

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Інститут агроекології та землеустрою

Кафедра геодезії та картографії

05-04-77

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт
з дисципліни «Застосування безпілотних літальних апаратів в ГІС»
студентами спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

Рекомендовано
науково-методичною комісією зі
спеціальності 193 «Геодезія,
картографія та землеустрій»
Протокол № 7 від 11.05.2017 р.

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт студентами спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» з дисципліни «Застосування безпілотних літальних апаратів в ГІС» / С.М. Трохимець, Р.М. Янчук
Рівне: НУВГП, 2017 – 41 с.

Упорядник: С.М. Трохимець, старший викладач
кафедри геодезії та картографії

Р. М. Янчук, доцент кафедри
геодезії та картографії

Відповідальний за випуск: Р.М. Янчук, кандидат технічних наук,
доцент, завідувач кафедри геодезії та
картографії

© Трохимець С.М., Янчук Р.М., 2017
©НУВГП, 2017

Зміст

Вступ	3
Лабораторна робота №1 Будова та принцип роботи основних типів БПЛА.....	4
Лабораторна робота №2 Створення проекту польотів в програмі Mission Planer.....	9
Лабораторна робота №3 Керування польотом квадрокоптера PHANTOM 3 Professional	13
Лабораторна робота №4. Виконання знімання ділянок місцевості з використанням квадрокоптера PHANTOM 3 Professional	18
Лабораторна робота №5. Опрацювання результатів знімання в програмі Drone Deploy.....	21
Лабораторна робота №6. Опрацювання результатів знімання в програмі Agisoft Photoscan. Вирівнювання фотознімків.....	25
Лабораторна робота №7. Опрацювання результатів знімання в програмі Agisoft PhotoScan Professional . Прив'язка фотознімків та оптимізація положення камер.....	28
Лабораторна робота №8. Опрацювання результатів знімання в програмі Agisoft PhotoScan Professional . Побудова щільної хмари точок та полігональної моделі.....	31
Лабораторна робота №9. Опрацювання результатів знімання в програмі Agisoft PhotoScan Professional . Побудова та експорт ортофотоплану.....	34
Лабораторна робота №10. Оформлення ортофотоплану.....	36
Література	41

Вступ

Методичні вказівки складено відповідно до програми навчальної дисципліни «Застосування безпілотних літальних апаратів в ГІС» та призначено для студентів спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» денної та заочної форм навчання.

Лабораторні роботи з дисципліни мають за мету ознайомити студентів з будовою основних типів безпілотних літальних апаратів, що використовуються для картографування місцевості та в ГІС, навчити проектувати польоти та виконувати знімання, опрацьовувати результати аерознімання, складати ортофотоплани, будувати 3D моделі місцевості.

Для реалізації завдань лабораторних робіт застосовується широкий спектр технічного обладнання та спеціалізованих програмних продуктів.

В методичних вказівках наведено порядок виконання лабораторних робіт та приклади отриманих результатів.

Лабораторна робота 1. (2 год.)

Тема: Будова та принцип роботи основних типів БПЛА.

Мета: Ознайомитись з будовою безпілотних літальних апаратів вертолітного та літакового типів.

1. Будова квадрокоптера PHANTOM 3 Professional

Квадрокоптер **PHANTOM 3 Professional** виробництва фірми DJI призначений для виконання фото та відео зйомки земної поверхні та об'єктів на ній.

В комплект квадрокоптера входять: коптер, елементи живлення, пульт дистанційного управління, трьохвісний підвіс камери та камера.

Схематично будова квадрокоптера **PHANTOM 3 Professional** наведена на рисунку 1.1.

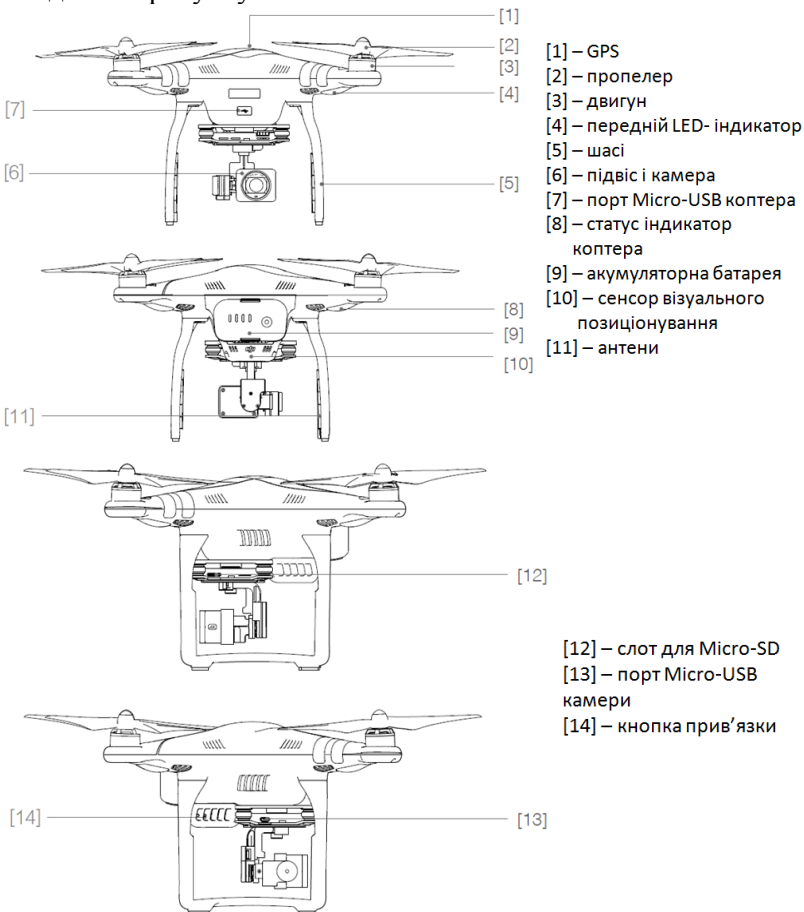


Рис. 1.1. Будова квадрокоптера PHANTOM 3 Professional

Пульт дистанційного управління призначений для керування польотом коптера та роботою підвісу і камери. Зв'язок з коптером здійснюється по радіоканалу на відстані до 2 км. Будова пульта ДУ показана на рисунку 1.2.

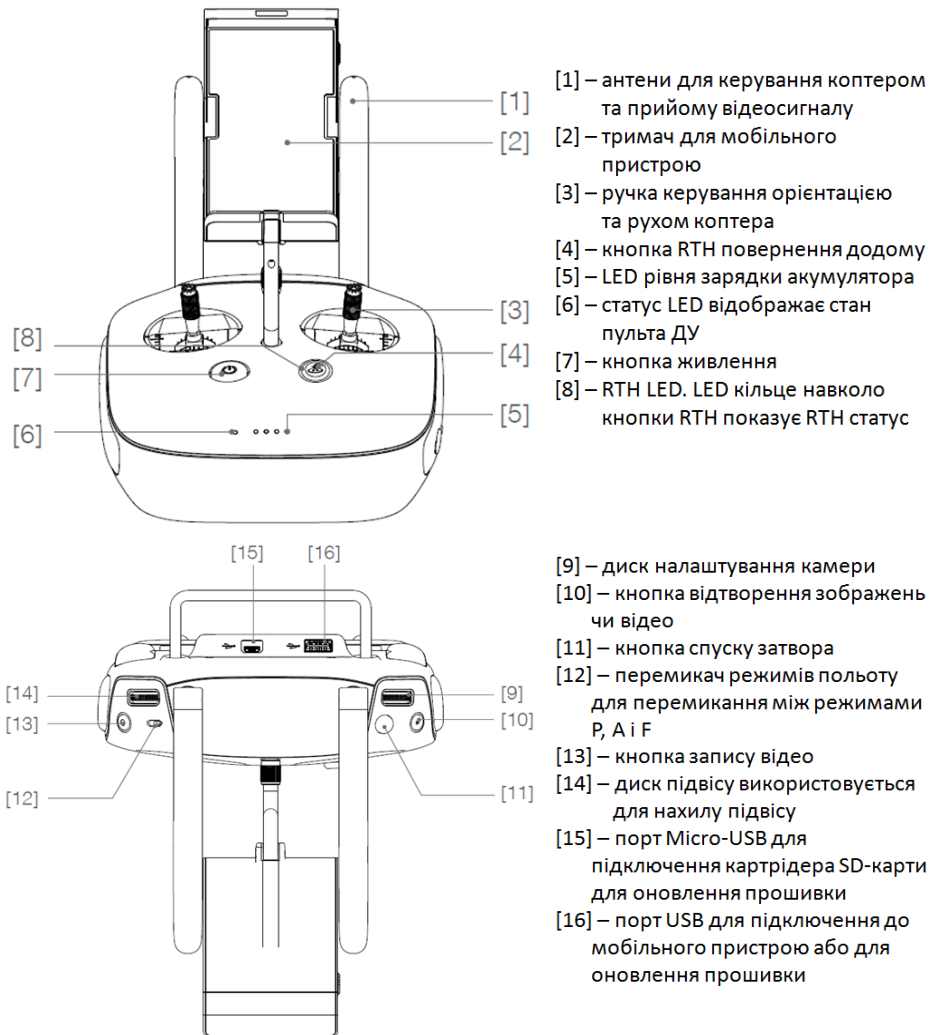


Рис 1.2. Будова пульта ДУ

Трьохвісний підвіс забезпечує стійку платформу для камери та дозволяє отримувати стійкі та чіткі зображення і відео. Може нахилити камеру в межах 120°

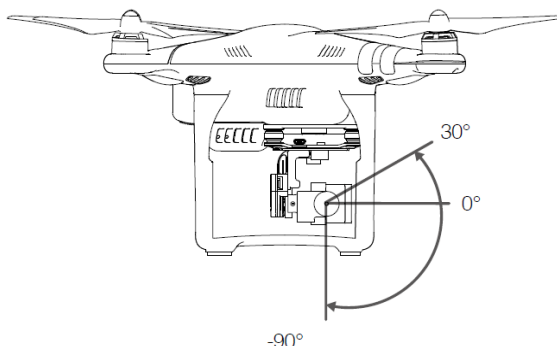


Рис. 1.3. Трьохвісний підвіс камери

Квадрокоптер обладнаний камерою, яка підтримує запис відео 4K з роздільною здатністю 4096x2160 24р і фотознімки 12 Мп. Слот карти пам'яті Мікро SD (до 64 Мб)

Загальний вигляд та основні характеристики камери наведені на рисунку 1.4



Характеристики	Показники
Діапазон коливання підвісу при нахилі	-90° до +30°
Тип сенсора	Sony EXMOR 1/2.3"
Роздільна здатність	12,4 М
Кут огляду	94°
Фокусна віддаль	20 mm (35 mm format equivalent)

Рис 1.4. Загальний вигляд та основні характеристики камери

2. Будова БПЛА літакового типу PD 1900

БПЛА **PD 1900** збирається українською компанією **Dron.ua** і призначений для аерознімання місцевості для цілей картографування.

В комплект БПЛА входять: платформа, пульт ДУ, камера Canon S100, базова станція, елементи живлення. Контроль даних телеметрії проводиться за допомогою ноутбука під'єданого до базової станції.

Будову та основні характеристики БПЛА PD 1900 показано на рисунку 1.5.



Крейсерська швидкість: 50 км/год

Розмах крил: 190 см

Тривалість польоту: до 100 хвилин

Опір вітру: до 27км/год в автономному режимі

Передача телеметрії на ноутбук з відстані до 40 км

Покриття до 400 га або 4км2 за один виліт з роздільною здатністю 5 см / піксель

Стабільна платформа для запуску з руки і автономної посадки

Рис. 1.5. Будова та основні характеристики БПЛА PD 1900

Керування БПЛА PD 1900 здійснюється за допомогою універсального пульта ДУ **Spektrum DX6i**.

