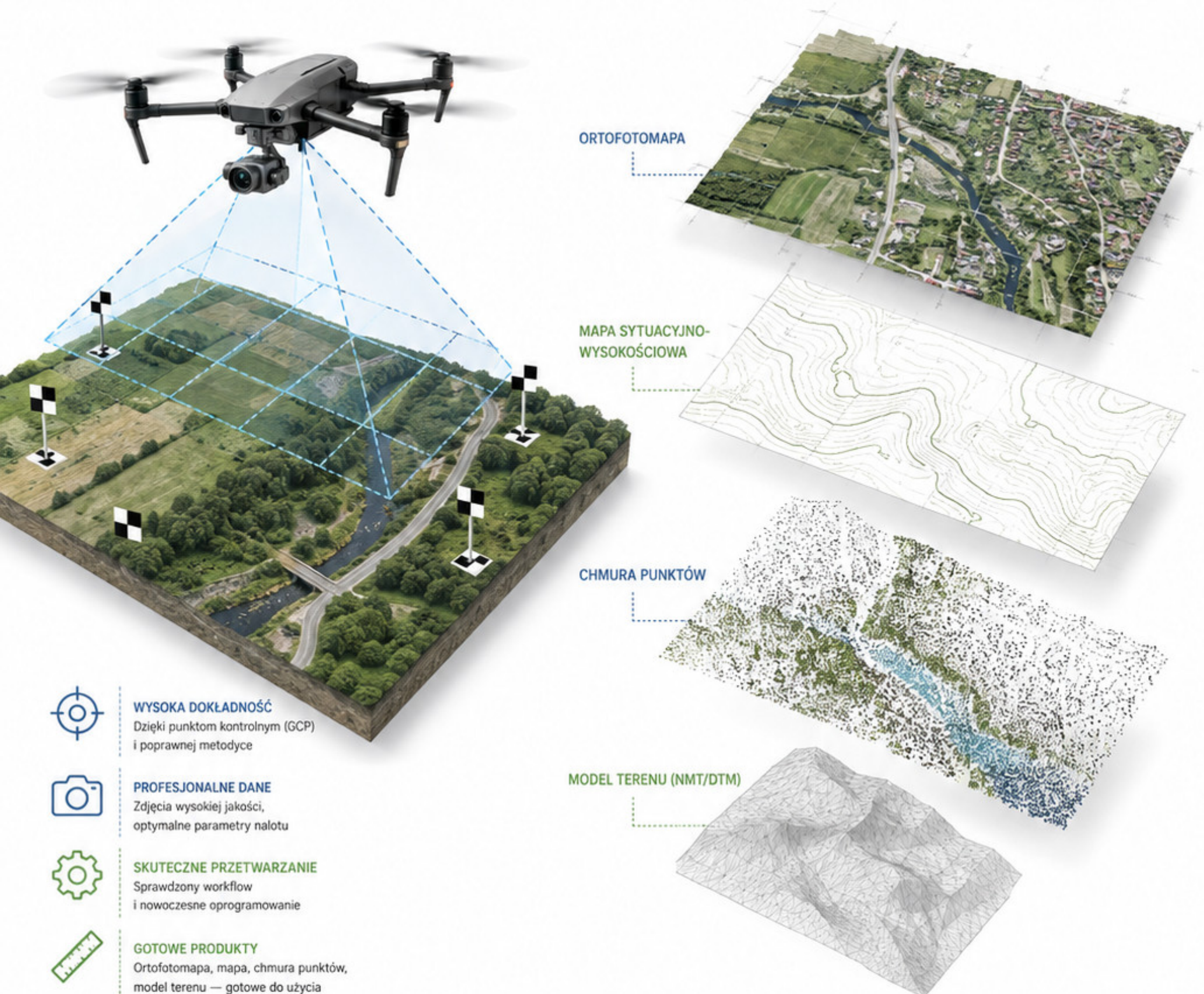


PAKIET GEODEZJI Z DRONAMI

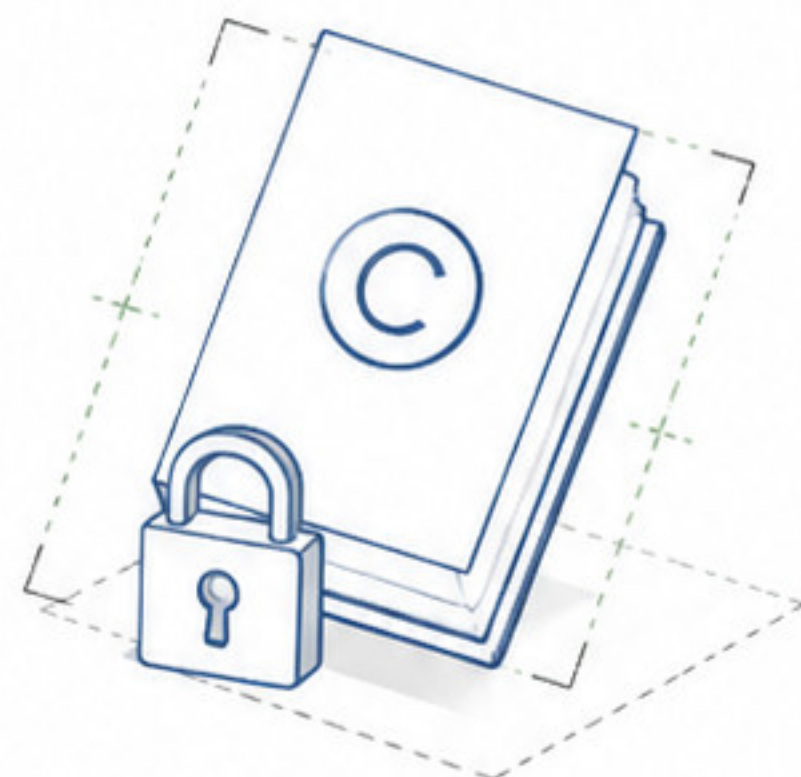
FOTOGRAMETRIA **UAV** W GEODEZJI —
OD PLANOWANIA NALOTU DO GOTOWEGO OPRACOWANIA

MATERIAŁ HYBRYDOWY • TECHNICZNY I PRAKTYCZNY



PRAWA AUTORSKIE

INFORMACJA O PRAWACH AUTORSKICH I WARUNKACH KORZYSTANIA Z MATERIAŁU



WŁAŚCICIEL MATERIAŁU

Niniejszy materiał stanowi własność intelektualną jego twórcy. Wszelkie prawa zastrzeżone.



ZAKRES OCHRONY

Zawartość tego materiału, w tym teksty, grafiki, zdjęcia, ilustracje, schematy, pliki, układ i struktura, podlega ochronie na mocy przepisów prawa autorskiego oraz innych właściwych regulacji. Nieautoryzowane wykorzystanie całości lub części materiału stanowi naruszenie tych praw.



DOZWOLONE UŻYCIE

Materiał jest **przeznaczony** wyłącznie do użytku osobistego i edukacyjnego. Można z niego korzystać w celach nauki, samodoskonalenia oraz wewnętrznego doskonalenia umiejętności.



ZAKAZ KOPIOWANIA I UDOSTĘPNIANIA

Zabrania się kopiowania, powielania, publikowania, odsprzedaży, dystrybucji, udostępniania publicznego lub przekazywania materiału w jakiegokolwiek formie – elektronicznej lub drukowanej – bez pisemnej zgody właściciela praw autorskich.

