лінії є простором пошуку ключової точки.

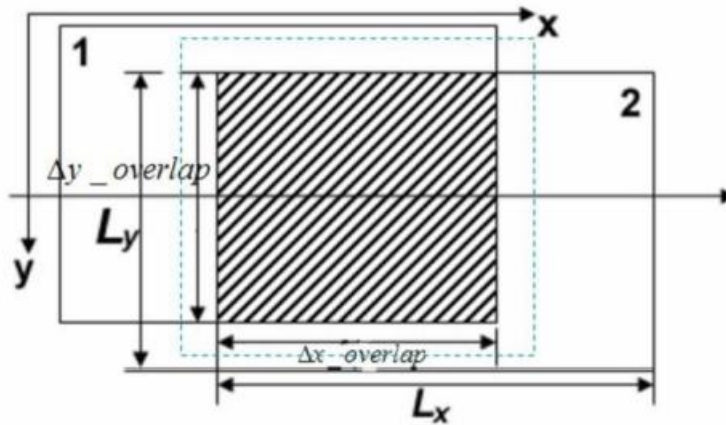


Рис. 3.1 Один із методів накладання

Однак цей метод спрощення підходить лише для БПЛА з відносно високою точністю GPS, БПЛА з низькою точністю GPS на борту або за деяких обставин, коли сигнал GPS слабкий або сильний вітер (сильні умови на вібрація платформи спричиняє велику різницю між фактичним і прогнозованим застосуванням), цей метод може спричинити серйозні проблеми і тому зазвичай невдалий.

Звичайно, повне попарне зіставлення для всіх вхідних зображень у великому проекті БПЛА є одним із трудомістких кроків більшості час. Однак, якщо відповідні пари можна звести до різних підмножин, продуктивність значно зростає. Крім того, загальне обчислення також може бути зменшено [13].

Фактично, через типовий відсоток перекриття, різноманітність точок огляду та великі площі, які охоплюють великі БПЛА, більшість зображень на початку польоту не перекриваються з тими, що зроблені наприкінці, як показано на наведеній ілюстрації. Тому значну економію часу на зіставлення можна досягти, якщо надійно та ефективно визначити підмножини зображень.

У проектах аерозйомки підмножини вибирають на основі заздалегідь відомого відсотка перекриття, GPS-даних з борту та класифікації видимості (наприклад, за допомогою перевірки, які зображення мають перекриття). Після ідентифікації цих підмножин, зіставлення ключових точок проводять лише

між парами зображень усередині однієї підмножини, а міжпідмножинне зіставлення можна виконувати паралельно.

Таким чином, для набору з n зображень загальна кількість обчислень зменшується залежно від кількості і розміру підмножин. Програмне забезпечення Agisoft Metashape Professional (раніше Photoscan) підтримує налаштування для генерації щільних хмар точок із геоприв'язкою, текстурованих багатокутних моделей, цифрових моделей рельєфу та ортомозаїк на основі набору зображень, накладених на відповідні довідкові дані.

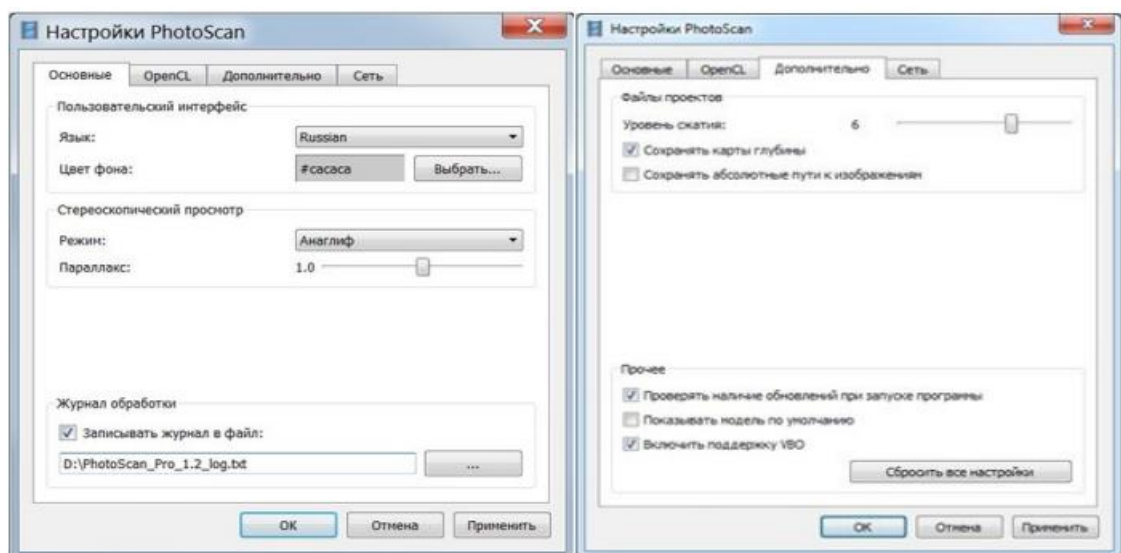


Рис. 3.2 Робочий процес для набору зображень наземних контрольних

Для додаткової інформації про параметри фотосканування потрібно встановити такі значення параметрів на вкладці «Загальні»:

- Стереорежим: анагліф (використовуйте апаратне забезпечення, якщо ваша графічна карта підтримує Quad Buffered stereo)
- Стерпараллакс: 1.0 Файл, де Agi soft Metashape I

Перевірте налаштування GPU, виявлені PhotoScan у діалоговому вікні. Виберіть «Використовувати ЦП», якщо використовується менше двох графічних процесорів. Встановіть наступні значення параметрів на вкладці «Додаткова інформація»:

- Рівень стиснення проекту: 6
- Зберігати глибину карти: Увімк.
- Зберігати абсолютний шлях зображення: Вимк.
- Перевіряти наявність оновлень під час запуску програми: Увімк.
- Увімкнути підтримку VBO: Увімк.

3.3. Завантаження фотографій

Перед початком операції потрібно визначити, які фотографії будуть використані для 3D-реконструкції. Фото не завантажуються в PhotoScan одразу — під час «завантаження» вказують лише ті знімки, що будуть оброблятися.

Якщо кілька фото зроблені з однієї позиції (камерної станції), їх потрібно об'єднати в групу камер і позначити як камерну станцію. Важливо, щоб відстані між камерами у групі були значно меншими за мінімальну відстань до об'єкта.

Для 3D-моделі необхідна мінімум дві камери з перекриттям, але панорамні знімки з однієї камери також можна експортувати.

Завантажені фотографії відображаються на панелі робочої області з прапорцями, що вказують на їхній статус. Між фотографіями можуть з'являтися такі позначки: NC (Not Calibrated) означає, що доступних даних EXIF недостатньо для оцінки фокусної відстані камери. У цьому випадку PhotoScan припускає, що фотографію, про яку йде мова, зроблено за допомогою об'єктива 50 мм (еквівалент 35-мм плівки). Якщо фактична фокусна відстань значно відрізняється від цього значення, може знадобитися ручне калібрування.