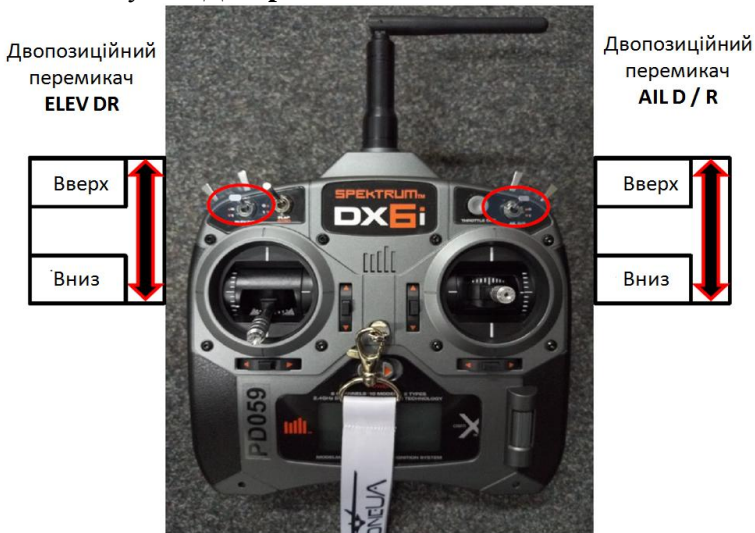


Рис. 1.6 Пульт ДУ Spektrum DX6i

Маніпуляція лівим джойстиком вгору / вниз - управління двигуном. **Вгору (від себе)** - включає двигун, **вниз (на себе)** - вимикає двигун, і відповідно регулює його оберти. Крайнє нижнє положення джойстика - двигун вимкнений. Маніпуляція лівим джойстиком вліво / вправо - управління кермом напрямку. Маніпуляція **вліво** або **вправо** задає відповідну зміну курсу в горизонтальному польоті.

Маніпуляція правим джойстиком вгору / вниз - управління кермом висоти. **Вгору (від себе)** - зниження літака, **вниз (на себе)** - набір висоти. Маніпуляція правим джойстиком вліво / вправо - управління елеронами (зміна кута нахилу літака відносно поздовжньої осі). Маніпуляція **вліво - крен вправо, вправо - крен вліво**.

Керування БПЛА за допомогою пульта управління може здійснюватись в чотирьох основних режимах. Зміна режимів виконується спеціальними двопозиційними перемикачами (рис. 1.6).

Положення перемикачів та опис основних режимів наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Режими управління БПЛА PD 1900

ELEV D/R поло- ження	AIL D/R поло- ження	Режим	Опис режиму
Верхнє	Нижнє	Manual	Ручнє керування. Канали з радіоприймача передаються безпосередньо на приводи. Стабілізація відключена.
Верхнє	Нижнє	FBWA	Автопілот відхиляє літак на кути відхилення важелів управління креном і тангажем, газ управляється вручну. Стабілізація включена. Основний режим управління для польотів в ручному режимі.
Нижнє	Нижнє	Auto	Автоматичнє проходження по попередньо запрограмованому маршруту. Можливе підрулювання кермом напрямку, якщо це необхідно, наприклад при посадці.
Нижнє	Верхнє	RTL	Платформа автоматично повертається до точки запуску і починає кружляти на висоті 100 м.

Лабораторна робота 2. (4 год.)

Тема: Створення проекту польоту в програмі Mission Planer.

Мета: Навчитись планувати польоти для знімання місцевості безпілотним літальним апаратом літакового типу.

У даній лабораторній роботі розглядається етап планування польотної місії в програмі Mission Planer. Даний сценарій передбачає застосування простого і ефективного методу Survey (Grid) (Політ за маршрутом). Метод передбачає виділення площі, вибір моделі камери, значень поздовжніх і поперечних перекриттів для знімків та інші налаштування польотного завдання (курс польоту, висота, швидкість, точки автоматичного зльоту і посадки).

Для виконання завдання студент повинен мати інформацію про об'єкт знімання (площа, місце розташування), масштаб створюваного ортофотоплану та роздільну здатність зображення, погодні умови на час виконання знімання.

Порядок виконання роботи

1. Відкриваємо програму **Mission Planer**, переходимо у вкладку **Flight Plan**. Визначаємо ділянку, на якій необхідно виконати знімання. У якості підкладки можна вибрати космічні знімки з різних серверів, список яких розташований у правій частині вікна.

2. Переходимо до пункту **Draw Polygon - Add Polygon Point**, натиснувши правою кнопкою миші. Додаємо стільки точок, скільки необхідно, щоб виділити площу знімання. При натисканні на точку полігону і утриманні, її можна пересувати. Якщо необхідно видалити точку, правим натисканням вибираємо пункт видалити точку **Delete WP**.

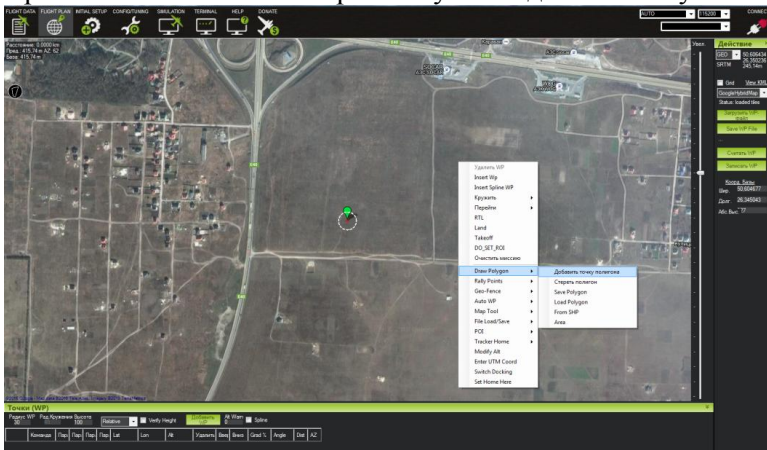


Рис. 2.1. Вибір ділянки знімання

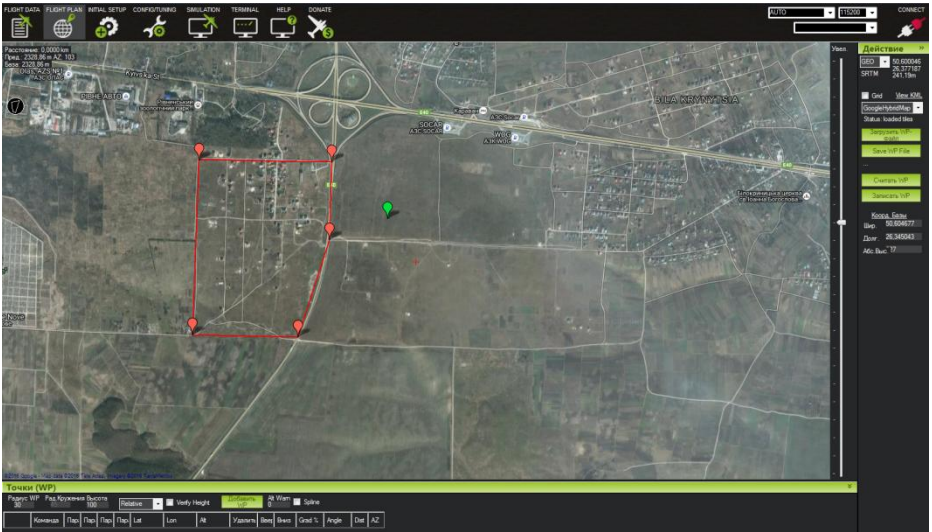


Рис. 2.2. Окреслення меж ділянки робіт

3. Після виділення меж полігону переходимо до побудови маршруту. Для цього у пункті **Auto WP** контекстного меню вибираємо підпункт **Survey (Grid)**. У новому вікні буде автоматично згенерований маршрут польоту.

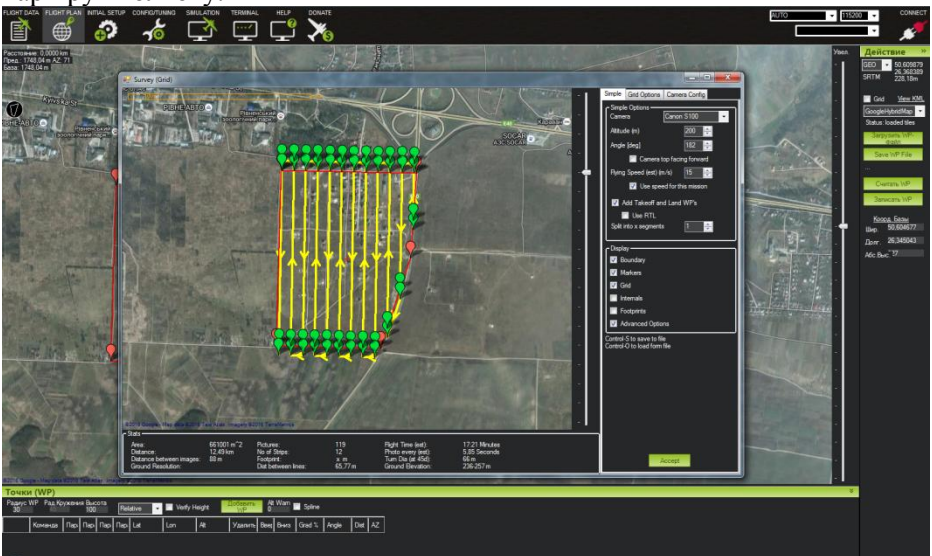


Рис. 2.3. Проектування маршрутів зльоту

4. Вирівнюємо маршрути таким чином, щоб довші їх ділянки пролягали перпендикулярно до напрямку вітру, а розвороти при заході на наступний маршрут повинні виконуватись проти вітру. Для вирівнювання маршруту треба скористатися графою **Angle (deg)** у вкладці **Simple** і встановити відповідне значення. (В даному прикладі значення = 182°).

5. У вкладці **Simple** встановлюємо значення висоти польоту **Altitude (m)**. Від даного значення будуть залежати роздільна здатність знімків на місцевості і кількість маршрутів.

6. У правому верхньому кутку, в графі **Camera** вибираємо модель камери, яка буде використовуватися. Якщо камера встановлюється уздовж платформи, як в даному прикладі, графа **Camera top facing forward** не повинна бути активною.

7. Встановлюємо значення середньої швидкості польоту **Flying Speed (est) (m/s)** (рекомендована 15м/с). Графа **Use speed for this mission** повинна бути активною.

8. Додаємо точки зльоту і посадки, для цього графа **Add Takeoff and Land WP's** повинна бути активною.

9. Відкоригуємо параметри вкладки **Grid Options**, встановивши значення поздовжніх і поперечних перекриттів для знімків, що в свою чергу зменшує або збільшує кількість маршрутів. Рекомендовані значення: 70% для Overlap (Поздовжнє) і 70% для Sidelap (Поперечне). Крім значення перекриттів слід збільшити довжину маршрутів за межами ділянки знімання для виконання розворотів БПЛА та заходу на новий маршрут. Для цього в полях **OverShot** та **LeadIn** рекомендується задати відстані по 50 м. У полі **Start From** є можливість вказати з якого краю починати знімання. Слід обрати такий варіант, при якому розвороти будуть здійснюватись проти вітру.

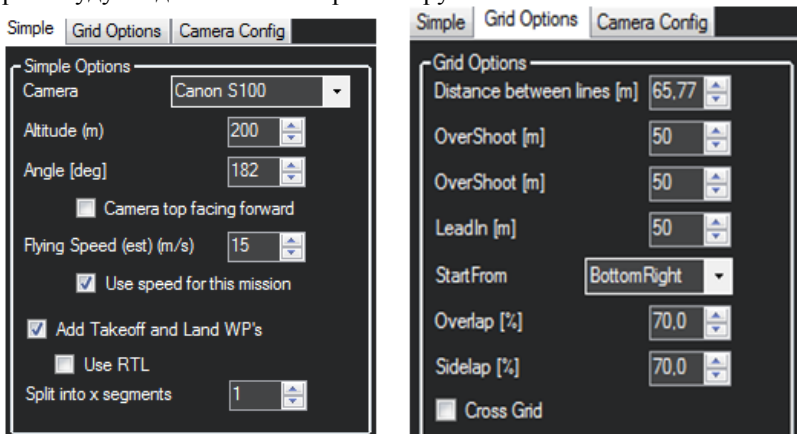


Рис. 2.4. Налаштування параметрів зальоту

Всі польотні характеристики і параметри зйомки будуть відображені в нижній частині вікна.