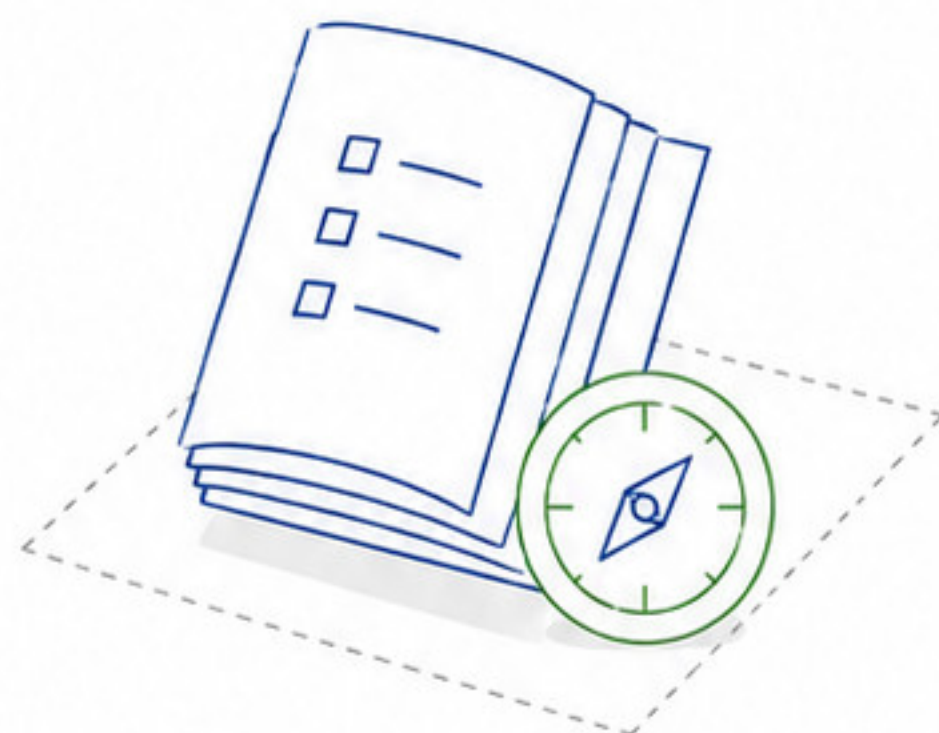


ZASTRZEŻENIE EDUKACYJNE

Materiał ma charakter szkoleniowy i informacyjny. Autor dołożył należytej staranności w przygotowaniu treści, jednak nie ponosi odpowiedzialności za skutki działań podjętych na podstawie zawartych informacji. Użytkownik korzysta z materiału na własną odpowiedzialność.

SPIS TREŚCI

FOTOGRAMETRIA UAV W GEODEZJI —
OD PLANOWANIA NALOTU DO GOTOWEGO OPRACOWANIA



00	Okładka	00
01	Prawa autorskie	01
02	Spis treści	02
03	Wprowadzenie	03



MODUŁ 01

Fundamenty fotogrametrii z dronów

04–11

Kluczowe pojęcia, zasady i elementy systemu.



MODUŁ 02

Planowanie misji i przygotowanie prac terenowych

12–19

Planowanie nalogu, formalności i przygotowanie sprzętu.



MODUŁ 03

DJI Phantom 4 RTK w praktyce geodezyjnej

20–27

Sprzęt, konfiguracja i nalog fotogrametryczny.



MODUŁ 04

eBee i mapowanie dużych obszarów

28–35

Specyfika, ustawienia i optymalizacja nalogu.



MODUŁ 05

Przetwarzanie zdjęć i tworzenie produktów fotogrametrycznych

36–43

Od zdjęć do ortofotomapy, chmury punktów i modelu terenu.



MODUŁ 06

Kontrola jakości i realizacja projektu od A do Z

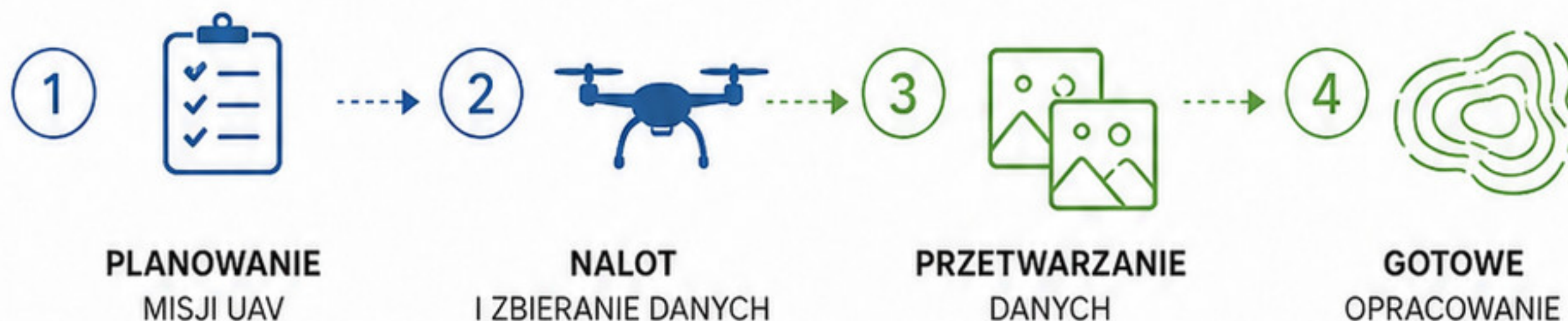
44–49

Weryfikacja, raportowanie i dostarczenie wyników.

WPROWADZENIE

DO PAKIETU **GEODEZJI Z DRONAMI**

Pakiet Geodezji z Dronami to praktyczny przewodnik, który krok po kroku prowadzi Cię przez **fotogrametrię UAV w geodezji** — od planowania misji i pracy w terenie, przez pozyskanie danych z popularnych platform, aż po przetwarzanie i kontrolę jakości wyników.



DLA KOGO JEST TEN MATERIAŁ?

Dla geodetów, operatorów UAV i wszystkich osób, które chcą świadomie planować naloty dronem, pozyskiwać wiarygodne dane i tworzyć profesjonalne opracowania geodezyjne.



CZEGO SIĘ NAUCZYSZ?

Nauczysz się planować misje, wykonywać naloty, przetwarzać dane fotogrametryczne, oceniać jakość wyników i eksportować gotowe produkty geodezyjne zgodnie z dobrymi praktykami.



JAK PRACOWAĆ Z TYM PRZEWODNIKIEM?

Czytaj rozdziały w kolejności lub wybierz interesujący Cię temat. Każdy rozdział zawiera praktyczne wskazówki, checklisty i przykłady, które możesz od razu zastosować w swojej pracy.

MODUŁ 01

FUNDAMENTY FOTOGRAMETRII Z DRONÓW

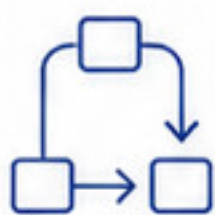
Ten moduł wprowadza w kluczowe pojęcia i zasady niezbędne do zrozumienia całego procesu fotogrametrii UAV w geodezji.

Zdobędziesz wiedzę o tym, jak działa pełny workflow, jak powstają i mierzone są zdjęcia, co wpływa na jakość wyników oraz jakie są produkty i ograniczenia tej technologii.



TEMATY MODUŁU

01



PEŁNY WORKFLOW UAV

Przegląd etapów realizacji projektu fotogrametrycznego z dronem.

STRONA 04

02



PODSTAWY FOTOGRAMETRII

Jak z wielu zdjęć powstaje dokładny model 3D rzeczywistości.

STRONA 05

03



GEOMETRIA ZDJĘĆ

Zasady rzutowania, przestrzeń obrazowa i elementy geometrii lotu.