NA (невирівняний) означає, що параметри орієнтації зовнішньої камери не оцінюються для поточних знімків. Зображення, передані у PhotoScan, не будуть вирівняні, доки ви не завершите наступний крок вирівнювання фотографій. Мультиспектральні зображення. PhotoScan підтримує обробку мультиспектральних зображень, збережених як багатоканальні

(односторінкові) файли TIFF. Нові етапи роботи, мультиспектральні спостереження, спостереження за берегами каналів, які можна використовувати для захисту берегів річок. Коли ви експортуєте ортомозаїку, усі 66 спектральних смуг цього разу обробляються для створення мультиспектральних чашок ортомозаїки, як у вихідних зображеннях. Загальна процедура обробки мультиспектральної інформації полягає у виборі зі звичайної процедури для звичайних фотографій, за винятком додаткового кроку в новому каналі, який продовжується після додавання зображення до проекту. Щоб отримати найкращі результати, виберіть максимально чітку та детальну смугу спектру.

PhotoScan підтримує обробку мультиспектральних даних, зібраних кількома синхронізованими камерами, що працюють у різних спектральних діапазонах. Програма оцінює окреме калібрування для кожної камери та їх орієнтацію у внутрішній конфігурації. За замовчуванням припускається, що синхронізовані камери мають однакове просторове положення. Якщо камери розташовані інакше, PhotoScan дозволяє задати приватне зміщення камери.

Також PhotoScan підтримує обробку відеоданих, що корисно для швидкого управління сценою — ця функція розвивається.

Щоб додати фотографії, у меню «Робочий процес» виберіть «Додати фотографії» або натисніть відповідну кнопку на панелі інструментів. У діалоговому вікні виберіть потрібні файли. Якщо відомі положення камер, їх можна завантажити для кращого моделювання; цей крок необов'язковий.

Відкрийте панель «Посилання» відповідною командою меню «Координати маркера». Виберіть файл, що містить інформацію про положення камери. Найпростіший спосіб - завантажити простий файл із роздільниками (*.txt, *.csv), що містить координати x і y , а також висоту положення кожної камери (ви також можете імпортувати дані про орієнтацію камери, тобто нахил, панорамування та поворот).

У діалоговому вікні «Імпорт файлу CSV» вкажіть роздільник відповідно до структури файлу та виберіть рядок, з якого починається завантаження.

Зверніть увагу, що символ # позначає рядок із коментарями, який ще не вважається нумерацією рядків. Повідомте програмі, який параметр зазначено в кожному стовпці, встановивши правильні номери стовпців у розділі Стовпці діалогового вікна. Також рекомендується вказати правильні системи координат у відповідному полі для значень, які використовуються для даних центру камери. Перевірте налаштування в полі «Зразок даних» у діалоговому вікні «Імпорт файлу CSV».

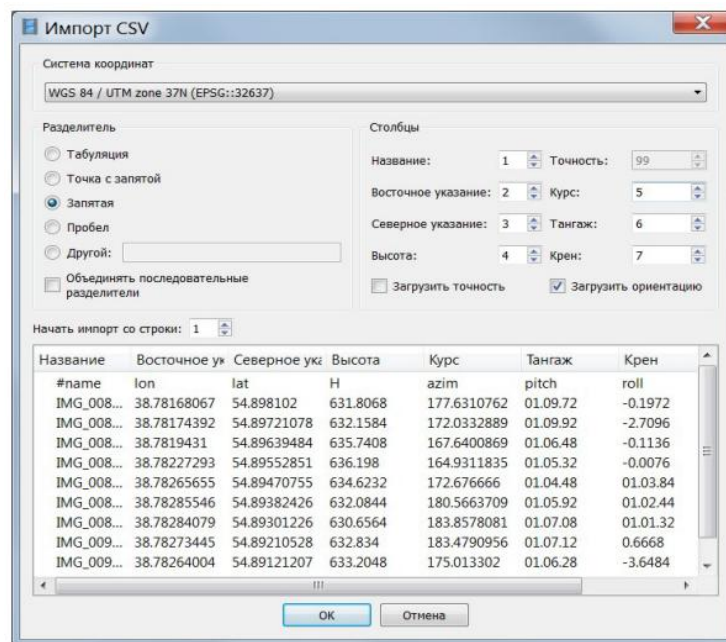


Рис. 3.3 Поле для вказування систем координат

У діалоговому вікні Параметри довідки відобразиться система координат зі списку, якщо ви ще не вибрали її в діалоговому вікні Імпорт CSV. Точність камери в метрах і радіусах слід регулювати відповідно до точності вимірювання: якщо ви знімаєте дуже похило і розміщуєте середній рівень землі на вершині еліпсоїда в системі координат, що коливається, вам потрібно визначити висоту землю. Натисніть ОК, і положення камери буде позначено у вікні моделі з інформацією про географічні координати:

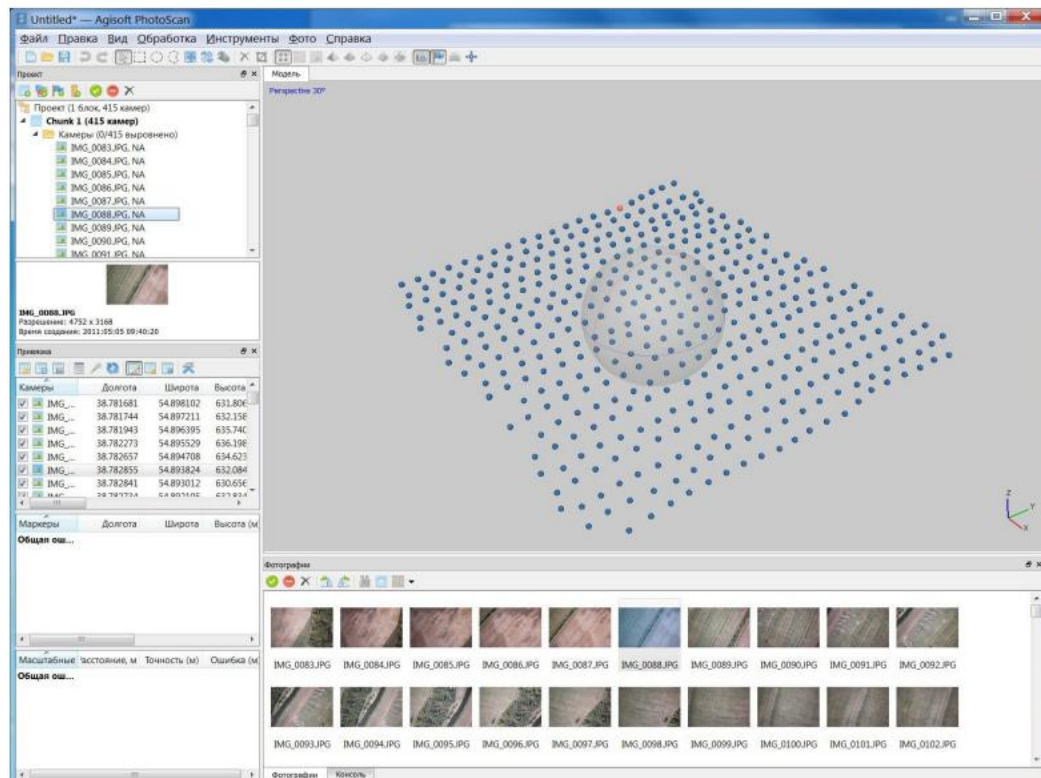


Рис. 3.4 Зміна положення камери

Якщо після імпорту координат камер модель не відображається, перевірте панель інструментів. Після завантаження фотографій у PhotoScan потрібно виконати їх вирівнювання — програмне забезпечення визначить положення та орієнтацію камер і створить розріджену хмару точок. Після завершення вирівнювання ви побачите розраховані положення камер і розріджену хмару точок.

Перевірте результати та видаліть недійсні або розмиті фотографії, які можуть погіршувати якість моделі. PhotoScan має функцію автоматичної оцінки якості зображень — рекомендується виключати зі збору даних фотографії з якістю нижче 0,5, за умови, що решта знімків повністю покриває сцену.

Щоб вимкнути фотографію, скористайтесь кнопкою «Вимкнути» на панелі інструментів панелі «Фото». PhotoScan оцінює якість кожного вхідного зображення. Значення параметра розраховується на основі рівня різкості найбільш сфокусованої частини зображення.

Налаштування вищої точності допомагають точніше оцінювати положення камери. Нижчу точність налаштування можна використовувати для отримання приблизного положення камери за короткий час. Висока точність - програма працює з фотографіями в оригінальному розмірі, середнє значення зменшує зображення в 4 рази (2 рази з кожного боку), при низькій точності вихідні файли зменшуються в 16 разів, а найменше значення означає менше з 4 разів. Налаштування найвищої точності збільшує зображення в чотири рази. Оскільки розташування точок з'єднання оцінюється на основі характеристик, присутніх у вихідних зображеннях, може бути важливо покращити вихідне зображення, щоб точно визначити місцезнаходження точок з'єднання [18]

Налаштування найвищої точності вирівнювання рекомендовано лише для дуже чітких зображень і переважно для дослідницьких цілей через тривалість обробки.

Обробка великих наборів фотографій займає багато часу, основна частина якого витрачається на зіставлення ознак (ключових точок). Щоб прискорити процес, можна увімкнути параметр **попереднього вибору пар зображень**, який автоматично відбирає пари знімків з перекриттям для зіставлення.

У цьому режимі пари вибираються на основі менш точного зіставлення або за координатами камер, якщо вони доступні. Для нахилених зображень важливо вказати середню висоту землі (у тій самій системі координат, що й координати камер) у діалоговому вікні параметрів, щоб попередній вибір працював ефективно.

Для кращої роботи також потрібні дані про крен, тангаж і рульове керування камерою. Можна увімкнути обидва параметри — попередній вибір пар і обмеження кількості ключових точок, щоб ще більше пришвидшити обробку.

Параметр кількості ключових точок визначає верхню межу характеристичних точок для пошуку на кожному зображенні. Якщо

встановити значення 0, PhotoScan знайде максимум ключових точок, але багато з них можуть бути менш надійними.

Щоб запустити процес, виберіть у меню **Робочий процес** команду **Вирівняти фотографії**.

Встановіть наступні рекомендовані значення параметрів у діалоговому вікні «Вирівняти фотографії»:

- Точність: Висока (ви можете використовувати налаштування нижчої точності, щоб отримати приблизне положення камери за менший час)
- Попередній вибір пари: Reference + Generic (якщо положення камери невідомі – тільки. Необхідно використовувати загальний режим попереднього вибору)
- Функція маски обмежень: Вимкнено (увімкнено якщо деякі області були замасковані)
- Обмеження ключових точок: 40 000
- Обмеження опорних точок: 4000
- Адаптивне налаштування моделі камери: увімкнено (щоб PhotoScan оцінював параметри викривлення).

Через короткий час (залежно від кількості зображень у проекті та їх роздільної здатності) на моделі буде видно розріджену хмару точок. Положення та орієнтація камер позначаються синіми прямокутниками у вікні перегляду.

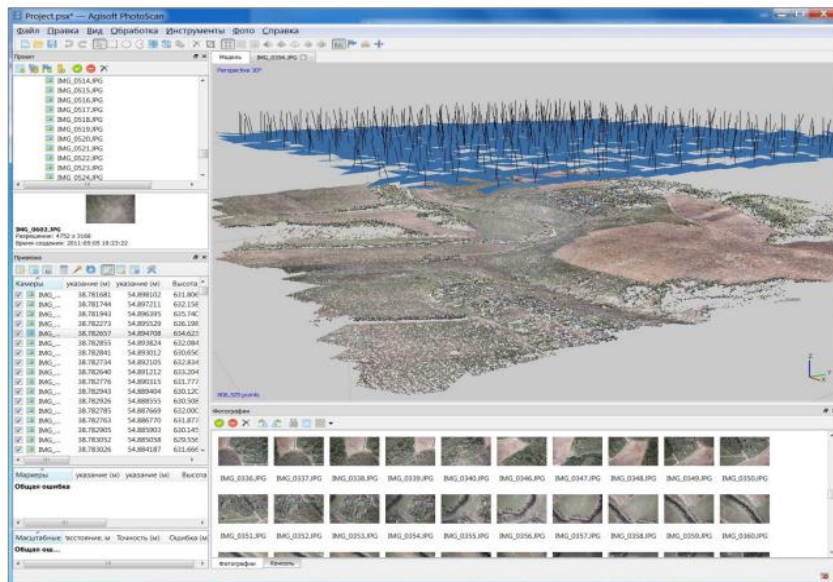


Рис. 3.5 Процес обробки фотографій

3.4. Створення щільної хмари точок

PhotoScan дозволяє створювати та переглядати щільну хмару точок, яка є основою для подальшої обробки, такої як:

Побудова сітки (mesh)

Побудова CMB (Colored Mesh Bundle)

Побудова плиткової моделі

Щільну хмару точок також можна експортувати для подальшого аналізу на інших пристроях.

Якість реконструкції

Параметр якість визначає бажану деталізацію моделі:

Вибір режиму Надвисока якість призводить до зменшення розміру зображень у 4 рази перед обробкою.

Це збільшує точність, але й час обробки.

Фільтрація глибини

На етапі створення щільної хмари точок PhotoScan обчислює глибину для кожного пікселя зображення. Через шум чи поганий фокус можуть з'являтися помилки.