Stats					
Area:	677174 m ²	Pictures:	115	Flight Time (est):	16:50 Minutes
Distance:	12.12 km	No of Strips:	11	Photo every (est):	5.85 Seconds
Distance between images:	88 m	Footprint:	292.3 x 219.2 m	Turn Dia (at 45d):	66 m
Ground Resolution:	7.31 cm	Dist between lines:	65.77 m	Ground Elevation:	236-257 m

Рис. 2.5. Польотні характеристики і параметри зйомки

10. Повертаємось у вкладку **Simple** і натискаємо **Accept**. Програма повернеться в пункт меню **Flight Plan** і на схемі з'явиться точка **H** (Home) - точка, з якої планується запуск БПЛА та його посадка. Цю точку необхідно розташувати на відкритому просторому майданчику, щоб забезпечити безпечний зліт і посадку БПЛА.

11. Змінюємо значення стовпця **Pitch Angl** для точки 1 TAKEOFF на 30°.

12. Запроєкуємо додаткові точки для виконання зльоту проти напрямку вітру та забезпечення плавного набору висоти. Для цього викликаємо контекстне меню правою кнопкою миші та виконуємо команду **Insert Wp**. В стовпці **Alt** встановлюємо висоту точки 30-40 м і переміщуємо її в протилежному до вітру напрямку на таку відстань, щоб значення в стовпці **Grad%** не перевищувало 25%. Аналогічним чином проєкуємо наступні додаткові точки до початкової точки маршруту знімання, з таким розрахунком, щоб кут зльоту між ними не перевищував 25%. Коригувати кут набору висоти можливо зближенням або віддаленням заданої точки щодо попередньої в маршруті. Усі точки на маршруті знімання мають однакову висоту, вибрану у попередніх пунктах.

13. Проєкування посадки БПЛА. Для цього після останньої точки маршруту знімання вставляємо додаткові точки, поступово знижуючи їх висоти, таким чином, щоб кут посадки стовпці **Grad%** на кожній ділянці не перевищував 15%. Висота останньої точки перед посадкою 10 м. Посадку, як і зліт, потрібно виконувати проти вітру.

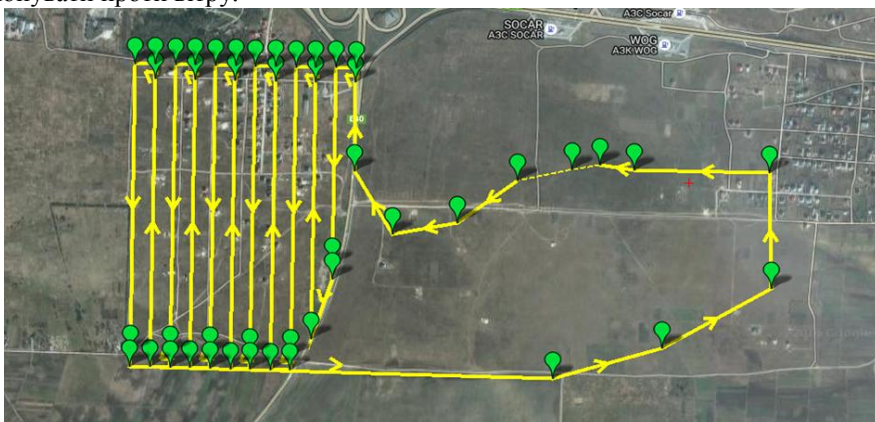


Рис. 2.6. Проєкування зльоту і посадки БПЛА

Точки (WP)															
Радиус WP		Рад. Кружения		Высота		Relative		Verify Height		Добавить WP		Alt Warn		Spline	
30		45		100								0			
	Команда					Lat	Long	Alt	Удалить	Вверх	Вниз	Grad %	Angle	Dist	AZ
1	TAKEOFF	30	0	0	0	0	0	0	X			0	0	0	0
2	WAYPOINT	0	0	0	0	50.6044046	26.3481331	40	X			21.8	12.3	183.3	257
3	WAYPOINT	0	0	0	0	50.6030564	26.3453650	100	X			24.4	13.7	246.2	232
4	WAYPOINT	0	0	0	0	50.6027159	26.3423395	150	X			23.1	13.0	216.9	260
5	WAYPOINT	0	0	0	0	50.60471	26.34056	200	X			19.6	11.1	254.8	330
6	WAYPOINT	0	0	0	0	50.607499	26.340639	200	X			0.0	0.0	310.2	1
40	WAYPOINT	0	0	0	0	50.598559	26.330163	200	X			0.0	0.0	49.9	181
41	WAYPOINT	0	0	0	0	50.598167	26.349764	200	X			0.0	0.0	1384.1	92
42	WAYPOINT	0	0	0	0	50.5991339	26.3548279	150	X			-13.4	-7.6	373.2	73
43	WAYPOINT	0	0	0	0	50.6009999	26.3599133	100	X			-12.1	-6.9	414.6	60
44	WAYPOINT	0	0	0	0	50.6046498	26.3598275	50	X			-12.3	-7.0	405.9	359
45	WAYPOINT	0	0	0	0	50.6047315	26.3535404	10	X			-9.0	-5.2	443.8	271
46	LAND	0	0	0	0	50.6048813	26.3519740	0	X			-8.9	-5.1	111.8	279

Рис. 2.7. Параметри запроєктованих точок маршруту

14. Перевіряємо усі параметри та зберігаємо запроєктований маршрут на комп'ютері (Save WP File).

Лабораторна робота №3 (2 год.)

Тема: Керування польотом квадрокоптера *PHANTOM 3 Professional*.

Мета: Навчитись виконувати передполітну підготовку квадрокоптера, керувати квадрокоптером в ручному та автоматичному режимах.

Підготовка квадрокоптера до польоту починається з видалення фіксатора підвісу та встановлення пропелерів (рис 3.1).

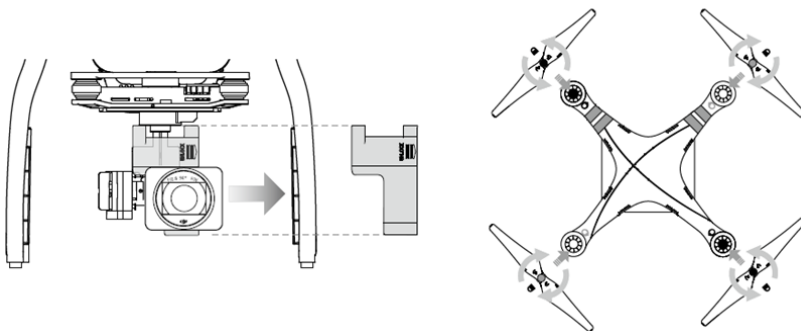


Рис. 3.1. Видалення фіксатора підвісу та встановлення пропелерів

Пропелери з чорними гайками встановлюються на двигуни з чорними крапками і закручуються проти руху годинникової стрілки.

Пропелери з сірими гайками встановлюються на двигуни без чорних крапок і загвинчуються за рухом годинникової стрілки.

Після збирання квадрокоптера виконуємо підготовку пульта ДУ. Нахиляємо тримач мобільних пристроїв у потрібне положення та повертаємо антени так, щоб вони дивились назовні (рис. 3.2).

- 1) натискаємо кнопку на правому боці тримача, щоб звільнити фіксатор та налаштувати розмір під мобільний пристрій;
- 2) закріплюємо пристрій у тримачі;
- 3) підключаємо пристрій до пульта ДУ за допомогою USB-кабеля.

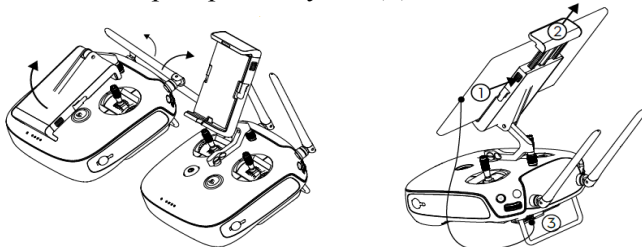


Рис. 3.2. Підготовка пульта ДУ

Для забезпечення стабільності роботи коптера перед першим польотом потрібно виконати калібровку компаса в наступній послідовності:

- 1) Вибираємо відкритий простір, натискаємо "MODE" в додатку **DJI Pilot** і вибираємо "Compass Calibration".

2) Утримуючи коптер в руках, повертаємо його в горизонтальній площині на 360° , після чого індикатор стану коптера повинен загорітись зеленим кольором (рис. 3.3а).

3) Утримуючи коптер вертикально носом вниз повертаємо його на 360° навколо центральної осі (рис. 3.3б). Якщо після калібрування індикатор мигає червоним або жовтим, його слід перемістити в інше місце і виконати калібрування заново.

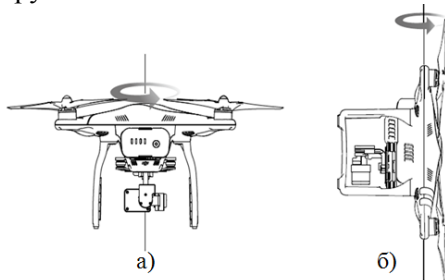


Рис. 3.3. Калібрування компаса



При виконанні калібрування компаса необхідно дотримуватись наступних вимог:

- не калібрувати компас в місцях із сильними магнітними перешкодами (магніти, автостоянки, залізниці та ін);
- не мати при собі магнітних матеріалів (ключі, мобільні телефони тощо);
- не калібрувати компас поряд з масивними металевими предметами;
- не калібрувати компас в середині приміщень.

Після успішного виконання процедури калібрування компасу перед здійсненням польоту необхідно виконати передполітні перевірки згідно наступного списку:

- Акумулятори коптера, пульта ДУ і мобільного пристрою повинні бути повністю заряджені.
- Пропелери встановлені правильно і надійно закріплені
- Мікро SD- карта вставлена.
- Підвіс функціонує нормально.
- Двигуни вільно обертаються і нормально функціонують.
- Додаток **DJI Pilot** має зв'язок з коптером.

Автозліт і автопосадка

- Запускаємо **DJI Pilot** і переходимо на закладку «**Camera**».
- Переконаємось, що коптер знаходиться в режимі «**P**».
- Перевіряємо коптер за передполітним контрольним списком.
- Натискаємо “” і підтверджуємо умови польоту. Проводимо по екрану для підтвердження зльоту.
- Коптер злітає та зависає на висоті 1,5 м над землею.
- Для здійснення автопосадки необхідно переконавшись, що коптер знаходиться в режимі «**P**», перевірити місце приземлення. Натискаємо “” і здійснюємо посадку.

Зліт та посадка в ручному режимі

Для здійснення польоту в ручному режимі потрібно користуватись лівою і правою ручками пульта ДУ.

Запуск двигунів

Щоб запустити двигуни необхідно перевести обидві ручки вниз до центру або вниз у різні боки (рис.3.4). Після запуску двигунів одночасно відпустити обидві ручки.

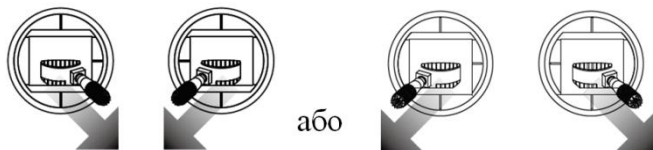


Рис. 3.4. Запуск двигунів

Зупинка двигунів

Спосіб 1: Коли коптер приземлився, перевести ручку газу вниз (1), а потім перевести обидві ручки вниз до центру чи вниз і різні боки (2) **Combination Stick Command (CSC)**. Коли двигуни повністю зупиняться, відпустити ручки.