STRONA 06

04

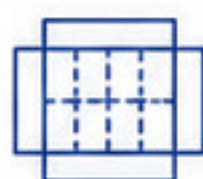


GSD

Rozdzielczość terenowa – czym jest, od czego zależy i jak ją obliczyć.

STRONA 07

05



POKRYCIE ZDJĘĆ

Pokrycie podłużne i poprzeczne oraz ich wpływ na jakość wyników.

STRONA 08

06



RTK I PPK

Metody pozycjonowania drona i ich znaczenie w fotogrametrii.

STRONA 09

07



PUNKTY GCP I CP

Rola punktów kontrolnych w zwiększaniu dokładności modeli.

STRONA 10

08



PRODUKTY I OGRANICZENIA TECHNOLOGII

Jakie produkty uzyskujemy i jakie są ograniczenia systemu.

STRONA 11

PEŁNY WORKFLOW UAV W GEODEZJI

OD CELU PROJEKTU DO GOTOWYCH PRODUKTÓW



1

1 OKREŚLENIE CELU PROJEKTU

Zdefiniuj cel, obszar opracowania, wymagane produkty końcowe i dokładność. Ustal odbiorcę i sposób wykorzystania wyników.



2

2 PLANOWANIE MISJI

Dobierz sprzęt i parametry nalotu. Zaplanuj trasy, wysokość, pokrycie (przód/bok), warunki oświetleniowe oraz bezpieczeństwo operacji.



3

3 PRZYGOTOWANIE PUNKTÓW TERENOWYCH

Zaprojektuj i pomierz punkty osnowy (GCP/CP), sprawdź ich jakość i widoczność z powietrza. Zgromadź niezbędne pozwolenia i uzgodnienia.



4

4 NALOT I ZBIERANIE DANYCH

Wykonaj misję zgodnie z planem. Monitoruj warunki, parametry i stan sprzętu. Zapisuj dane RAW oraz logi lotu.



5

5 PRZETWARZANIE ZDJĘĆ

Wykonaj aerotriangulację i generuj produkty: chmura punktów, model 3D, ortofotomapa, DSM/DTM. Używaj sprawdzonego oprogramowania.



6

6 KONTROLA JAKOŚCI

Oceń dokładność na punktach kontrolnych, sprawdź kompletność i poprawność produktów. Udokumentuj wyniki i ewentualne poprawki.



7

7 EKSPORT I PRZEKAZANIE PRODUKTÓW KLIENTOWI

Przygotuj pliki w wymaganych formatach, opisz metadane i dokładność. Przekaż produkty wraz z raportem z realizacji projektu.

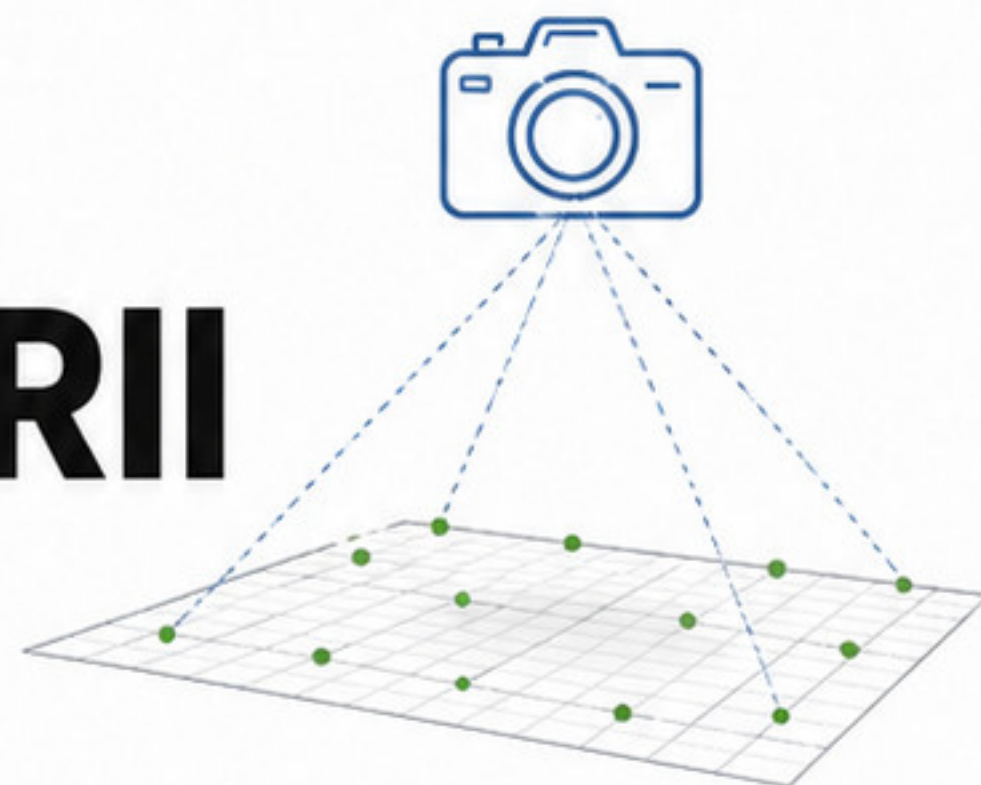


NAJWAŻNIEJSZA ZASADA

Jakość wyników zależy od całego procesu – od planowania po kontrolę jakości. Dron to tylko narzędzie. Liczy się Twój workflow.

PODSTAWY FOTOGRAMETRII

ZROZUM, JAK ZE ZDJĘĆ POWSTAJĄ
DOKŁADNE MODELE TERENU I OBIEKTÓW



CZYM JEST FOTOGRAMETRIA?

Fotogrametria to nauka i technologia pozyskiwania wymiarowych informacji o obiektach i terenie na podstawie fotografii. W praktyce oznacza to, że z szeregu zdjęć wykonanych z powietrza (np. dronem) można odtworzyć trójwymiarowy model powierzchni, ortofotomapę oraz zmierzyć odległości, pola czy objętości.



JAK POWSTAJE MODEL Z WIELU ZDJĘĆ?

1 PLANOWANIE LOTU

Ustalamy obszar, wysokość lotu i zakładki zdjęć.

2 WYKONANIE ZDJĘĆ

Dron wykonuje serię nakładających się zdjęć w siatce.

3 DOPASOWANIE ZDJĘĆ

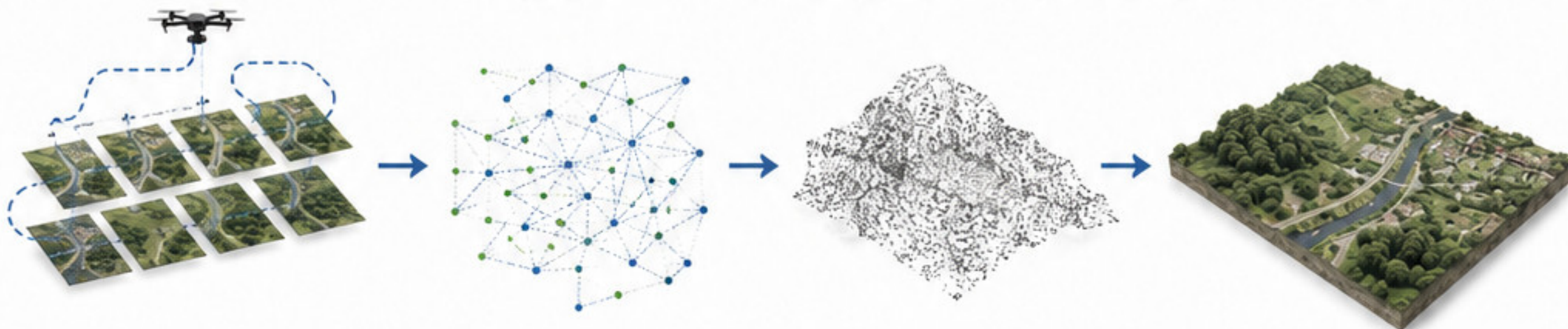
Oprogramowanie znajduje wspólne punkty na zdjęciach i oblicza ich położenie.