PhotoScan має кілька вбудованих алгоритмів фільтрації глибини:

Жорстка фільтрація — добре для усунення шуму, але може видалити дрібні деталі.

М'яка фільтрація — краще зберігає дрібні елементи, рекомендована, якщо важливі просторові деталі сцени[18].

Значення цього параметра також може бути корисним у випадку з повітряними об'єктами, наприклад, якщо на певній ділянці є погано текстурована поверхня.

Режими фільтрації глибини у PhotoScan

Помірна фільтрація глибини — компроміс між м'якою та агресивною, забезпечує збалансовані результати.

Для повторного використання карт глибини у наступних етапах обробки варто правильно налаштувати параметри якості та глибини у фільтрах.

Імпорт зовнішньої щільної хмари точок

PhotoScan підтримує імпорт щільних хмар точок із зовнішніх джерел, наприклад:

Інші фотограмметричні системи

Лазерне сканування (LiDAR)

Для цього використовуйте команду Імпортувати точки у меню Файл.

Імпортовані дані можна інтегрувати у поточний проект і обробляти далі. На основі приблизного положення камери програма обчислює інформацію про глибину для кожної камери, щоб об'єднати їх в одну щільну хмару точок. У меню «Робочий процес» виберіть «Створити щільну хмару». Встановіть наступні рекомендовані значення параметрів у діалоговому вікні:

- Якість: Середня;
- Глибина фільтрації: Агресивна (якщо реконструюється геометрія сцени. Рекомендується встановити багато дрібних деталей або нетекстурованих поверхонь, таких як дахи. М'який режим глибини фільтрації, щоб важливі елементи не були порізані.

Ви можете видалити точки з щільної хмари за допомогою інструментів «Виділити» та «Видалити/вирізати» на панелі інструментів. Створити сітку

(необов'язково: можна пропустити, якщо модель полігону не потрібна як кінцевий результат)

Після реконструкції щільної хмари точок ви можете створити модель сітки багатокутника на даних щільної хмари. Виберіть Build Mesh. Установіть наступні рекомендовані значення параметрів у діалоговому вікні «Побудувати сітку»:

- Тип поверхні: Вихід поля висоти: Щільна хмара.
- Кількість багатокутників: Середня (Максимальна кількість граней у кінцевій моделі)
- Значення позначені поруч із мітками за замовчуванням Висока/Середня/Низька на основі кількості точок щільної хмарності. Інтерполяція: Увімк.)

3.5. Побудова текстурної моделі Calibrvanja colori

Калібрування кольору (Calibrvati colori) у PhotoScan

Коли використовувати?

Якщо під час зйомки змінилися умови освітлення — різна яскравість, баланс білого тощо.

Для чого?

Забезпечує рівномірну яскравість і коректний баланс білого по всьому набору зображень, що покращує якість текстурованої моделі.

Як працює?

Визначає області перекриття між зображеннями і калібрує кольори для уніфікації.

Параметри оцінки:

Розріджена хмара — швидкий, але менш точний варіант.

Модель — більш точний варіант, оскільки базується на деталізованій поверхні.

Примітка:

Для великих наборів даних ця процедура може бути тривалою.

Важливість:

Калібрування кольору контролює якість текстури моделі, що впливає на кінцевий вигляд 3D-моделі. CMV є розумною альтернативою позначенню «Модель» для великих наборів даних, коли неможливо реконструювати фіксовану полігональну модель (сітку). Потім створюються текстури 3D-моделі. З'явиться діалогове вікно з поточним статусом обробки.

Режим відображення текстури визначає, як текстура об'єкта загортається в атлас текстури. Вибір режиму відображення текстури допомагає досягти оптимальної упаковки текстур і, як наслідок, кращої візуальної якості кінцевої моделі. Стандартний режим – загальний режим відображення - дозволяє параметризувати атлас текстури для будь-якої геометрії. В цьому режимі не робиться жодних припущень щодо типу сцени, що обробляється; програма намагається створити максимально однорідну текстуру.

Режим адаптивного ортофото

Поділ поверхні:

Розділяє об'єкт на плоскі та вертикальні ділянки.

Текстурування:

Плоскі частини текстуруються за допомогою ортографічної проекції.

Вертикальні ділянки обробляються окремо, щоб зберегти деталі текстури на вертикальних поверхнях (наприклад, на стінах будівель).

Переваги:

Зберігає якість текстури на вертикальних площинах.

Забезпечує компактне, але якісне відображення для майже плоских сцен із вертикальними об'єктами.

Режим ортофото

Особливість:

Вся поверхня проектується в одну плоску ортофото (організовану форму).

Переваги:

Створює більш компактне і цілісне текстурне представлення.

Менше накладень на вертикальних площинах, але може втрачатися деталізація на вертикальних поверхнях у порівнянні з адаптивним режимом.

Вибір режиму:

Використовуйте адаптивний ортофото, якщо важливі деталі на вертикальних поверхнях (будівлі, стіни).

Використовуйте ортопроекцію для більш простих і плоских об'єктів, де потрібна компактність текстур.

Режим сферичного відображення підходить лише для певного класу сферичних об'єктів. Це дозволяє експортувати безперервний атлас текстури для цих типів об'єктів, значно полегшуючи подальше редагування. При створенні текстури в режимі сферичного відображення дуже важливо правильно її розташувати. Модель може бути пов'язана з різними оправами. Червоний пояс у моделі вказує на вісь сферичної проекції.

Відображення однієї фотографії дозволяє створювати текстуру з однієї фотографії. Модуль відображення Кеер uv створює текстурний атлас, використовуючи розмовні параметри текстури. Це можна використовувати для відновлення текстури атласу з іншим вибором стану роздільної здатності або для створення атласу. Модель є параметризованою та програмованою.

Параметри генерації параметрів керують усіма аспектами текстури: Texture z (тільки в режимі візуалізації одного кадру). Він визначає фотографію та те, як отримати знання про текстури, тобто більше про фотографії, які ви робите.

Режим змішування (не використовується в режимі однієї фотографії) визначає як значення пікселів з різних фотографій поєднуються в остаточну текстуру.

Метод мозаїки у текстуруванні в PhotoScan

Двоетапний підхід:

Змішування низькочастотного компонента

— Низькочастотні складові (відповідальні за загальний колір і плавні переходи) зображень змішуються для уникнення помітних швів між окремими фото.

— Вага пікселя для змішування залежить від багатьох факторів, зокрема від відстані пікселя від центру зображення (пікселі ближче до центру мають більшу вагу).

Витягування високочастотного компонента

— Високочастотні деталі (текстура, дрібні деталі) беруться з одного зображення, яке має найкращу роздільну здатність і для якого кут огляду камери максимально близький до нормального (перпендикулярного) до поверхні в цій точці.

Перевага:

— Поєднання плавності кольору та чіткості деталей для максимально якісного результату текстуровання. [20].

Використовується середнє зважене значення всіх пікселів на окремих фотографіях на основі тих самих параметрів, що розглядаються для високочастотних фрагментів.