Спосіб 2: Коли коптер приземлився, опустити і утримувати ручку газу. Через 3 секунди двигуни зупиняться.

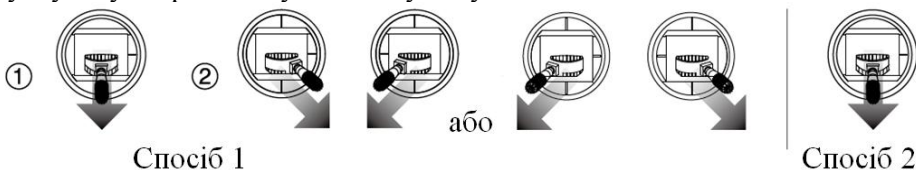


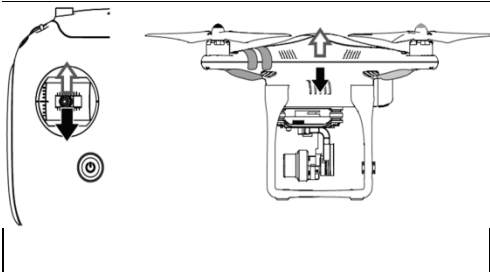
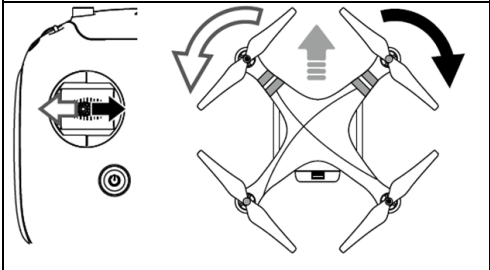
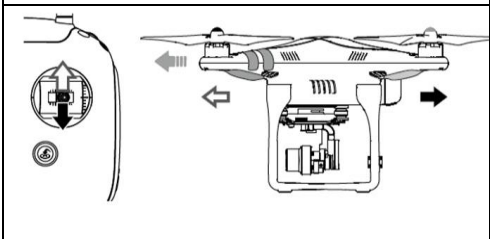
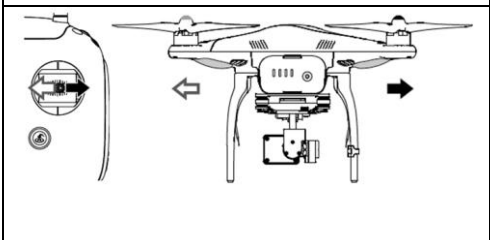
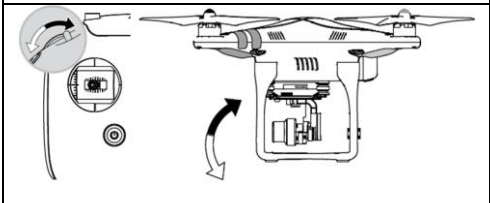
Рис. 3.4. Зупинка двигунів

Порядок зльоту та посадки в ручному режимі

- Розміщуємо коптер на відкритому рівному майданчику так, щоб індикатори батареї були повернуті до оператора.
- Вмикаємо пульт ДУ і мобільний пристрій, а потім коптер.
- Запускаємо додаток **DJI Pilot** і переходимо на закладку «**Camera**».
- Чекаємо, щоб індикатор коптера замигав зеленим кольором. Це значить, що точка «дом» записана успішно.
- Переводимо повільно ручку газу вгору.
- Для приземлення над рівною поверхнею обережно тягнемо ручку газу вниз, коптер почне знижатись.
- Після приземлення виконуємо команду **Combination Stick Command (CSC)** або переводимо ручку газу в нижнє положення на 3 секунди і більше, поки двигуни повністю не зупиняться.
- Спочатку вмикаємо коптер, а потім пульт ДУ.

Особливості ручного керування коптером під час польоту показано в таблиці 3.1.

Керування коптером та підвісом камери

	<p>Переміщення лівої ручки вгору і вниз змінює висоту коптера. Коли обидві ручки в центрі, коптер знаходиться на одному місці. Чим далі ручка від центрального положення, тим швидше коптер змінює висоту.</p>
	<p>Переміщення лівої ручки вліво і вправо керує обертанням коптера. Натиск вліво повертає проти годинникової стрілки, натиск вправо – за годинниковою стрілкою. Чим далі ручка від центрального положення, тим швидше коптер обертається.</p>
	<p>Переміщення правої ручки вгору і вниз переміщує коптер вперед і назад. Чим далі ручка від центрального положення, тим більший кут нахилу і більша швидкість польоту.</p>
	<p>Переміщення правої ручки вліво і вправо нахилає коптер вліво чи вправо. При відхиленні ручки вліво, коптер летить вліво і при відхиленні ручки вправо, коптер летить вправо.</p>
	<p>Поворот диска вправо переміщує камеру вгору, а вліво - вниз. Якщо диск нерухомий, то камера залишається в своєму попередньому положенні</p>

Лабораторна робота №4 (4 год.)

Тема: Виконання знімання ділянок місцевості з використанням БПЛА вертолітного типу

Мета: Навчитись планувати та виконувати знімання за допомогою БПЛА вертолітного типу.

Польові роботи при виконанні знімання з БПЛА включають безпосередньо аерознімання та геодезичні прив'язувальні роботи. Більшість непрофесійних БПЛА не укомплектовані високоточними GNSS-приймачами з функцією RTK, а отже не дозволяють з потрібною точністю визначати координати центрів проекції. Для отримання високоточних ортофотопланів місцевості за таким матеріалами необхідно виконувати польову планово-висотну підготовку знімків.

У якості планово-висотних опознаків можуть використовуватись чіткі контури та об'єкти місцевості. У випадку відсутності таких об'єктів безпосередньо перед виконанням знімання необхідно розкласти штучні маркери, форма, розмір і колір яких дозволить точно ідентифікувати їх на знімках і використати для геодезичної прив'язки. Визначення просторових координат маркерів найефективніше виконувати шляхом GNSS-спостережень в режимі RTK.

Після виконання прив'язувальних робіт переходимо до планування зальотів. Для планування місії використаємо програмне забезпечення **Drone Deploy**, яке має бути встановлене на мобільному пристрої.

Щоб розпочати планування місії потрібно запустити додаток, завантажити підкладку і натиснути кнопку **Start Sim**.

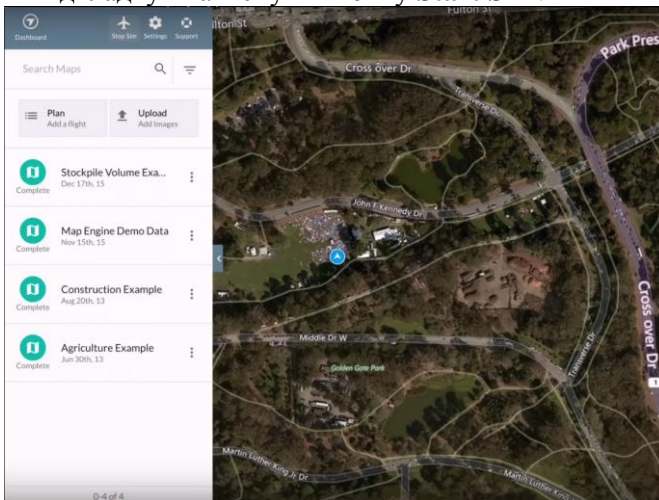


Рис. 4.1. Завантаження підкладки та визначення місця зльоту

На підкладці з'явиться значок, який вказує на розташування місця зльоту. Далі необхідно створити план польоту, для чого треба натиснути кнопку **Plan**.

Відкриється вікно планування польоту, в якому вводиться назва об'єкта, задається площа та конфігурація об'єкта знімання, а також висота і напрям польоту.

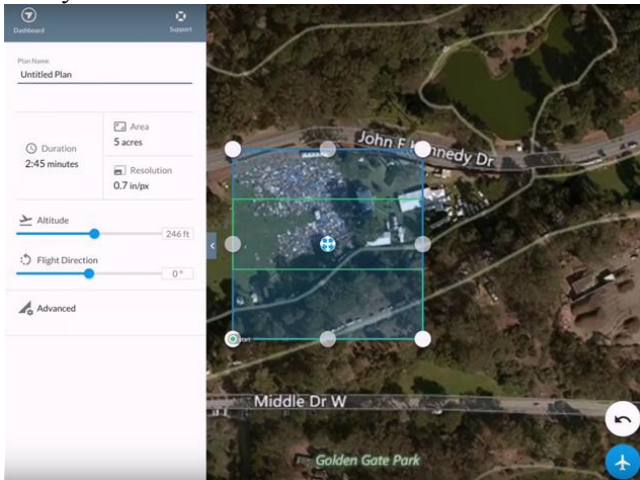


Рис. 4.2. Планування польоту

Програма показує площу знімання, час виконання місії і роздільну здатність на місцевості. Додаток дозволяє окреслювати площу знімання довільної конфігурації. Далі слід увійти в розширені налаштування, натиснувши кнопку **Advanced**.



Рис. 4.3. Вікно розширених налаштувань

В цьому вікні треба встановити розмір поздовжнього та поперечного перекриттів та вибрати точку початку знімання. Також можна вибрати автоматичне або ручне налаштування камери.

Далі переходимо до передполітних перевірок, натиснувши на піктограму з літаком у нижньому правому куті вікна.

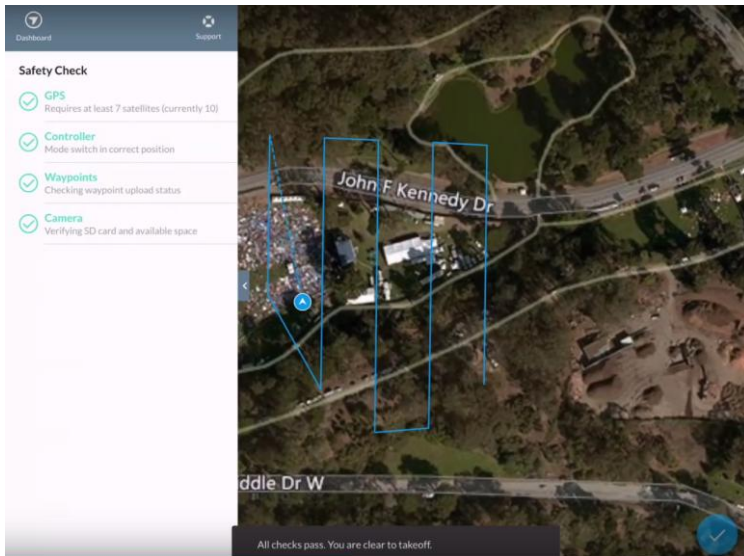


Рис. 4.4. Вікно передполітних перевірок

Перевіряємо, чи достатня кількість GPS супутників, чи у вірному положенні знаходиться перемикач режимів польоту, завантаження точок польоту та наявність вільного місця на карті пам'яті камери. Якщо всі перевірки виконані, натискаємо піктограму з галочкою, в результаті чого коптер починає автоматичний зліт. У лівій частині вікна програми відображається поточний стан коптера (рис.4.5) за наступними показниками:

- рівень заряду батареї;
- час виконання місії;
- поточна висота відносно точки зльоту;
- швидкість польоту;
- відстань до базової точки.

Після закінчення місії квадрокоптер повернеться на точку зльоту і здійснить посадку в автоматичному режимі. Якщо виникає необхідність повернути коптер по середині місії, можна це зробити, затиснувши піктограму **Home** із зображенням будиночка.



Рис. 4.5. Вікно відображення поточного стану коптера під час польоту

Лабораторна робота №5 (4 год.)