4 BUDOWA MODELU 3D

Na podstawie punktów tworzona jest chmura punktów i model 3D.

5 PRODUKTY KOŃCOWE

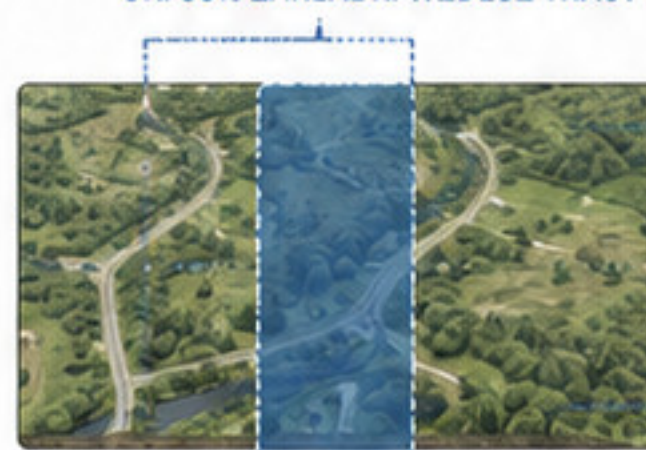
Otrzymujemy ortofotomapę, model terenu, pomiary i inne dane.



DLACZEGO NAKŁADANIE ZDJĘĆ JEST TAK WAŻNE?

Każde zdjęcie pokrywa część obszaru już uwiecznioną na poprzednich zdjęciach. Dzięki temu oprogramowanie może porównać te same punkty z różnych ujęć i dokładnie obliczyć ich położenie w przestrzeni. Im większe zakładki (zwykle ok. 80% wzdłuż trasy i 60% między trasami), tym wyższa dokładność i lepsza jakość modelu.

OK. 80% ZAKŁADKI WZDŁUŻ TRASY



OK. 60%
ZAKŁADKI
MIĘDZY
TRASAMI



KLUCZOWA IDEA

Fotogrametria przekształca serię zdjęć w mierzalne dane przestrzenne.

GEOMETRIA ZDJĘĆ LOTNICZYCH

PODSTAWOWE POJĘCIA GEOMETRYCZNE W FOTOGRAMETRII UAV



OŚ KAMERY

Wymaglinowana linia prostopadła do matrycy kamery i przechodząca przez środek obiektywu.



NADIR

Punkt na powierzchni terenu, w który wskazuje oś kamery (punkt prostopadły pod dronem).



KĄT POCHYLENIA

Kąt między osią kamery a pionem ($0^\circ = \text{nadir}$). Zwiększenie kąta pochylenia poszerza obszar widoczny, ale zmniejsza dokładność pionową.



POLE WIDZENIA

Obszar terenu widoczny na pojedynczym zdjęciu. Zależy od wysokości lotu, ogniskowej obiektywu oraz rozdzielczości matrycy.



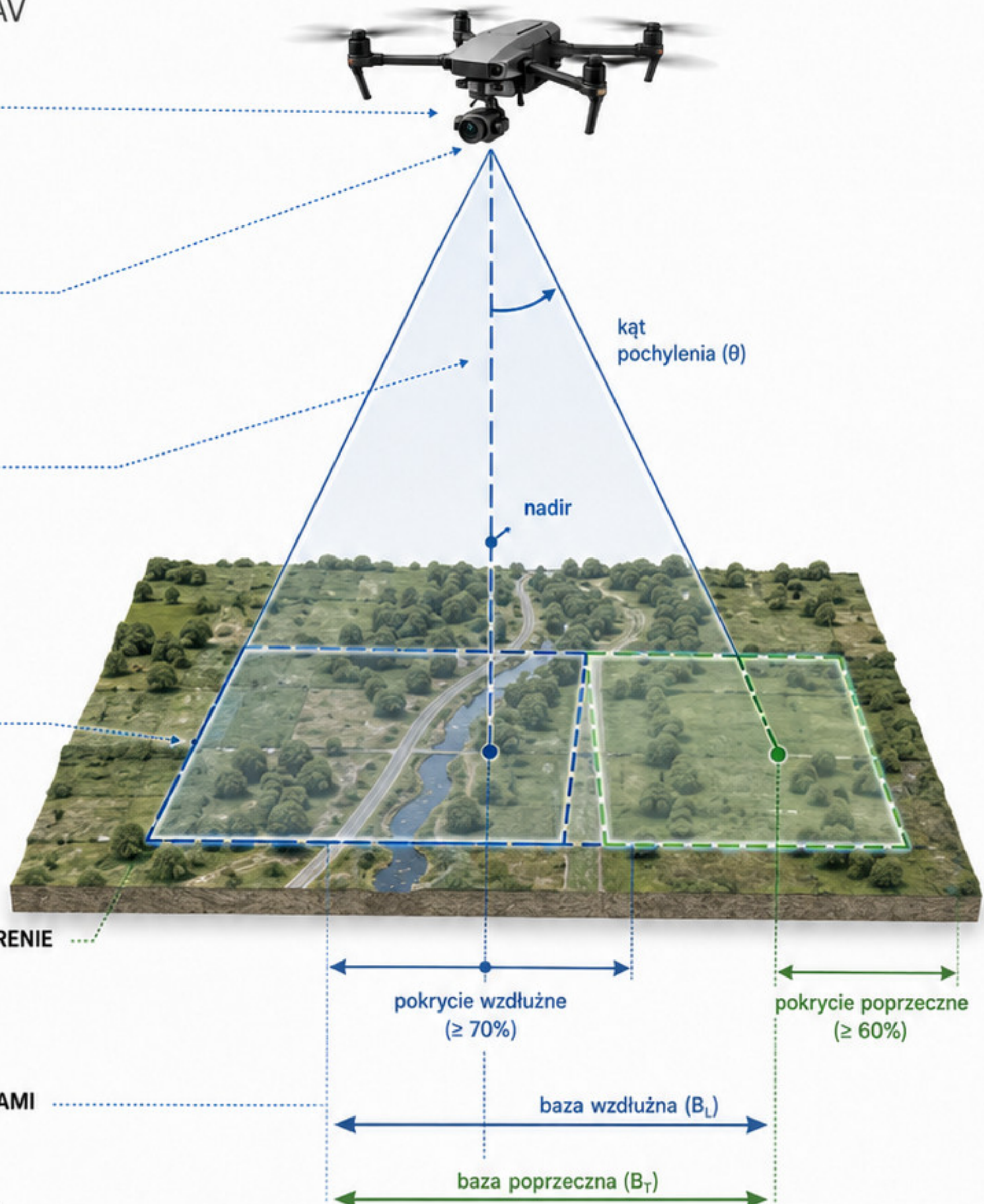
ŚLADY ZDJĘCIA NA TERENIE

Projekcja pola widzenia na powierzchnię terenu. Tworzy tzw. ślad zdjęcia.



BAZA MIĘDZY ZDJĘCIAMI

Odstęp między środkami sąsiednich zdjęć. Określa wielkość pokrycia wzdłuż (kierunek lotu) i poprzecznie (pasy sąsiednie).