- Максимальна інтенсивність - вибирається фотографія з максимальною інтенсивністю відповідного пікселя.
- Мінімальна інтенсивність - вибирається фотографія, яка має мінімальну інтенсивність відповідного пікселя.
- Вимк. — зображення вибрано для створення піксельного значення кольору так само, як високочастотний шар у мозаїчному режимі.
- Розмір/кількість текстури - Вказує розмір (ширину та висоту) атласу текстури в пікселях і кількість файлів текстури для експорту.

Експорт текстур у кілька файлів дозволяє архівувати остаточну текстуру моделі високої роздільної здатності, але експорт текстур високої роздільної здатності в один файл неможливий через обмеження пам'яті. Створення багатосторінкового атласу текстури підтримується лише в режимі глобального відображення та збереження UV, якщо імпортована модель містить дійсний

макет текстури. Крім того, ви можете налаштувати такі додаткові параметри. Якщо ваша сцена містить тонкі структури або рухомі об'єкти, яким не вдалося реконструювати частину багатокутної моделі, може бути корисним увімкнути цей параметр, щоб уникнути ефекту ореолу на існуючій текстурі. Фотографії HDR потрібні для створення текстур HDR.

Щоб покращити кінцеву якість текстури, обробку розмиття можна інтелектуально вимкнути на цьому етапі. PhotoScan пропонує функцію автоматичної оцінки якості зображення. Рекомендується вимкнути значення якості зображення нижче 0,5 одиниць і таким чином виключити їх з процедури генерації текстури. PhotoScan оцінює якість зображення за тим, наскільки чітким є фото в порівнянні з іншими зображеннями. Значення параметра розраховується на основі рівня різкості найбільш сфокусованої частини зображення.

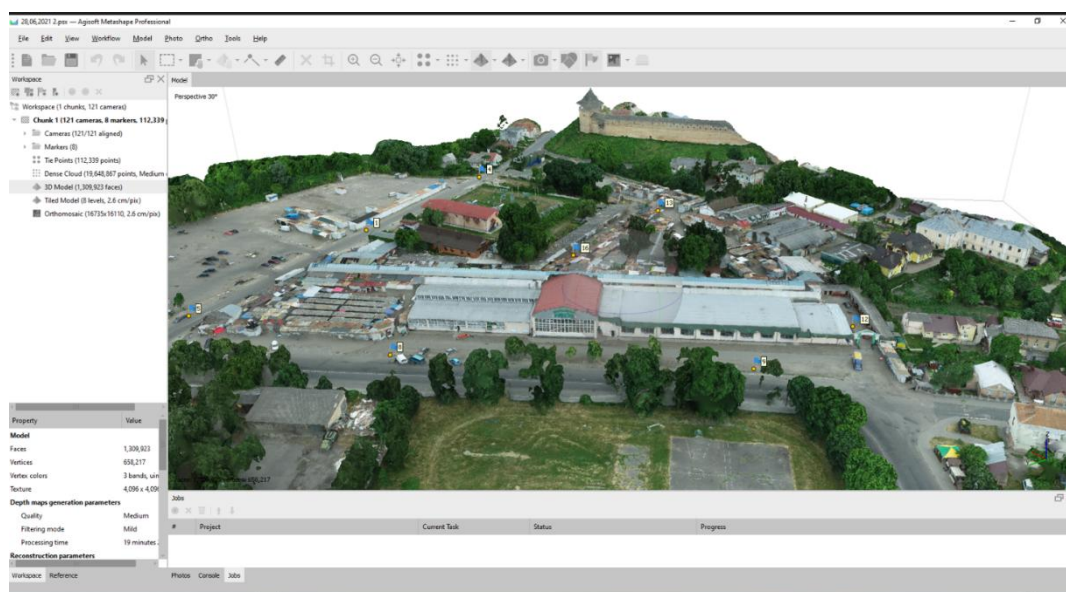


Рис. 3.6 Текстурна модель

3.6 Створення цифрової моделі висот

PhotoScan дає змогу створювати та переглядати цифрову модель висот (ЦВМ), яка відображає поверхню у вигляді регулярної сітки з значеннями висот. ЦВМ можна отримати шляхом растеризації даних зі щільної або

розрідженої хмари точок, а також зі сітки, при цьому найточніші результати забезпечує використання щільної хмари точок. За допомогою PhotoScan можна вимірювати точки, відстані, площі та об'єми на основі ЦВМ, а також створювати поперечні перерізи вибраних областей сцени. Крім того, контури моделі можна розраховувати й відображати у вигляді ортограми в режимах ЦВМ або ортомозаїки. Варто пам'ятати, що ЦВМ можна обчислити лише для проектів, які мають еталон або масштаб, тому потрібно переконатися, що система координат налаштована правильно.

ЦВМ обчислюється для частини моделі, що міститься у кадрі. Тип географічної проекції - дозволяє вибрати географічну систему координат зі списку, що випадає, або завантажити параметри налаштованої географічної системи координат.

За замовчуванням система координат у PhotoScan — це раніше вибрана система для самої моделі, але ви можете переключатися між доступними варіантами перетворення системи відліку. Програма дає змогу проектувати цифрову модель висот (ЦВМ) на площину, задану користувачем. Ви можете обрати тип проекції плану та напрямок орієнтації отриманої ЦВМ. Площина проекції може бути визначена набором маркерів (якщо потрібна площина не має трьох маркерів, її можна задати за допомогою двох векторів). Тип проекції «план» корисний, наприклад, для створення фасадних матриць, а циліндрична проекція дозволяє проектувати ЦВМ на циліндричну поверхню, де висота розраховується як відстань між моделлю та цим циліндром.

Рекомендується розраховувати ЦВМ на основі щільної хмари точок. Попередні результати даних про висоту можна згенерувати з розрідженої хмари точок, уникаючи кроку «Побудувати щільну хмару» через часові обмеження. Якщо режим інтерполяції вимкнено, точні результати реконструкції отримують, оскільки реконструюються лише області в щільній хмарі точок. Якщо ввімкнено режим інтерполяції (за замовчуванням), PhotoScan обчислить ЦВМ для всіх ділянок сцени, видимих принаймні на одному зображенні. Рекомендовано ввімкнути цей параметр (за

замовчуванням). У режимі екстраполяції програма генерує модель без отворів із деякими даними висоти, які екстраполюються на обмежувальну рамку. Точкові заняття Параметр дозволяє вибрати клас (класи) точок, які будуть використовуватися для обчислення ЦВМ.

Щоб створити цифрову модель рельєфу, ви повинні спочатку класифікувати точки щільного хмарного покриття. Розділіть їх принаймні на два класи: точки рельєфу та інші. Запропоновані значення позначають координати нижнього лівого і верхнього правого кутів усієї растеризованої області, область визначена рамкою. Значення роздільної здатності показує ефективну роздільну здатність землі для ЦВМ, оцінену для вихідних даних. Розмір результату ЦВМ, розрахований з урахуванням роздільної здатності місцевості, відображається в текстовому полі як загальний розмір. PhotoScan дозволяє редагувати ортомозаїчні шви для кращих візуальних ефектів. Параметри калібрування кольору визначають, які дані використовуються як основа для оцінки накладення.