Тема: *Опрацювання результатів знімання в програмі **Drone deploy**.*

Мета: *Навчитись опрацьовувати матеріали аерознімання в програмі **Drone Deploy**.*

Опрацювання матеріалів безпілотно аерознімання в програмі **Drone Deploy** здійснюється на сервері компанії. Для отримання ортофотоплану чи 3D моделі місцевості необхідно лише зареєструватись на сайті компанії, обрати один із трьох запропонованих пакетів опрацювання матеріалів (**Explorer**, **Pro** і **Business**) та експортувати матеріали знімання.

Порядок реєстрації та обробки матеріалів аерознімання на сайті компанії **Drone Deploy**

1. Заходимо на сайт компанії **Drone Deploy** (www.dronedeploy.com).

2. Переходимо на сторінку реєстрації (**Sign Up**).

3. Проходимо процедуру реєстрації з безкоштовним акаунтом.

4. Після підтвердження реєстрації заходимо в програму, виконавши команду **Log in**. Відкриється вікно завантаження знімків (рис. 5.1).

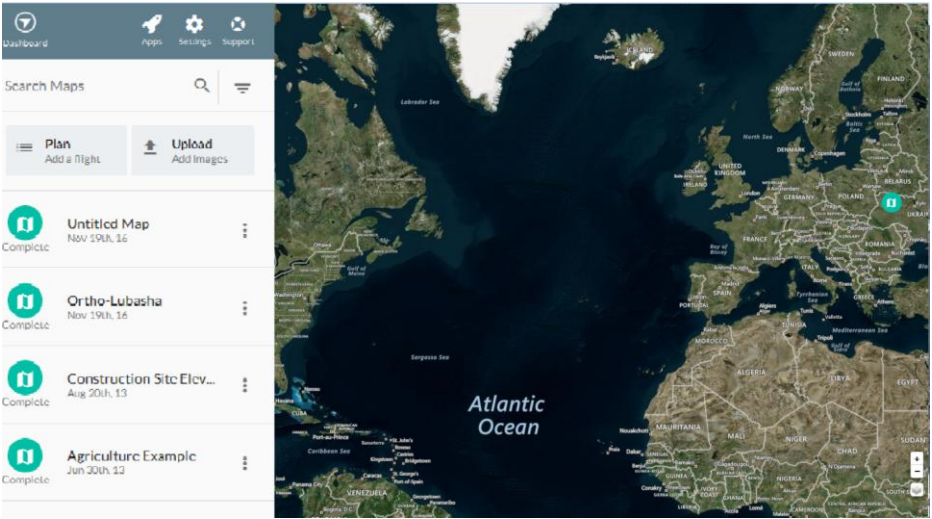


Рис. 5.1. Вікно завантаження знімків

5. Завантажуємо знімки, натиснувши кнопку

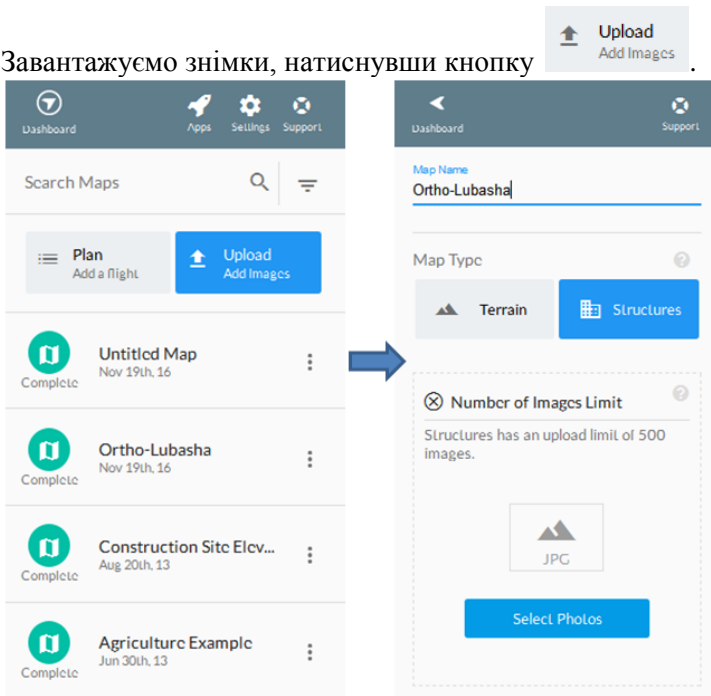


Рис. 5.2. Створення проекту та вибір знімків для завантаження

6. Після вибору знімків відкриється вікно, в якому показується розташування центрів знімків на підкладці та параметри обробки завантажених знімків.



Рис. 5.3. Розташування центрів знімків

В даному вікні можна вказати площу, на яку планується створення ортофотоплана чи моделі. Також є можливість прискорення процесу завантаження та опрацювання знімків за рахунок зменшення вдвічі роздільної здатності зображень. Для цього потрібно активувати функцію **Turbo Upload** на панелі інструментів.

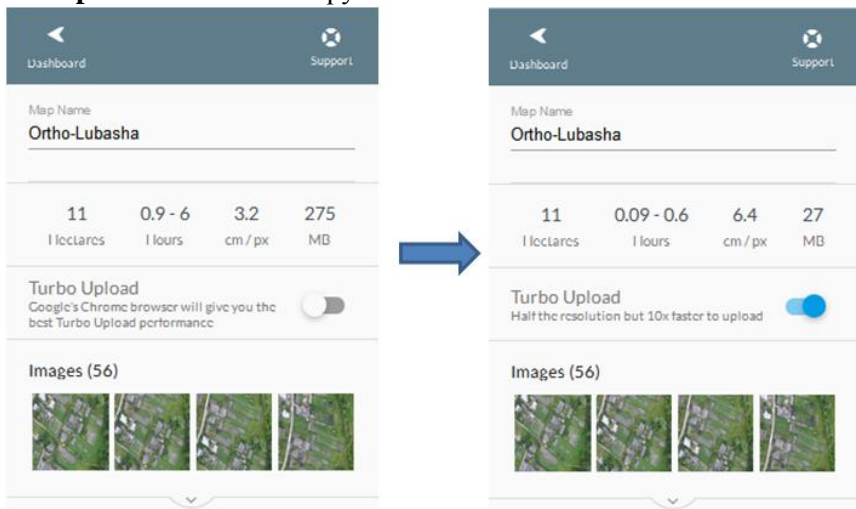



Рис. 5.4. Прискорене опрацювання знімків


7. Після виконання всіх потрібних налаштувань натискаємо на значок  в правому нижньому кутку вікна і починається завантаження знімків на сервер.

8. Коли всі знімки будуть завантажені з'явиться відповідне повідомлення

34 Images Uploaded Successfully
Your map is now processing. You will receive an email when its ready.

[GO TO DASHBOARD](#)

Натискаємо на повідомлення **GO TO DASHBOARD**, щоб перейти до звіту про виконання обробки.

На панелі інструментів з'явиться значок  із назвою поточного проекту. Після натискання на цей значок програма відкриває вікно **Map Engine**

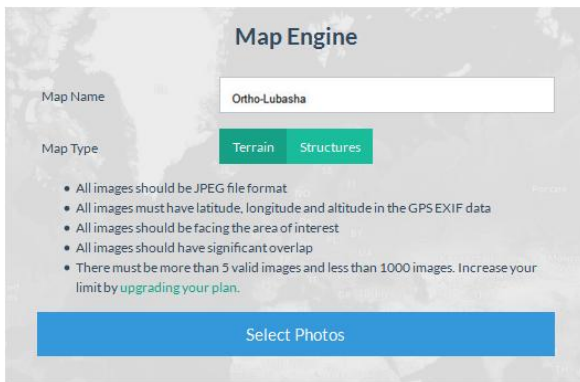


Рис. 5.4. Вікно Map Engine

Натискаємо на **Select Photos** і вибираємо знімки для опрацювання.

Поки триває процес опрацювання знімків на панелі інструментів назва поточного проекту відмічена значком **Processing**.

9. Після закінчення обробки на email зареєстрованого користувача приходить відповідне повідомлення, а на панелі інструментів біля назви поточного проекту з'являється значок **Complete**

Результатами опрацювання знімків є:

- ортофотоплан місцевості;
- 3D модель місцевості;
- карта стану рослинності;
- карта висот місцевості;

Отримані результати потрібно викачати з сервера.

Лабораторна робота №6 (2 год.)

Тема: Опрацювання результатів знімання в програмі Agisoft PhotoScan Professional. Вирівнювання фотознімків.

Мета: Ознайомитись з інтерфейсом програми Agisoft PhotoScan Professional. Навчитись виконувати вирівнювання фотознімків.

Agisoft PhotoScan Professional - програма, призначена для обробки матеріалів аерофотозйомки і отримання ортофотопланів та цифрових моделей місцевості.

Обробка матеріалів аерофотозйомки складається з наступних основних етапів:

1) **Вирівнювання фотознімків.** На цьому етапі виконується:

- пошук спільних точок на знімках,
- визначення елементів взаємного орієнтування знімків,
- формування первинної моделі місцевості, що складається із спільних точок (розрідженої хмари точок).

2) **Прив'язка моделі** в необхідній системі координат. Може виконуватися за координатами центрів фотографування (КЦФ), за координатами точок наземної опорної мережі або по тим і іншим. Дані для прив'язки можуть бути завантажені як до вирівнювання, так і після. Як правило, КЦФ завантажують разом зі знімками і використовуються на етапі вирівнювання (alignment), а координати наземних точок завантажуються після формування первинної моделі, і за ними проводиться точна прив'язка.

3) **Оптимізація.** По суті, є строгим вирівнюванням параметрів орієнтування знімків. Виконується на основі даних про положення центрів фотографування і наземних опорних точок. Може виконуватися як з фіксованими параметрами калібрування камери, так і з вільними. У другому випадку є аналогом урівнювання з самокалібруванням.

4) **Побудова щільної хмари точок.** На цьому етапі виконується повторний пошук спільних точок, і визначення їх положення. Щільність результуючої хмари точок при цьому виявляється досить високою - в найбільш детальному режимі побудови щільної хмари аналізується буквально кожен піксель вихідних фотографій, і для всіх пікселів визначається положення відповідних їм точок на місцевості.

5) **Формування полігональної моделі місцевості.** Побудова цифрової моделі місцевості (матриці висот) і ортофотоплану в PhotoScan проводиться з використанням полігональної моделі місцевості. Модель формується на основі триангуляції за точками щільної хмари, частина точок при цьому фільтрується.

6) **Експорт ортофото.** На підставі побудованої полігональної моделі місцевості виконується вибір ділянок вихідних знімків, відповідних окремим полігонам моделі, і проектування їх на задану поверхню. При експорті можна вибрати тип проектування, систему координат, задати роздільну здатність ортофото і межі області експорту.

7) **Експорт 3D-моделі** в одному з наступних форматів: Wavefront OBJ (.obj), 3DS models (.3ds), VRML (.wrl), COLLADA (.dae), Stanford PLY (.ply), Autodesk DXF (.dxf), U3D models (.u3d), Adobe PDF (.pdf).

Порядок виконання роботи

1) Створюємо та зберігаємо новий проект та завантажуюмо знімки, скориставшись командою меню **«Обробка»** - **«Додати фотографії»**.

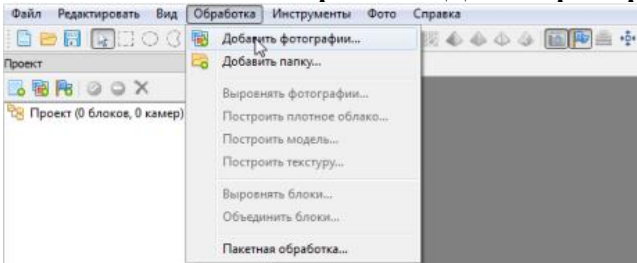


Рис. 6.1. Завантаження фотознімків

У відкритому далі вікні вибору файлів потрібно перейти до директорії з фотографіями, виділити всі фотографії, які потрібно завантажити, і натиснути кнопку **«Відкрити»**. Завантажені в проект фотографії відображаються у списку **«Фотографії»** на вкладці **«Проект»**. За допомогою пункту **«Додати папку»** в проект можна завантажити відразу всі зображення, що містяться в цій папці.