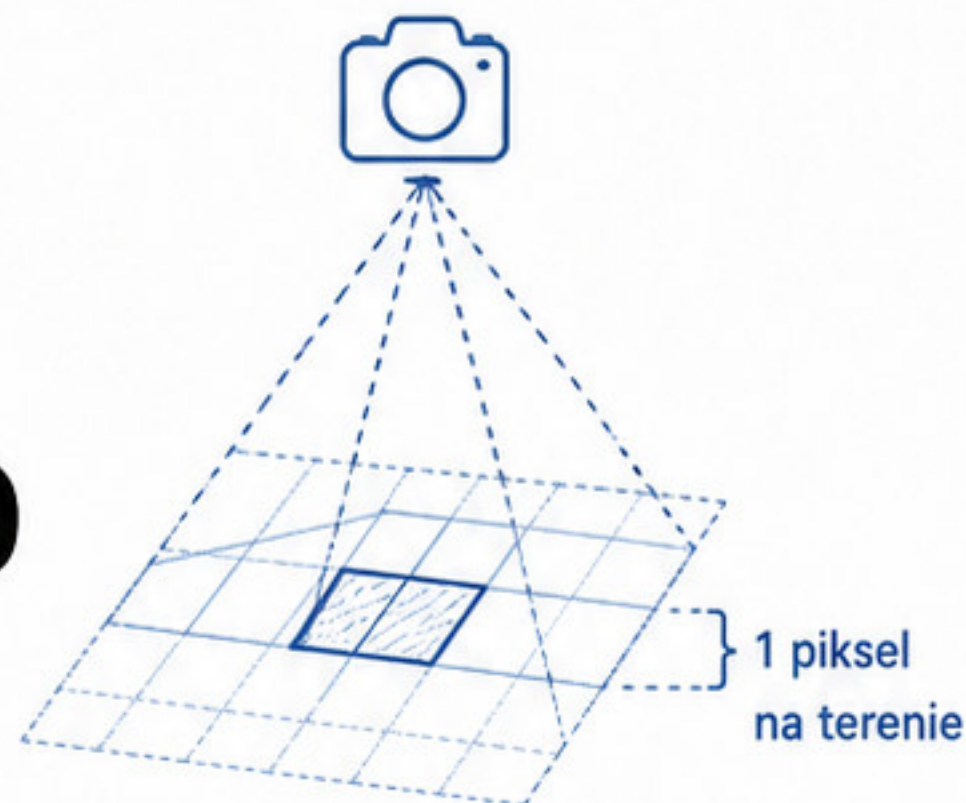


DLACZEGO STABILNA GEOMETRIA MA ZNACZENIE?

Stala wysokość lotu, kąt kamery (bliski nadiru) oraz odpowiednie pokrycie zdjęć zapewniają jednolitą skalę zdjęć i mocne wiązania pomiędzy nimi. To bezpośrednio przekłada się na większą dokładność modeli, ortofotomap i pomiarów.

GSD – WIELKOŚĆ PIKSELA TERENOWEGO

ZROZUM, CO WPŁYWA NA GSD
I JAK DOBRAĆ JE DO ZADANIA



CO OZNACZA GSD?

GSD (Ground Sampling Distance) to wielkość jednego piksela na obrazie przełożona na teren, wyrażona w cm/piksel. Określa, jak duży obszar terenu reprezentuje jeden piksel zdjęcia. Im mniejsza wartość GSD, tym większa szczegółowość i dokładność opracowania.



OD CZEGO ZALEŻY GSD?

GSD zależy przede wszystkim od trzech czynników:

- **Wysokość lotu** – im niżej lata dron, tym mniejsze GSD.
- **Parametry kamery** – ogniskowa obiektywu, rozdzielczość matrycy oraz wielkość piksela matrycy.
- **Charakterystyka matrycy** – rozmiar sensora i gęstość pikseli mają bezpośredni wpływ na uzyskaną szczegółowość.

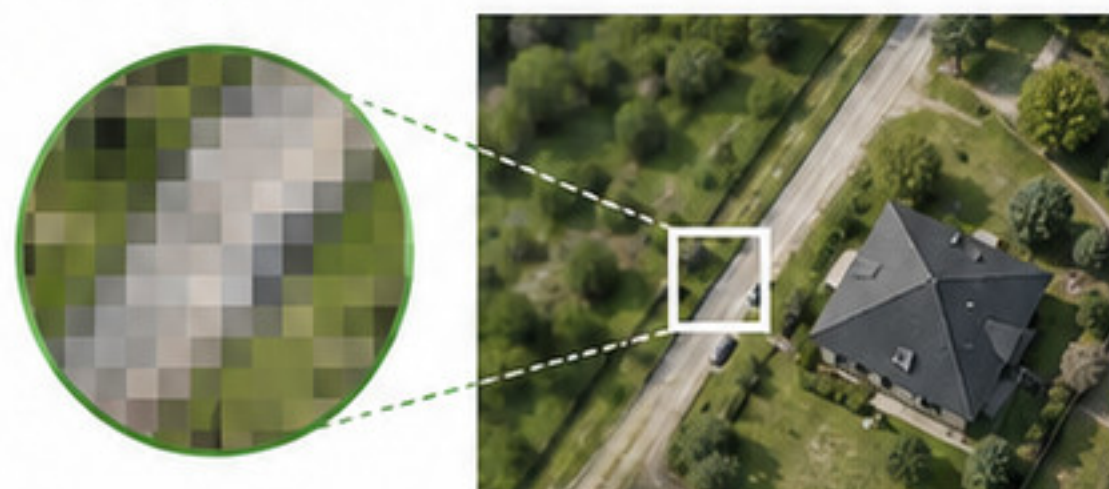


JAK DOBRAĆ GSD DO ZADANIA?

Dobór GSD powinien wynikać z celu opracowania. Zbyt duże GSD spowoduje utratę detali, zbyt małe – niepotrzebnie wydłuży lot, zwiększy liczbę zdjęć i objętość danych. Dobrą praktyką jest dobranie GSD tak, aby najmniejszy istotny element na terenie był reprezentowany przez co najmniej 3–5 pikseli.

WPŁYW GSD NA SZCZEGÓŁOWOŚĆ

Większe GSD – mniej detali
10 cm/piksel



Mniejsze GSD – więcej detali
2 cm/piksel



PRAKTYCZNE PRZYKŁADY



2 cm/piksel

detale techniczne
(inspekcje, elementy infrastruktury)



5 cm/piksel

typowe opracowania
(mapy, modele 3D, ortofotomapy)

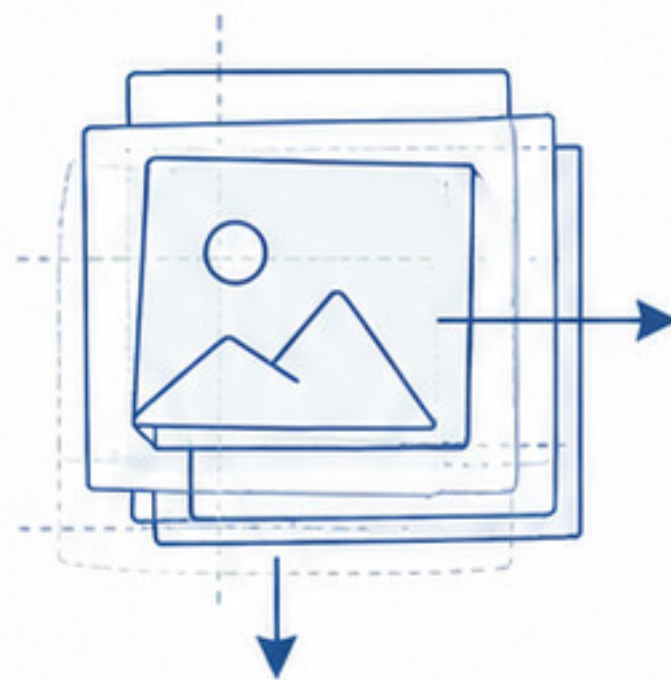


10 cm/piksel

szybki przegląd dużego obszaru
(konceptcje, monitoring, przeglądy)

POKRYCIE PODŁUŻNE I POPRZECZNE ZDJĘĆ

KLUCZ DO DOKŁADNYCH MODELI I NIEZAWODNYCH POMIARÓW



CZYM JEST POKRYCIE PODŁUŻNE?