Оберіть тип вихідних даних залежно від характеру поверхні, яку плануєте створити в ортомозаїці. «Thin Cloud» — це найшвидший, але найменш точний варіант. Модель («Model») дає більш точні результати, проте лише за умови достатньої деталізації поверхні. Цифрова модель висот (ЦВМ) є хорошою альтернативою моделі для великих наборів даних, коли неможливо побудувати суцільну багатокутну сітку.

Для створення ЦВМ зазвичай використовують щільну хмару точок або сітку. Перевага надається щільній хмарі точок, бо вона дає точніші результати і дозволяє прискорити обробку, оскільки етап генерації сітки можна пропустити. Обов'язково встановіть систему координат, що відповідає системі прив'язки моделі. Під час експорту ви зможете спроектувати результати у потрібну географічну систему координат.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

Незважаючи на широке використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) в Україні, активних заходів щодо регулювання використання дронів не вживається. Єдине конкретне правило щодо безпілотників міститься в Положенні про використання повітряного простору України, яке вимагає від осіб, які використовують безпілотники для аерофотозйомки, отримувати спеціальний ДОЗВІЛ на польоти БПЛА від Державіаслужби та погоджувати свої польоти з Генеральним штабом ЗСУ.

4.1. Вимоги до організації робочого місця користувача персонального комп'ютера (ПК). Опис основних шкідливих факторів

Відповідно до ГОСТ 12.0.003-74 (1999) «Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація», до основних шкідливих факторів, які впливають на людину, що працює за комп'ютером, відносяться:

- підвищена напруга в електричному колі, яка може проходити через тіло людини;
- підвищений рівень статичної електрики;
- нерівномірний розподіл яскравості в полі зору (зорова втома, зорова втома);
- недолік або відсутність природного освітлення;
- підвищені статичні та динамічні навантаження;
- монотонність роботи;
- нервово-емоційний стрес.

4.2. Забезпечення необхідного мікроклімату в приміщеннях ПК

У виробничих приміщеннях ПЕОМ параметри мікроклімату повинні відповідати вимогам ДСанПіН 3.3.2.007 - 98 «Загальні санітарно-гігієнічні норми повітря робочих місць» та «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» № 4088-86 пт. категорія роботи 1а. Значення температури,

відносної вологості і швидкості циркуляції повітря в робочій зоні промислових об'єктів повинні відповідати оптимальним значенням для категорій 1а-1б, при суворому дотриманні параметрів відносної вологості (55-56%). Температура навколишнього середовища повинна бути в межах 18-22°C, а швидкість руху повітря - 0,1-0,2 м/с. Ефективним способом створення комфортного мікроклімату для користувачів ПК є кондиціонер, який забезпечує незмінність параметрів мікроклімату незалежно від зовнішніх умов.

Користувачі персональних комп'ютерів належать до категорії 1а — легка робота. Відповідно до цього, а також згідно з ДСанПіН 3.3.3.007-98, підбираються відповідні умови мікроклімату.

Приміщення оснащено водогрійними приладами, але їх теплової потужності взимку недостатньо. Рекомендується герметизувати віконні та дверні конструкції для зменшення тепловтрат. Також необхідно встановити ефективну систему вентиляції, яка забезпечить належний повітрообмін без порушення температурного режиму та не спричинятиме зайвого шуму під час роботи.

4.3. Забезпечення захисту від шуму

Одним із найпоширеніших факторів зовнішнього середовища, що шкідливо впливає на організм людини, є шум.

Кожне джерело шуму характеризується насамперед своєю акустичною потужністю. Потужність джерела P - це загальна кількість акустичної енергії, випромінюваної джерелом шуму в навколишнє середовище за одиницю часу.

Шум шкідливо впливає на організм і знижує ефективність праці. Рівень звукового тиску по відношенню до порогу чутності $L = 120-130$ дБ відповідає порогу болю. Рівень звуків, що перевищує цей ліміт, може викликати біль і пошкодження слуху. Шум викликає значне навантаження на нервову систему людини і має психологічний вплив.

Джерелом шуму в машинному залі є механічні та електромеханічні пристрої, такі як принтери, плотери тощо. Хоча людина може звикнути до шуму, тривалий вплив сильного шуму викликає загальну втоми, може пошкодити слух, а іноді навіть призвести до глухоти. Крім того, шум негативно впливає на процес травлення та змінює об'єм внутрішніх органів. Інтенсивність шкідливих наслідків залежить від рівня гучності шуму та тривалості його впливу. Тому рівень шуму на робочих місцях не повинен перевищувати допустимі значення, які встановлені у ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Основними джерелами шуму при роботі з комп'ютером є рухомі механічні частини принтерів і вентилятори комп'ютера. Комп'ютери створюють постійний мікрошум із періодичними сплесками під час роботи принтерів. Оцінка шуму повинна базуватися на загальному рівні звукового тиску з урахуванням частотної поправки «А» і вимірюватися в децибелах за шкалою дБА.

Допустимий рівень шуму згідно з ДСН 3.3.6.037-99 у приміщеннях, де працюють програмісти та оператори ПК, не може перевищувати 50 дБА; у приміщеннях, де працюють ІТП, які здійснюють аналітичний контроль і лабораторні вимірювання - 60 дБА; в кабінетах операторів ЕОМ - 65 дБА.

Зниження рівня шуму досягається такими методами:

- заміна матричних принтерів на струменеві та лазерні, які забезпечують значно нижчий рівень звукового тиску під час роботи;
- використання спільних принтерів, розташованих на деякій відстані від місця роботи більшості користувачів ПК;
- зміна напрямку поширення шуму на протилежний до робочого місця.

Санітарні правила щодо допустимого рівня шуму:

- для програмістів і операторів – до 50 дБА;
- для інженерно-технічних працівників – до 60 дБА.

Комп'ютери, встановлені на електронно-променевих трубках, є джерелами електромагнітних і електростатичних полів. Випромінювана

енергія повністю поглинається склом екрану. Навколо працюючого монітора виникають електромагнітні поля низької частоти (від 5 Гц до 400 кГц).

Користувачам ПК рекомендується носити одяг з натуральних або змішаних матеріалів. Для зняття статичної електрики з одягу використовуйте побутові антистатика.

Щоб уникнути ризику ураження електричним струмом, вживайте таких заходів:

- має бути захисне заземлення;
- повинен бути нульовий захист;
- необхідно встановити захисний упор.

За вибухо- та пожежонебезпекою приміщення комп'ютерного кабінету, лабораторії та обчислювального центру відносяться до категорії В. У такій лабораторії планується установка типу ОУ, оскільки там є електрика.