Якщо в проекті використовуються знімки з координатною прив'язкою, то їх положення відобразиться у вигляді синіх кульок.

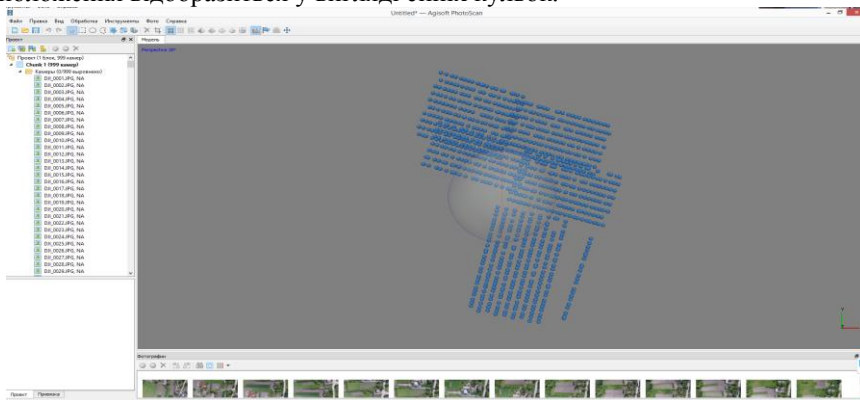


Рис. 6.2. Положення центрів фотографування

2) Вирівнювання фотознімків. Операція викликається з меню **«Обробка»» «Вирівняти фотографії»**.

В ході виконання цієї операції PhotoScan виконує:

- пошук характерних точок на фотографіях;
- пошук відповідностей між цими точками;
- визначення взаємного розташування площин знімків і спільних точок, і одночасно з цим - визначення параметрів оптичної системи, найбільш відповідних знайденим параметрам;
- формування точкової моделі місцевості.

Параметри вирівнювання

Виконання операції вирівнювання регулюється наступними параметрами:

- Точність (Accuracy);
- Преселекція пар (Pair preselection);
- Макс. кількість точок (Point limit);
- опцією Використовувати маску для фільтрації відповідностей (Constrain features by mask).

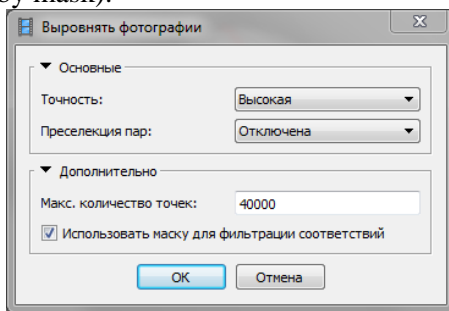


Рис. 6.3. Параметры вирівнювання

Параметр **Точність** буває: *дуже висока, висока, середня, низька, дуже низька*. Підвищення точності призводить до збільшення часу обробки. Для навчальних цілей достатньо обрати середню точність.

Параметр **Преселекція пар** може приймати значення: *відключена, загальна або прив'язка*. Якщо відомі координати центрів фотографій для прискорення обробки слід обрати значення *прив'язка*. Якщо координати невідомі і потрібно виконати вирівнювання з високою або середньою точністю, треба вибрати значення *загальна*. При невеликій кількості знімків або, якщо вирівнювання виконується з низькою «точністю», можна не використовувати преселекцію пар (*відключена*).

Після закінчення операції формується:

- розріджена точкова модель місцевості, що складається з спільних точок;
- розрахункові координати і параметри орієнтування знімків;

– уточнені (в першому наближенні) параметри калібрування камери.

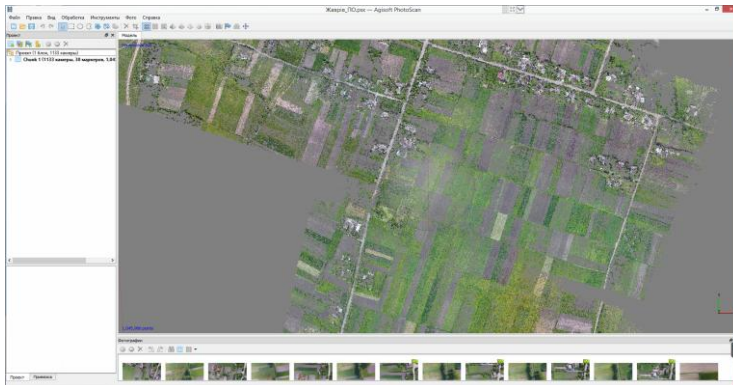


Рис. 6.3. Розріджена хмара точок

Лабораторна робота №7 (2 год.)

Тема: *Опрацювання результатів знімання в програмі Agisoft PhotoScan Professional. Прив'язка фотознімків та оптимізація положення камер.*

Мета: *Навчитись встановлювати маркери та виконувати оптимізацію положення камер на основі координат опорних точок.*

Наступним етапом після вирівнювання фотографій є маркування опорних точок і задання їх координат (в разі прив'язки за наземними опорними точками), а потім - оптимізація прив'язки.

Маркери в PhotoScan - це мітки (марки) опорних точок, які використовуються для прив'язки моделі і контролю точності. У програмі реалізовано два режими встановлення маркерів - ручний і автоматичний.

Встановлення маркерів в ручному режимі

Спочатку потрібно перейти в режим роботи з фотографією, для чого потрібно двічі клацнути на імені знімка на панелях «Проект», «Опорні точки» або «Фотографії». При цьому повинна відкритися вкладка з обраною фотографією. Далі потрібно включити режим редагування маркерів, натиснувши кнопку «Редагувати маркери» на панелі інструментів. Користуючись мишею для переміщення і масштабування зображення, потрібно знайти опорний знак, і клацнувши на ньому правою кнопкою, викликати контекстне меню:

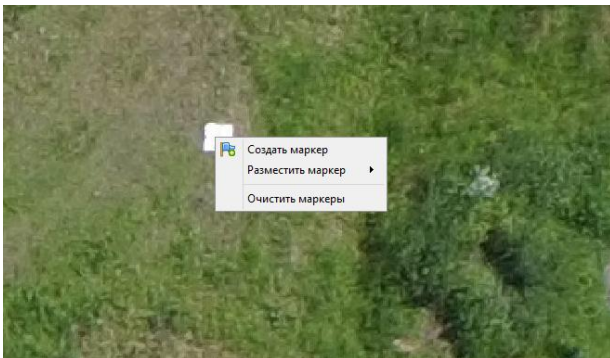



Рис. 7.1. Встановлення маркерів

Меню дозволяє створити на потрібній точці новий маркер або розмістити в ній один з вже існуючих маркерів. Якщо попередньо виконане вирівнювання, то досить вказати положення маркерів на двох знімках. Проекції маркерів на решті знімків програма зобразить автоматично у вигляді спущених прапорців сірого кольору. Такі маркери не є активними і в обробці участі не приймають. Для активізації на них потрібно клацнути мишкою і, якщо потрібно, уточнити їхнє місцеположення.

Автоматичне встановлення маркерів

В даному режимі після встановлення маркера на одному знімку, програма автоматично розставляє маркери на всіх фотографіях, на яких зображений зазначений опорний знак. Причому встановлені мітки - активні. Це дозволяє скоротити витрати часу, так як немає необхідності вручну переміщувати або підтверджувати правильність встановлення всіх міток - потрібно тільки перевірити їх встановлення. Автоматично встановлені маркери мають вигляд синіх піднятих прапорців, маркери, чиє положення було відредаговане користувачем, і маркери, встановлені вручну - відображаються зеленими піднятими прапорцями. Режим, в якому проводиться встановлення маркерів - вручну або автоматично, залежить від наявності полігональної моделі в активному блоці. Якщо модель ще не побудована, встановлення маркерів проводиться в ручному режимі. Після побудови моделі маркери встановлюються в автоматичному режимі.

Встановлені маркери відобразяться в таблиці на панелі «**Прив'язка**». Навпроти кожного маркера треба ввести координати в одній із обраних систем. Навпроти маркерів, які плануються використовуватись у якості контрольних точок значення координат вводити непотрібно.

Для вибору системи координат необхідно зайти у вікно «**Параметри опорних точок**», натиснувши кнопку  на панелі «**Прив'язка**».

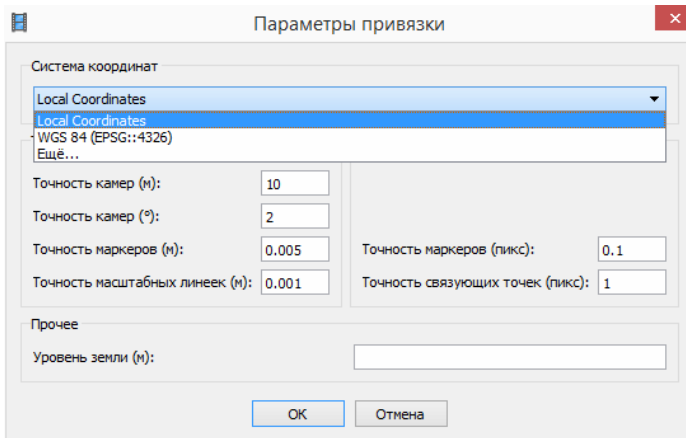





Рис. 7.2. Параметри прив'язки

Після вибору системи координат та їх введення у відповідній таблиці виконуємо процедуру оптимізації, натиснувши кнопку  на панелі «Прив'язка».

Результати проведеної оптимізації відобразяться в таблиці вихідних значень на панелі «Прив'язка». Переглянути таблицю можна, натиснувши кнопку .

Маркеры	X (м)	Y (м)	Z (м)	Точность (м)	Ошибка (м)	Проекции	Ошибка (пикс)
<input checked="" type="checkbox"/> point 20	2316183.959000	5588514.110000	230.877000	0.005000	0.005626	8	0.183
<input checked="" type="checkbox"/> point 21	2316096.018000	5588689.531000	233.374000	0.005000	0.012011	7	0.097
<input checked="" type="checkbox"/> point 22	2315489.392000	5587707.361000	235.080000	0.005000	0.027744	12	0.127
<input checked="" type="checkbox"/> point 23	2315703.860000	5587614.591000	238.083000	0.005000	0.035367	6	0.078
<input type="checkbox"/> point 24						7	0.158
<input checked="" type="checkbox"/> point 25	2315294.701000	5587203.695000	242.446000	0.005000	0.024027	6	0.199
<input checked="" type="checkbox"/> point 26	2315682.012000	5586917.661000	244.740000	0.005000	0.034036	10	0.204
<input checked="" type="checkbox"/> point 27	2315830.350000	5587305.654000	242.353000	0.005000	0.061986	13	0.708
<input type="checkbox"/> point 28						12	0.136
<input checked="" type="checkbox"/> point 29	2315494.058000	5587197.307000	241.304000	0.005000	0.026654	11	0.115
<input checked="" type="checkbox"/> point 30	2316085.815000	5587450.271000	244.440000	0.005000	0.044082	7	0.158
<input checked="" type="checkbox"/> point 31	2315908.451000	5587028.488000	243.292000	0.005000	0.048296	9	0.142
<input checked="" type="checkbox"/> point 32	2315664.631000	5586666.512000	248.295000	0.005000	0.006851	7	0.184
Общая ошибка					0.037423		0.224

Рис. 7.3. Таблиця вихідних значень

Детальну інформацію про помилки по кожній координаті можна переглянути в таблиці помилок, натиснувши кнопку .