To nakładanie się kolejnych zdjęć wykonywanych w tym samym pasie lotu, jedno po drugim – w kierunku lotu. Zapewnia ciągłość danych wzdłuż trasy i spójne odwzorowanie terenu.



CZYM JEST POKRYCIE POPRZECZNE?

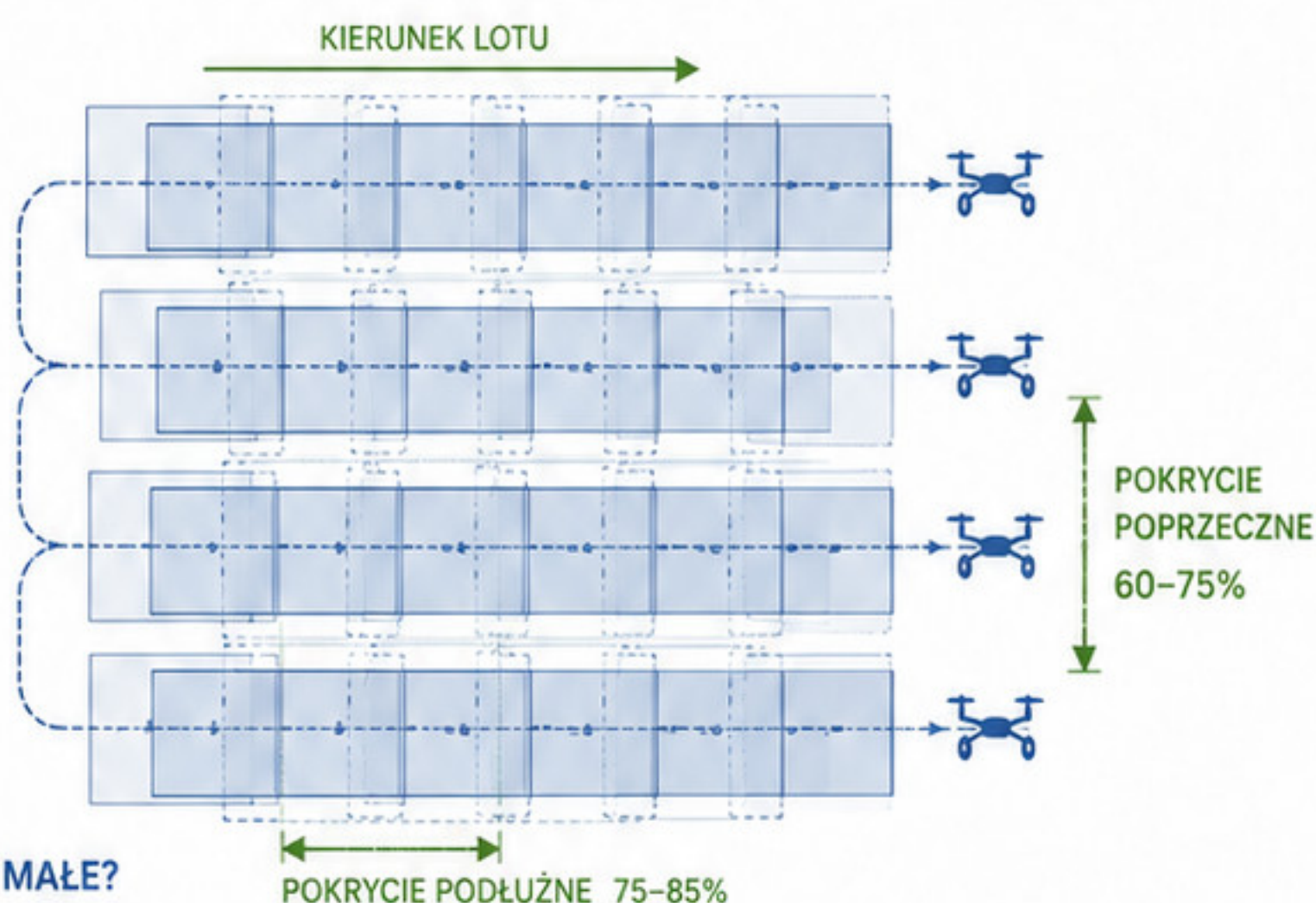
To nakładanie się zdjęć między sąsiednimi pasami lotu – z boku. Zapewnia powiązanie całego obszaru i stabilność modelu 3D.



CO SIĘ DZIEJE, GDY POKRYCIE JEST ZBYT MAŁE?

- Pojawiają się luki w modelu (dziury w chmurze punktów i ortofotomapie).
- Spada dokładność i jakość modelu 3D.
- Trudności z dopasowaniem zdjęć (błędy wyrównania).
- Problemy z rekonstrukcją na obszarach o złożonej rzeźbie i w miejscach zacienionych.

SCHEMAT PASÓW LOTU I POKRYCIA ZDJĘĆ



TYPOWE ZAKRESY ROBOCZE

	POKRYCIE PODŁUŻNE (FRONT OVERLAP)	75–85%	Zalecany zakres zapewnia dobrą ciągłość, dokładność i sprawne dopasowanie zdjęć.
	POKRYCIE POPRZECZNE (SIDE OVERLAP)	60–75%	Zapewnia stabilność modelu 3D i ogranicza błędy na krawędziach pasów.



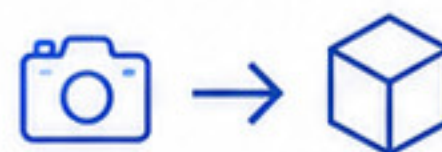
PRAKTYCZNA WSKAZÓWKA

Na terenach o złożonej rzeźbie, w obszarach z dużą roślinnością lub zabudową – warto zwiększyć pokrycie w górnych zakresach. Lepsze pokrycie to lepsza jakość modelu i mniej poprawek w terenie.

OD ZDJĘĆ DO PRODUKTÓW GEODEZYJNYCH

Produkty fotogrametryczne — co naprawdę otrzymujemy z nalogu

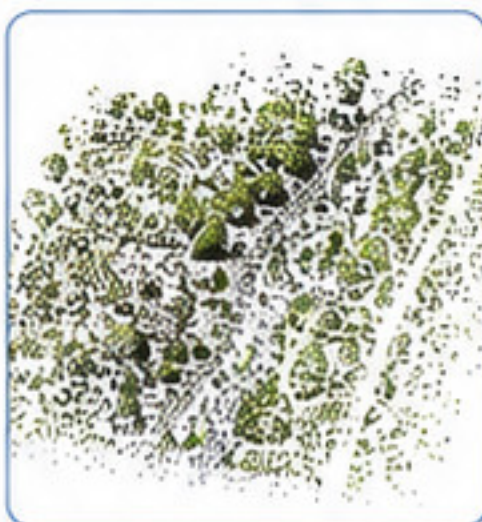
Zdjęcia z drona są jedynie materiałem źródłowym. Dopiero dzięki przetwarzaniu fotogrametrycznemu zamieniają się w produkty przestrzenne, które mają wartość użytkową i są dopasowane do konkretnego zadania.