Усі протипожежні вимоги регламентовані в ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорії приміщень, будівель і споруд щодо вибухо- та протипожежного захисту небезпеки». Окрім цього, існують інші нормативні акти, що регулюють пожежну та вибухобезпеку. Горючими компонентами в офісних середовищах є персональні комп'ютери, принтери, дисплеї, меблі, книги, документи, кабельна ізоляція тощо.

Електронні схеми можуть стати джерелом займання в офісних комп'ютерних системах через можливі перегріву, несправності, електричні іскри та дуги, які здатні спричинити загоряння легкозаймистих матеріалів. Технічне обслуговування пристроїв, електроенергетичне обладнання та кондиціонери також можуть стати потенційними причинами пожежі за наявності перешкод чи несправностей. Відповідно до класифікації, приміщення з комп'ютерним обладнанням відносяться до пожежної категорії «В».

Одним із найважливіших завдань пожежної охорони є захист створення просторів проти руйнування та забезпечення їх достатньої стійкості умови впливу високих температур під час пожежі. Враховуючи високу вартість

електронне обладнання приладу та його клас пожежної небезпеки, будівля, призначена для страхування відповідальності перед третіми особами, та частини будівлі для інших цілей, для яких вона призначена розміщення комп'ютера повинно мати 1 і 2 ступінь вогнестійкості. Виявити початкову стадію займання та сповістити службу системи протипожежного захисту використовують автоматичні системи пожежогасіння сигналізація (APS). Крім того, їх можна запускати самостійно установки пожежогасіння, коли пожежа ще не набула великих масштабів.

Системи автоматичного пожежного сповіщення (APS) включають пожежні сповіщувачі, лінії зв'язку та приймальні пульти (станції). Ефективність роботи APS значною мірою залежить від правильного вибору типу сповіщувачів та їх розміщення. При виборі пожежних сповіщувачів необхідно враховувати умови експлуатації, зокрема характеристики приміщення і повітряного середовища, наявність горючих матеріалів, характер можливого горіння та специфіку технологічного процесу.

Для гасіння пожеж у невеликих приміщеннях застосовуються різні засоби пожежогасіння, такі як пожежні гідранти, внутрішні водопроводи, вогнегасники, сухий пісок, азбестові ковдри тощо. Газові вогнегасники ефективні для гасіння пожеж рідин, твердих речовин, а також електроустановок під напругою.

У виробничих підрозділах широко використовують вуглекислотні вогнегасники, які мають високу ефективність гасіння, безпечні для електронного обладнання завдяки діелектричним властивостям, що дозволяє застосовувати їх навіть у разі, коли неможливо швидко знеструмити електроустановки.

Якщо пожежі в інформаційному центрі уникнути не вдалося, це необхідно дотримуватися встановлених правил пожежної безпеки.

Керівник закладу, зацікавлені працівники та обслуговуючий персонал при виникненні пожежі або її ознак (диму, запаху гару або тління різної інтенсивності) зобов'язані:

- негайно повідомити про пожежу по телефону в пожежну охорону (необхідно повідомити адресу об'єкта, місце пожежі, а також ім'я);
- вжити заходів, по можливості, до евакуації людей, гасіння пожеж і збереження матеріальних цінностей.

4.4 Інструкції з охорони праці під час експлуатації системи електропостачання

У кожному приміщенні має бути призначена відповідальна особа за пожежну безпеку, і розміщена на видному місці табличка де вказані його прізвище ініціали і посада.

В інструкції вказані основні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки в службових і офісних приміщеннях.

Вимоги, викладені в інструкції, поширюються на всіх осіб, які працюють на об'єкті.

Працівники офісів і служб зобов'язані дотримуватися загальних вимог до монтажу та цієї інструкції з пожежної безпеки. Ті, хто пройшов вступний курс, можуть працювати самостійно після проходження протипожежного навчання та інструктажу на робочому місці. Засоби протипожежного захисту — такі як пожежні гідранти, пожежна та охоронна сигналізація, основні засоби пожежогасіння — що знаходяться у приміщенні, мають підтримуватися у справному стані.

Усі працівники повинні вміти користуватися наявними вогнегасниками та іншими базовими засобами пожежогасіння, знати розташування пожежних кранів і внутрішніх пожежних кранів, а також правила їх відкриття. Відстань від найдалшої точки приміщення до місця розташування вогнегасника не повинна перевищувати 20 метрів.

ВИСНОВКИ

В останні роки дрони зробили революцію в індустрії геодезії та картографування. Безпілотники змінюють спосіб проведення геодезичних і картографічних програм, надаючи ефективний, рентабельний і безпечний спосіб збору даних.

Безпілотні літальні апарати (дрони) здатні здійснювати аерофотозйомку та відеозйомку у високій роздільній здатності, фіксуючи об'єкти з надзвичайною точністю та деталізацією. Крім візуальних матеріалів, дрони також можуть збирати просторові дані, включаючи висоти, особливості рельєфу та карти рослинності. На основі цих даних можна створювати тривимірні моделі місцевості, що значно покращує розуміння географічних особливостей досліджуваної ділянки.

Застосування дронів є безпечнішою та оперативнішою альтернативою традиційним геодезичним методам. Вони дозволяють отримувати інформацію навіть у складних або небезпечних умовах без ризику для життя операторів. Крім того, дрони охоплюють великі площі за короткий проміжок часу, що підвищує загальну ефективність виконання геодезичних робіт.

У сфері геодезії та картографії дрони також активно використовуються для спостереження та контролю будівельних процесів. Завдяки точному картографуванню, фахівці можуть оперативно відстежувати хід виконання робіт і переконуватись у відповідності до затвердженого плану.

Загалом дрони революціонізують геодезію та картографічні програми. Безпілотники змінюють індустрію геодезії та картографування на краще, надаючи ефективний, економічно вигідний і безпечний спосіб збору даних.

Використання дронів у геодезичних і картографічних проектах швидко стає галузевим стандартом, пропонуючи безпрецедентну точність і безпеку. Дрони революціонізують сферу геодезії та картографування, оскільки вони можуть швидко й точно збирати великі обсяги даних.

Безпілотники пропонують кілька переваг перед традиційними методами зйомки та картографування. Однією з головних переваг є можливість

отримання даних із важкодоступних місць. Наприклад, безпілотні літальні апарати можна легко розгорнути в районах із небезпечним рельєфом або у віддалених місцях, до яких людям важко чи небезпечно дістатися. Крім того, дрони забезпечують більший рівень точності та деталізації, ніж традиційні методи зйомки. Використовуючи камери з високою роздільною здатністю та складне програмне забезпечення, дрони можуть забезпечити точні вимірювання та детальні 3D-моделі об'єктів проекту.