Маркеры	Ошибка, X (м)	Ошибка, Y (м)	Ошибка, Z (м)	Точность (м)	Ошибка (м)	Проекция	Ошибка (пикс)
<input checked="" type="checkbox"/> point 20	0.001330	-0.004515	0.003081	0.005000	0.005626	8	0.183
<input checked="" type="checkbox"/> point 21	-0.006111	-0.009351	0.004413	0.005000	0.012011	7	0.097
<input checked="" type="checkbox"/> point 22	0.016461	-0.022334	-0.000079	0.005000	0.027744	12	0.127
<input checked="" type="checkbox"/> point 23	0.035035	0.004751	-0.000886	0.005000	0.035367	6	0.078
<input type="checkbox"/> point 24						7	0.158
<input checked="" type="checkbox"/> point 25	0.013412	-0.017632	0.009302	0.005000	0.024027	6	0.199
<input checked="" type="checkbox"/> point 26	-0.030119	-0.015314	0.004906	0.005000	0.034036	10	0.204
<input checked="" type="checkbox"/> point 27	-0.014219	-0.060176	0.004350	0.005000	0.061986	13	0.708
<input type="checkbox"/> point 28						12	0.136
<input checked="" type="checkbox"/> point 29	-0.025891	-0.002297	-0.005900	0.005000	0.026654	11	0.115
<input checked="" type="checkbox"/> point 30	0.007365	0.043239	0.004399	0.005000	0.044082	7	0.158
<input checked="" type="checkbox"/> point 31	0.004840	0.047912	-0.003672	0.005000	0.048296	9	0.142
<input checked="" type="checkbox"/> point 32	0.001901	0.006582	0.000068	0.005000	0.006851	7	0.184
Общая ошибка	0.025031	0.027076	0.006388		0.037423		0.224

Рис. 7.4. Таблица ошибок

Лабораторна робота №8 (2 год.)

Тема: Опрацювання результатів знімання в програмі *Agisoft PhotoScan Professional*. Побудова цільної хмари точок та полігональної моделі.

Мета: Навчитись будувати цільну хмару точок та полігональну 3D модель об'єкта знімання.

1. Побудова щільної хмари точок.

На даному етапі, по суті, проводиться повторний пошук спільних точок і визначення їх координат. Завдяки тому, що параметри взаємного орієнтування знімків вже відомі, для кожної точки на одному знімку область, в якій може перебувати відповідна їй точка на іншому знімку, відома і відносно невелика. Це дозволяє визначати загальні точки вірогідніше і суттєво підвищити їх кількість і щільність. Причому положення цих точок вже буде уточнене за результатами оптимізації на основі координат опорних точок. Щоб виконати побудову щільної хмари точок потрібно виконати команду «Обробка» > «Побудувати щільну хмару».

Побудова щільної хмари регулюється такими параметрами як **Якість** і **Фільтрація карт глибини**, які дозволяють змінювати щільність точок, і в деякій мірі фільтрувати недостовірні точки.

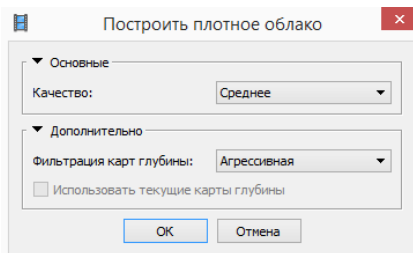


Рис. 8.1. Параметри побудови щільної хмари

Якість. Подібно до того, як при вирівнюванні використовується параметр *Точність*, на етапі побудови щільної хмари працює параметр **Якість**. Цей параметр задає щільність аналізованих пікселів на вихідних зображеннях і, відповідно, густоту щільної хмари точок. Параметр **Якість** може приймати значення *дуже низька, низька, середня, висока, дуже висока*. Від заданого рівня якості прямо залежить необхідна кількість оперативної пам'яті і тривалість розрахунку моделі.

Фільтрація карт глибини

На етапі побудови щільної хмари точок, PhotoScan розраховує карти глибин для всіх знімків. Внаслідок різних факторів - поганій текстурі деяких об'єктів, шумів, нерізкості і т.п., положення деяких точок може бути визначено неправильно - вони можуть в тій чи іншій мірі «провалюватися» або «підніматися» щодо оточуючих точок. Такі точки - випадкові викиди, необхідно відфільтрувати.

Фільтрація карт глибини може приймати значення *відключена, м'яка, помірна, агресивна*.

За замовчуванням використовується *«Агресивна фільтрація»*. Вона призводить до формування більш гладкої поверхні. Це значення добре підходить для зйомки об'єктів, що не мають значних дрібних деталей - наприклад, для аерофотозйомки природної місцевості з незначно розчленованим рельєфом.

«М'яку фільтрацію» варто використовувати, коли поверхні об'єктів зйомки досить складні і мають багато дрібних деталей. У цих випадках агресивна фільтрація могла б відфільтрувати і правильні точки.

Значення *«Помірна»* використовується для об'єктів, що мають проміжний характер.

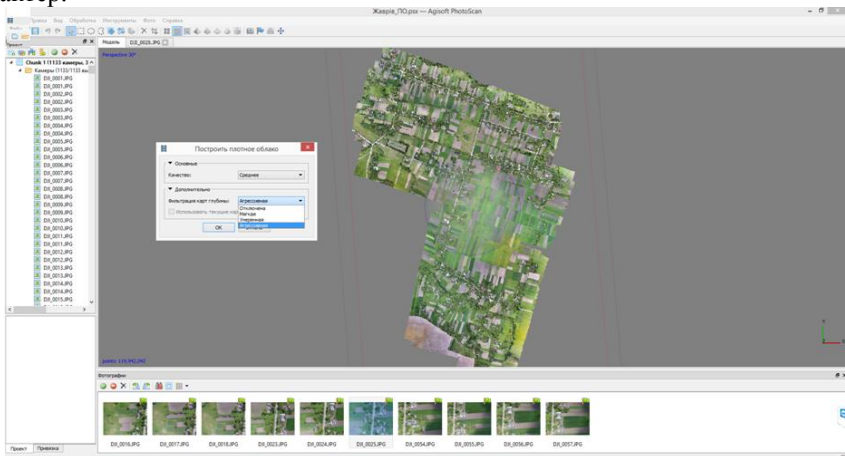


Рис. 8.2. Побудова щільної хмари

2. Побудова полігональної моделі.

Модель будується триангуляцією за точками щільної хмари і спрощенням отриманої поверхні таким чином, щоб зберігалася максимальна деталізація при мінімально необхідній кількості граней (полігонів) моделі.

Щоб побудувати полігональну модель, потрібно виконати команду «Обработка» «Побудувати модель». В результаті відкриється вікно параметрів моделі.

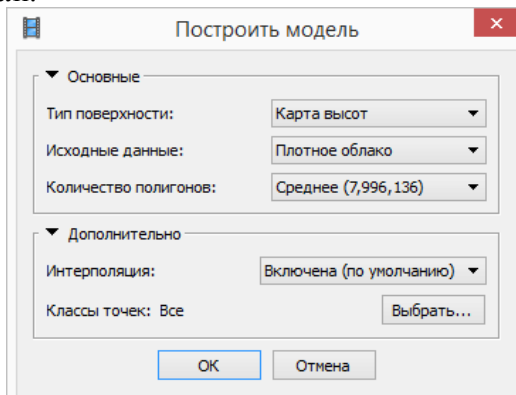


Рис. 8.3. Параметри моделі

Параметри побудови моделі

Тип поверхні. Пропонується два типи поверхні: *карта висот* і *довільний*.

Якщо при обробці матеріалів аерофотозйомки в якості результатів передбачається отримання ортофотоплану місцевості і матриці висот, використовується в основному тип поверхні «*карта висот*». Тип «*довільний*» застосовується переважно для отримання 3D-моделей окремих будівель і споруд.

Вихідні дані. Модель може бути побудована триангуляцією за розрідженою хмарою точок або за щільною. Відповідно, даний параметр задає, яка з точкових моделей використовується в якості вихідних даних.

Кількість полігонів. Деталізація отриманої моделі, як правило, надмірна. Тому після триангуляції проводиться фільтрація надлишкових полігонів - т.зв. децимація. Параметр кількість полігонів задає ступінь даної фільтрації. В даному параметрі необхідно вибрати один з трьох встановлених варіантів - *висока*, *середня* або *низька*, при цьому для кожного варіанту відображається максимальна кількість полігонів результуючої моделі, або вибрати значення «*користувацька*» і ввести в поле необхідну кількість полігонів.

Інтерполяція. Параметр визначає характер поверхні і спосіб заповнення пропущених ділянок.

Класи точок. За допомогою інструменту **Вибір класів** точок можна виділити конкретні класи точок, які необхідно використовувати при побудові моделі. Щоб скористатися цією опцією, необхідно попередньо виконати класифікацію точок.

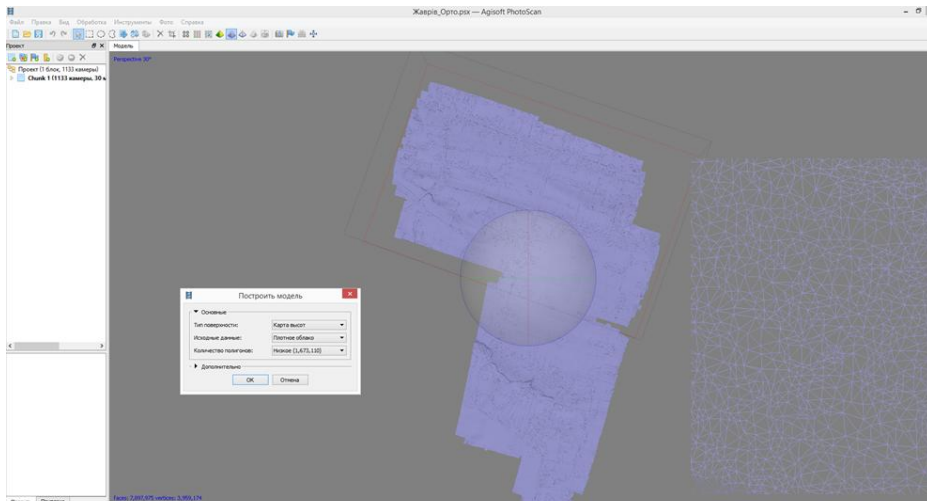


Рис. 8.4. Побудова полігональної моделі

Лабораторна робота №9 (2 год.)

Тема: *Опрацювання результатів знімання в програмі Agisoft PhotoScan Professional. Побудова та експорт ортофотоплану.*

Мета: *Навчитись будувати ортофотоплан місцевості та виконувати його експорт для можливості наступного опрацювання у зовнішніх програмах.*

Заключним етапом опрацювання матеріалів аерознімання для створення ортофотоплану місцевості є побудова та експорт ортофотоплану.

Для побудови ортофотоплану потрібно виконати команду «Обробка»> «Побудувати ортофотоплан». Відкриється вікно параметрів ортофотоплану.

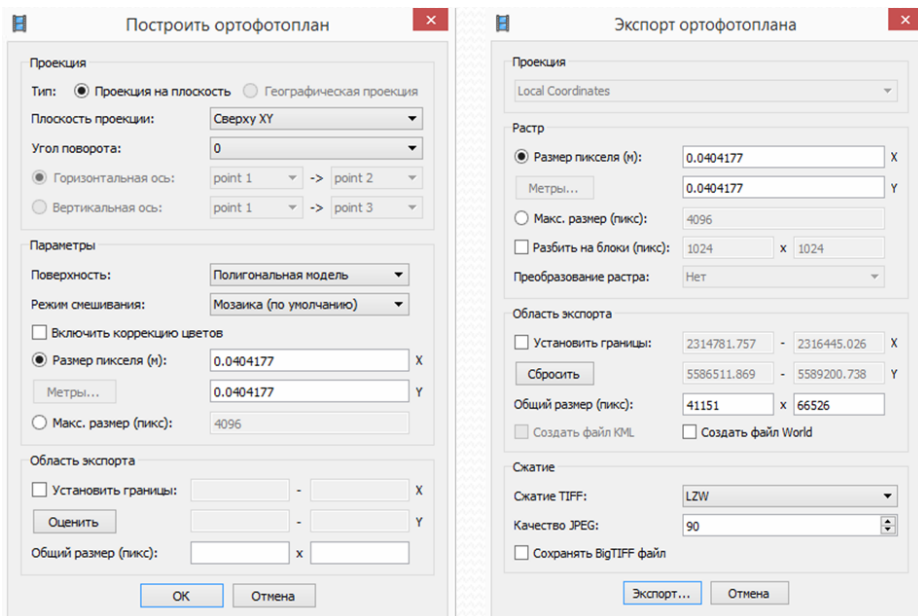


Рис. 9.1. Параметри побудови та експорту ортофотоплану

У даному вікні слід обрати **тип проєкції**, який залежить від системи координат, яка була прийнята при оптимізації камер. У нашому випадку використовувалась локальна прямокутна система координат, тому доступною є лише **проєкція на площину**.