ORTOFOTOMAPA



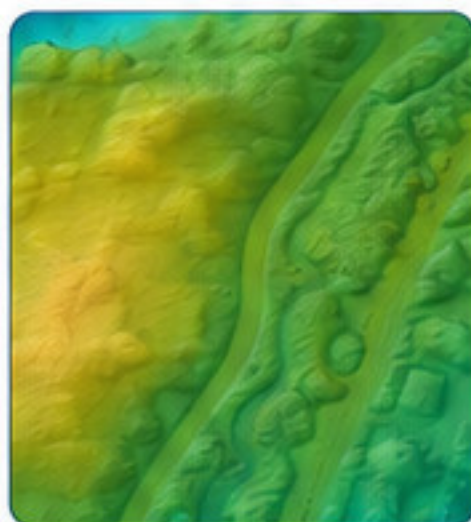
CHMURA PUNKTÓW



NMPT



NMT



MODEL 3D



1



Ortofotomapa

Korygowany obraz terenu, używany jak mapa.

Zastosowania:

- dokumentacja stanu aktualnego
- inwentaryzacje z góry
- podkład do GIS/CAD
- monitoring postępu inwestycji

2



Chmura punktów

Duży zbiór punktów z współrzędnymi X, Y, Z.

Zastosowania:

- pomiary wysokości
- analiza geometrii
- modele powierzchni
- profile i przekroje

3



NMPT — Numeryczny Model Pokrycia Terenu

Zawiera budynki, drzewa, obiekty oraz teren widoczny z góry.

Ważne:

NMPT nie przedstawia wyłącznie gołej ziemi.

4



NMT — Numeryczny Model Terenu

Powierzchnia terenu po odfiltrowaniu obiektów znajdujących się nad nim.

Ważne:

Poprawny NMT może wymagać klasyfikacji i oczyszczenia danych.

5



Model 3D / siatka 3D

Przestrzenne odwzorowanie terenu, często teksturowane zdjęciami.

Zastosowania:

- wizualizacja
- dokumentacja
- analiza konstrukcji
- prezentacja inwestycji
- pomiary przestrzenne



Nie zaczynaj od produktu

Najpierw określ decyzję lub pomiar, który chcesz wykonać, a dopiero potem wybierz odpowiedni produkt fotogrametryczny.



Przykład:

Cel: obliczenie objętości materiału.

Najważniejszy produkt: model powierzchni / geometria 3D.

Ortofotomapa może być pomocna, ale sama nie wystarcza.

CO MOŻE OBNIŻYĆ JAKOŚĆ MODELU?

GRANICE FOTOGRAMETRII — KIEDY DRON NIE DAJE IDEALNEJ ODPOWIEDZI

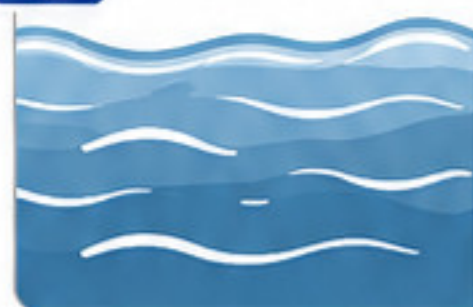
Fotogrametria jest bardzo skuteczna, ale nie każda powierzchnia i każde środowisko pozwalają na łatwą i dokładną rekonstrukcję. Operator powinien rozpoznawać sytuacje problematyczne jeszcze przed nalotem.



1. JEDNOLITE POWIERZCHNIE

Przykłady: jednolity asfalt, świeży śnieg, gładkie dachy.

Efekt: mniej punktów wiążących i niestabilna geometria.



2. WODA

Zmieniający się wygląd i odbicia.

Efekt: trudna do uzyskania stabilna rekonstrukcja.



3. RUCHOME OBIEKTY

Samochody, ludzie, maszyny, gałęzie na wietrze, fale.

Efekt: artefakty, podwójne krawędzie, lokalne błędy rekonstrukcji.



4. GĘSTA ROŚLINNOŚĆ

Kamera widzi głównie to, co jest widoczne z góry.

Wniosek: model powierzchni roślinności nie jest automatycznie modelem terenu.



5. SILNE CIENIE I GWAŁTOWNE ZMIANY ŚWIATŁA

Zmieniająca się jasność i kontrast utrudniają dopasowanie zdjęć i obniżają jednorodność ortofotomapy.



6. WYSOKIE OBIEKTY I PIONOWE ELEWACJE

Zdjęcia w nadirze bardzo dobrze mapują powierzchnie poziome, ale pionowe ściany mogą wymagać ujęć ukośnych i dostosowanej geometrii lotu.



PYTANIE PRZED STARTEM

Czy obiekt, który chcę zmierzyć, będzie rzeczywiście widoczny na zdjęciach z zaplanowanych kierunków?

→ Jeśli odpowiedź brzmi „nie”, samo wykonanie większej liczby zdjęć nie rozwiąże problemu.



- ✓ Czy powierzchnia ma wystarczająco dużo szczegółów?
- ✓ Czy obiekty pozostają nieruchome podczas nalotu?
- ✓ Czy interesująca powierzchnia jest widoczna z powietrza?
- ✓ Czy światło będzie względnie stabilne?
- ✓ Czy geometria lotu odpowiada kształtowi obiektu?

MODUŁ 02

PLANOWANIE MISJI I PRZYGOTOWANIE PRAC TERENOWYCH

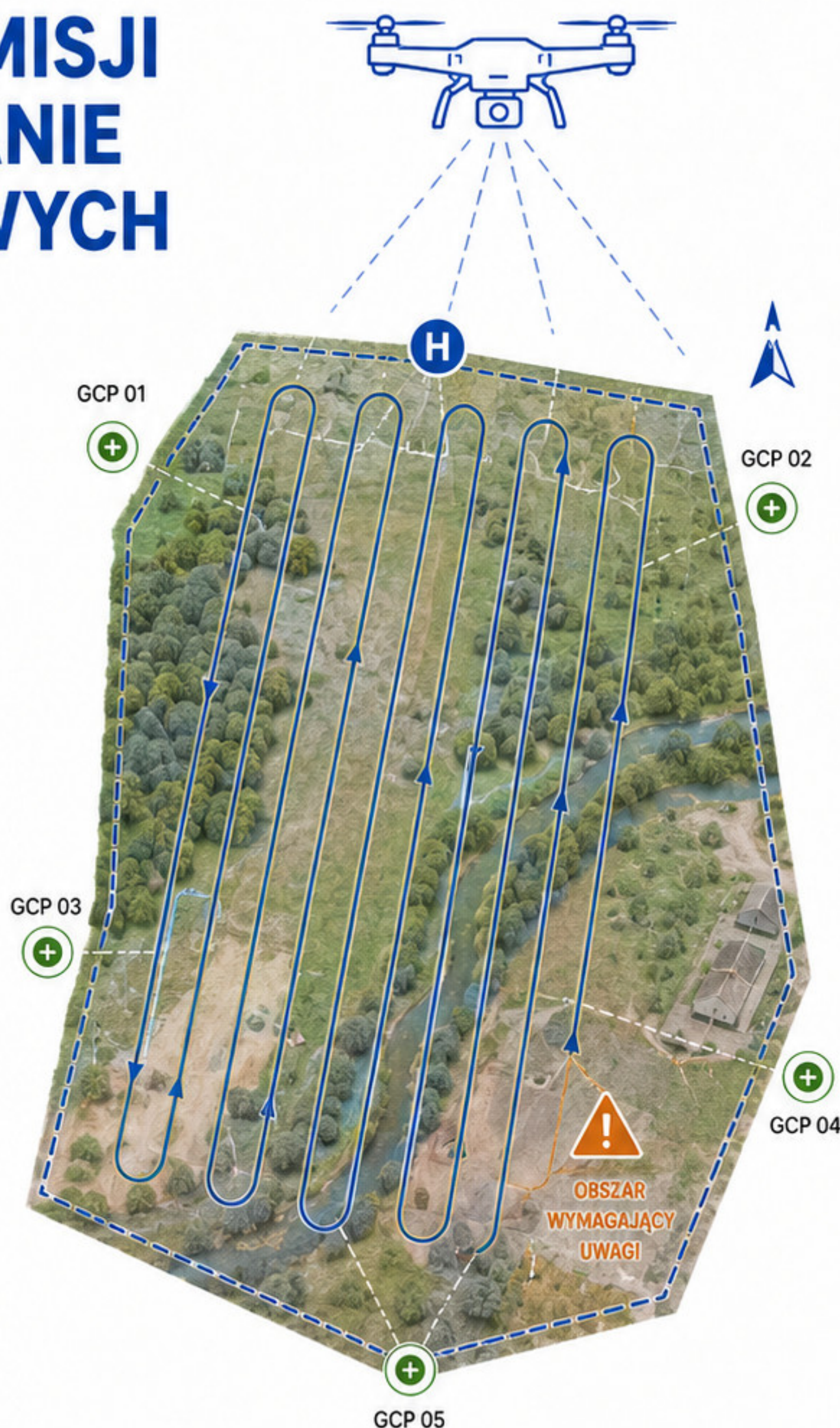
Dobry nalot zaczyna się przy biurku,
a nie na miejscu startu.