Безпека є однією з основних переваг використання дронів у геодезичних та картографічних проектах. Завдяки безпілотним технологіям можна уникнути необхідності перебування людей у потенційно небезпечних умовах — наприклад, на великих висотах, у важкодоступній місцевості або в нестабільних конструкціях. Це суттєво знижує ризик нещасних випадків та травм на робочому місці.

Крім підвищеної безпеки, дрони забезпечують і значну економічну вигоду. Вони здатні швидко збирати великі обсяги точних геопросторових даних, що суттєво скорочує обсяг ручної праці та час, необхідний для реалізації проекту. У результаті зменшуються витрати на персонал, техніку та загальний бюджет виконання геодезичних робіт.

Оцінка ризиків під час використання дронів

Попри численні переваги, застосування дронів супроводжується й певними ризиками, які слід оцінити до початку роботи:

- **Правові обмеження:** польоти безпілотників регламентуються законодавством, зокрема щодо висоти, зон польоту, необхідності реєстрації та отримання дозволів.
- **Технічні збої:** несправності в роботі дрона, такі як втрата зв'язку, розряд батареї або збої навігації, можуть призвести до аварій або втрати обладнання.
- **Метеоумови:** сильний вітер, дощ чи туман можуть негативно впливати на стабільність польоту й якість зібраних даних.

- **Конфіденційність і безпека даних:** збір зображень у публічних чи приватних зонах може викликати питання щодо конфіденційності та обробки персональних даних.
- **Зіткнення з об'єктами:** дрони можуть становити ризик для людей, тварин або іншої техніки у випадку помилки пілота або системи.

З урахуванням цих аспектів важливо впроваджувати відповідні протоколи безпеки, проходити навчання пілотів, використовувати сертифіковану техніку та завчасно планувати маршрути польотів. Це дозволить мінімізувати ризики та ефективно використовувати дрони в геодезичних і картографічних проектах.

Рекомендації:

- Вести журнал технічного обслуговування дрона;
- Проводити регулярні інструктажі операторів;
- Використовувати сертифіковане ПЗ для обробки даних;
- Забезпечити резервне копіювання зібраної інформації;
- Отримувати всі необхідні дозволи та дотримуватись регламенту польотів.

Дотримання цих вимог дозволяє ефективно та безпечно інтегрувати дрони в геодезичні та картографічні процеси.

Зрештою, як і в будь-якому процесі, людський фактор залишається одним із основних джерел ризику. Оператори дронів повинні мати достатній рівень підготовки, добре розуміти технічні характеристики, функціональні можливості свого обладнання та дотримуватися стандартних процедур безпеки. Помилки в налаштуваннях, неправильне планування маршруту або недбале ставлення до погодних умов можуть призвести до втрати дрона, пошкодження об'єкта або загрози для людей.

Враховуючи усі перелічені аспекти — від дотримання законодавства та технічного обслуговування до забезпечення безпеки даних і уникнення помилок оператора, — дуже важливо підходити до вибору дрона

відповідально. Обираючи БПЛА для геодезичних і картографічних задач, варто враховувати:

- специфіку завдання (наприклад, детальність зйомки або площу території);
- технічні характеристики дрона (роздільна здатність камер, час польоту, тип навігації);
- наявність додаткових сенсорів (RTK/PPK, LiDAR, мультиспектральні камери тощо);
- вимоги до обробки даних та програмного забезпечення;
- підтримку виробника та оновлення системи.

Таким чином, комплексний підхід до планування використання безпілота дозволить досягти високої точності, знизити ризики та забезпечити ефективність виконання геодезичних і картографічних проєктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Володимир Зінченко. Використання даних ДЗЗ. М.: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2012. 108 с.
2. Глотов В. Аналіз сучасних методів зйомання та опрацювання великомасштабних планів В. Глотов, А. Гуніна //Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва. - 2014. - Вип. II (28). - С. 65-70.
3. Гребеніков А. Г., Мяслиця А. К., Парфенюк В. В. Загальні види і характеристики безпілотних літальних апаратів: справ, посібник. Харків. 2008. 377 с.
4. Дорожинський О. Л., Тукай Р. Д. Міністерство освіти і науки України Національний університет «Львівська політехніка» Фотограмметрія - 2008. -181с
5. Дорожинський О. Л., Тукай Р. Д. 692 Фотограмметрія: Підручник. - Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2008. - 332 с.
6. Дорожинський О.Л., Тукай Р. Фотограмметрія: Підручник. - Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2008.
7. Звіт з науково-практичної конференції та семінару на тему:«Використання аерофотозйомки з БЛА в різних областях» [Електронний ресурс] - режим доступу: <http://www.miigaik.ru/novosti/novosti/2015/04/06/1050/>
8. Згурець С. Безпілотні будні України / С. Згурець, І. Федик. - 2017. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://defenceua.com/index.php/statti/2240-bezpilotni-budni-ukrayiny>
9. Зосимович М. А. Безпілотники для екологічного моніторингу. М.: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2013. 484 с.
- 10.Інструкція з топографічних зйомок у масштабах 1:10000 та 1:25000. Польові роботи. - М.: Надра, 1978. - 80 с.
- 11.Інструкція з топографічної зйомки в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та

23. Про затвердження Авіаційних правил України, Частина 47 «Правила реєстрації цивільних повітряних суден в Україні» : наказ Міністерства інфраструктури України від 25.10.2012 р. № 636 / Офіційний вісник України. - 2012. - № 93. - 400 с
24. Про затвердження Положення про використання повітряного простору України : постанова Кабінету Міністрів України від 06.12.2017 № 954 / Офіційний вісник України. - 2017. - № 101. - 172 с.
25. Творошенко І. С. Конспект лекцій з дисципліни «Цифрова обробка зображень» для студентів 4 курсу денної форми навчання напряму 6.080101 - Геодезія, картографія та землеустрій / І. С. Творошенко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. - Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. - 75 с.
26. Усов Д.В., Мураєва М. А., Сенюшкін Н.С., Ямалієв Р. Р. Особливості класифікації БПЛА літакового типу // Молодий учений, 2010 № 11 (22)
27. Усов Д.В., Мураєва М. А., Сенюшкін Н.С., Ямалієв Р. Р. Особливості класифікації БПЛА літакового типу // Молодий учений, 2010 № 11 (22)
28. Федотов Г. А. Інженерна геодезія. Підручник. М.: Інфра-М. 2016. 480 с.
29. Цифровая стереоскопическая модель местности. Книжников Ю .Ф .. Кравцова В.П., Бачдина Е.А., Гельман Р.Н., Зинчук //./., Золотарев Е.А., Лабутина И.А., Харьковец Е.Г., Коцеруба А.Д. - Под ред. Ю.Ф. Книжникова. - М.: Научный мир, 2004. -244 с.
30. Шовенгерт Р. А. Дистанційне зондування. Моделі та методи обробки зображень. М.: Техносфера. 2010. 560 с.
31. Штагер О.А. Грошова оцінка землі як інструмент управління / О.А. Штагер // Проблеми екології. – 2010. – № 1-2. – С. 16