Площину проєкції залишаємо за замовчуванням: Зверху XY.

Далі треба обрати параметри побудови ортофотоплану.

Поверхня: Полігональна модель.

Режим змішування: Мозаїка.

Включити корекцію кольорів Функція корекції кольорів може бути використана для наборів даних з варіативністю яскравості в екстремально широких межах. Однак, варто зауважити, що процес корекції займає досить довгий час, тому рекомендується активувати цю функцію тільки для наборів даних, що показують результати низької якості після попередньої перевірки.

Розмір пікселя. Значення розміру пікселя за замовчуванням відповідає ефективному розміру кадрів, тому немає сенсу ставити менші значення. Однак, якщо існує необхідність задання певного розміру пікселя, дана опція дозволяє користувачеві ввести потрібне значення.

Область експорту дозволяє вказати межі тієї частини моделі, яка буде експортуватись. Даний параметр доцільно використовувати на етапі експорту ортофотоплану.

Експорт ортофотоплану

Основна форма експорту ортофото викликається з головного меню **Файл> Експорт ортофото> Експорт JPEG, TIFF, PNG**. Відкриється вікно параметрів експорту (рис.9.1).

У даному вікні є можливість **розбити растр на блоки**, вказавши їх розмір в пікселях. Дана опція корисна при створенні ортофотоплану на значну за площею територію.

У полі **Область експорту** за допомогою пункту **Встановити межі** можна задати координати лівого нижнього та правого верхнього кутів рамки для того, щоб межі окремих блоків відповідали лініям координатної сітки, або для отримання ортофотоплану не всієї області зйомки, а якоїсь її ділянки.

Опція **Створити файл World** дозволяє створювати текстові файли прив'язки. Корисна у випадку експорту ортофото у форматах, які не містять вшитої прив'язки.

Тип стиснення для експорту в форматі GeoTIFF може бути заданий користувачем. Доступні наступні опції: LZW, JPEG, Packbits, Deflate. Крім того можливе збереження файлу без стиснення (значення None для типу компресії). Опція **Зберігати BigTIFF файл** дозволяє зберігати файли розміром більше стандартного обмеження 4Gb для TIFF формату.

Після вибору всіх параметрів потрібно натиснути кнопку **Експорт**, вибрати формат файлів - TIFF, JPEG або PNG і задати ім'я файлу. При експорті в форматі TIFF інформація про прив'язку записується безпосередньо в сам файл (в форматі GeoTIFF). При експорті в JPEG або PNG інформація про прив'язку може бути збережена в kml- або World - файлі, для чого необхідно вибрати відповідні опції (формування в форматі KML файлу можливо тільки, якщо обрана СК WGS-84).

Лабораторна робота №10 (2 год.)

Тема: Оформлення ортофотоплану.

Мета: Навчитись виконувати трансформацію растрових зображень та позарамкове оформлення ортофотоплану в програмі DigitalS.

Створений в програмі **PhotoScan** ортофотоплан має нерівні зубчасті границі та може мати інші дефекти за рахунок недоліків полігональної моделі на краях ділянки. При підготовці до друку графічної копії

ортофотоплану необхідно обрізати дефектні ділянки та виконати позарамкове оформлення відповідно до вимог інструкції. Ці операції зручно виконувати в програмі *DigitalS*.

Порядок виконання роботи

Для виконання поставленого завдання в першу чергу необхідно завантажити зображення ортофотоплану в програму *DigitalS*. Для цього треба створити нову карту, виконати команду «**Растр/Відкрити**» і вказати шлях до файлу ортофотоплану. Далі натискаємо на закладку **Карта** і вибираємо пункт **Властивості карти** (рис. 10.1).

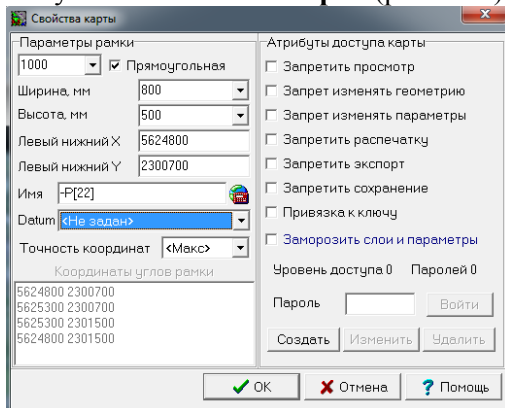


Рис. 10.1. Властивості карти

В даному вікні необхідно вказати в якому масштабі планується створення ортофотоплану (1:1000), розміри рамки та координати її лівого нижнього кута. Розміри рамки вибираємо такими, щоб у її межі повністю помістилася ділянка, що підлягає трансформації. Враховуючи, що сторона квадрата координатної сітки для масштабу 1:1000 становить 100 метрів, координати кута рамки повинні бути кратними 100 м і заокруглені у менший бік порівняно з фактичним значенням координат існуючої рамки ортофотоплану.

Далі створюємо чистий ортофотоплан на всю область мозаїки, виконавши команду «**Орто/Створити**». З'явиться вікно в якому вказується назва файлу, тип зображення та роздільна здатність ортофотоплану. Важливим показником є розрахунковий розмір пікселя у метрах на місцевості новоствореного ортофотоплану (рис 10.2).

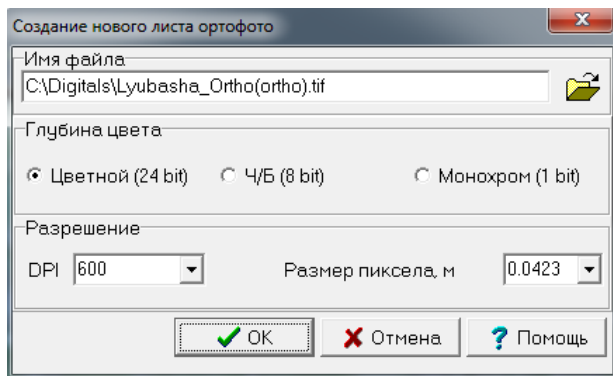


Рис. 10.2. Параметры ортофотоплана

Після введення цих характеристик натискаємо кнопку «**Ок**». В результаті в іншому вікні відкриється чистий ортофотоплан. Перехід від вихідного вікна із знімком до вікна ортофотоплана здійснюється за допомогою закладок з іменами файлів. Далі створений файл буде заповнюватись трансформованими фрагментами ортофотозображення. Для цього у вихідному вікні необхідно зібрати та помітити полігон в тих межах, які підлягають трансформуванню та виконати їх трансформування, використовуючи команду «**Орто/Трансформувати**».

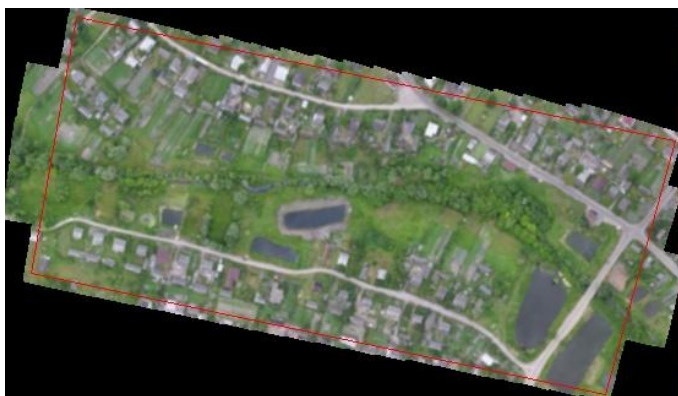


Рис. 10.3. Вихідне ортофотозображення

В результаті отримаємо нове, позбавлене дефектів та зайвих площ, ортофотозображення.




Рис. 10.4. Трансформоване ортофотозображення

Для виготовлення на основі отриманого ортофотозображення цифрового ортофотоплану необхідно нанести на нього рамку листа карти, координатну сітку, виконати позарамкове оформлення.

Вибираємо закладку **«Вставка/Номенклатурна рамка»**. З'являється вікно **«Створити рамку»**, в якому необхідно вибрати тип рамки (трапеція чи прямокутна), масштаб, координати нижнього лівого кута та розміри рамки. Ці параметри задаються такими самими як і при створенні рамки чистого ортофотоплану. Натискаємо кнопку **«Створити»** і програма побудує рамку планшета з позарамковим оформленням відповідно до заданих параметрів. Далі редагуємо існуючі підписи. Для цього необхідно їх помітити, натиснути праву кнопку миші і вибрати пункт **«Редактировать»**. В результаті відкриється вікно панелі **«Інфо»**, в якому можна редагувати існуючі підписи та створювати нові.

Щоб побудувати координатну сітку треба вибрати закладку **«Вставка/Сітка»**. В результаті відкриється вікно (рис 10.5), в якому вказується назва шару, на який буде поміщена сітка, крок сітки та координати нижнього лівого кута. Крім того є можливість обрати спосіб представлення сітки (суцільну або перехрестями).

Якщо в стандартному наборі відсутній шар **«Координатна сітка»**, то треба його створити. Для цього заходимо в менеджер шарів (кнопка ). Натискаємо праву кнопку мишки і вибираємо пункт **«Додати»** та вказуємо назву новоствореного шару і задаємо його атрибути (колір, стиль лінії, товщина).

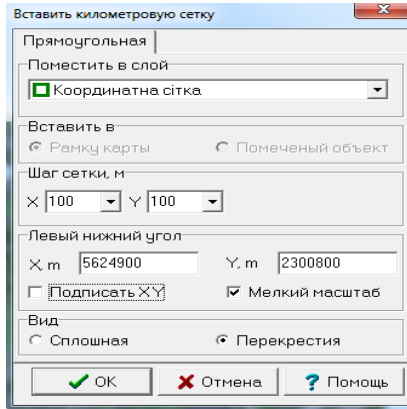


Рис. 10.5. Вікно параметрів координатної сітки



Рис. 10.6. Оформлений ортофотоплан

Література

1. James S. Aber, Irene Marzolf, Johannes B. Ries. Small-Format aerial. Photography principles, techniques and geoscience applications. - Amsterdam, The Netherlands, 2010. - 266p.
2. Фетисов В. С., Неугодникова Л.М., Адамовский В. В., Красноперов Р. А. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние. - Уфа: ФОТОН, 2014. – 217 с.
3. Гребеников А.Г., Мяслица А.К., Парфенюк В.В. и др. Общие виды и характеристики беспилотных летательных аппаратов: справ. пособие – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т "Харьк. авиац. ин-т", 2008. -377 с.
4. Федоров Д. Digitals. Использование в геодезии, картографии, и землеустройстве. - Винница: ООО"Аналитика", 2015. - 354 с.
5. Phantom 3 Professional. Руководство пользователя, 2015.
6. Руководство пользователя Agisoft PhotoScan: Professional Edition, версия 1.2, 2016.
7. Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, 2001.
8. Mission Planner Tutorial, how to get started [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://littlesmarthings.com/wp-content/uploads/2015/05/MP-tutorial2.pdf>.