W tym module nauczysz się analizować teren,
dobierać parametry misji, przygotowywać
punkty kontrolne oraz decydować, czy
warunki pozwalają na bezpieczny i wartościowy
nalot.

NAJPIERW → **POTEM**
PLAN → **START**

TEMATY MODUŁU

	01. MOŻLIWOŚĆ WYKONANIA OPERACJI	STRONA 13
	02. ANALIZA TERENU	STRONA 14
	03. POGODA	STRONA 15
	04. WYSOKOŚĆ I GSD	STRONA 16
	05. SIATKA NALOTU	STRONA 17
	06. GCP I CP	STRONA 18
	07. CHECKLISTA PRZEDSTARTOWA	STRONA 19



ZANIM ZAPLANUJESZ NALOT, SPRAWDŹ MOŻLIWOŚĆ WYKONANIA OPERACJI

Bezpieczna i zgodna operacja — sprawdzenie przed planowaniem lotu

Parametry fotogrametryczne to nie jedyne ograniczenia misji. Zanim zaplanujesz lot, operator musi sprawdzić wymagania operacyjne, przestrzeń powietrzną, lokalne ograniczenia oraz warunki panujące w terenie.



1

OKREŚL MIEJSCE OPERACJI

Zidentyfikuj dokładny obszar projektu, a nie tylko nazwę miejscowości.



2

SPRAWDŹ AKTUALNE ZASADY WYKONYWANIA OPERACJI UAV

Przepisy i wymagania mogą się zmieniać. Korzystaj z aktualnych oficjalnych źródeł i systemów do sprawdzania przestrzeni powietrznej. Nie traktuj drukowanego poradnika jako trwałego zamiennika aktualnych wymagań prawnych.



3

SPRAWDŹ PRZESTRZEŃ POWIETRZNĄ I OGRANICZENIA

Zweryfikuj strefy ograniczone, możliwe dodatkowe działania / pozwolenia, dopuszczalną wysokość, inną aktywność powietrzną oraz czy charakter obszaru wpływa na operację.



4

OCEŃ ŚRODOWISKO NAZIEMNE

Sprawdź obecność osób postronnych, dróg i ruchu, linii energetycznych, drzew, masztów, wysokich budynków, miejsc startu i lądowania oraz bezpieczną obsługę przez cały czas misji.



5

USTAL PROCEDURĘ PRZERWANIA MISJI

Wiedz, kiedy przerwać lot, gdzie wylądować bezpiecznie, co zrobić w razie pogorszenia pogody oraz jak reagować na utratę jakości pozycjonowania lub łącza.



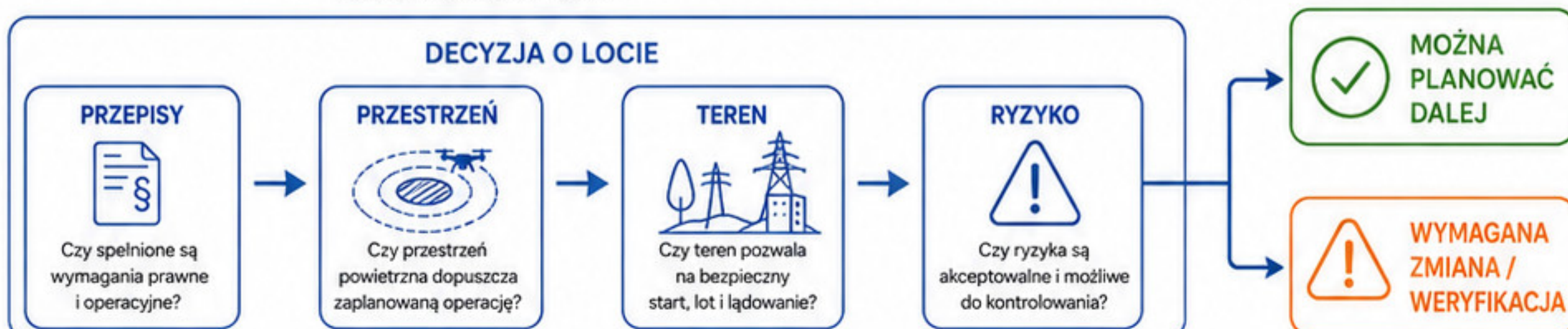
ZASADA PROFESJONALISTY

Możliwość wykonania technicznie poprawnego nalogu nie oznacza automatycznie, że operację można lub należy wykonać.

LISTA KONTROLNA PRZED PLANOWANIEM

- ☒ Lokalizacja została dokładnie określona.
- ☒ Aktualne wymagania operacyjne zostały sprawdzone.
- ☒ Przestrzeń powietrzna została zweryfikowana.
- ☒ Miejsce startu i lądowania jest bezpieczne.
- ☒ Zidentyfikowano przeszkody i ryzyka naziemne.
- ☒ Operator zna warunki przerwania misji.

DECYZJA O LOCIE

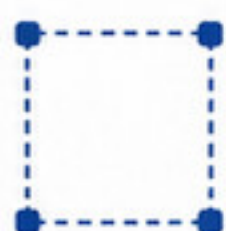




CZYTAJ TEREN JESZCZE PRZED WYJAZDEM

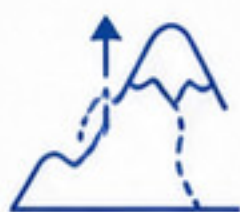
ANALIZA TERENU — POZNAJ OBSZAR PRZED PRZYJAZDEM NA MIEJSCE

Wstępna analiza terenu pozwala przewidzieć przeszkody, różnice wysokości, miejsca startu, problemy z widocznością oraz elementy wpływające na geometrię lotu.



1 WYZNACZ GRANICĘ OPRACOWANIA

Narysuj rzeczywisty obszar do objęcia opracowaniem i dodaj rozsądny margines, ponieważ geometria na krawędziach bywa często słabsza.



2 SPRAWDŹ RÓŻNICE WYSOKOŚCI

Jeśli teren jest pofałdowany, wysokość drona względem punktu startu nie jest taka sama jak wysokość nad każdą częścią terenu. To wpływa na GSD, szerokość nalotu i bezpieczeństwo.



3 ZLOKALIZUJ WYSOKIE PRZESZKODY

Maszty, kominy, linie energetyczne, drzewa, dźwigi, budynki oraz inne elementy wystające ponad otoczenie.



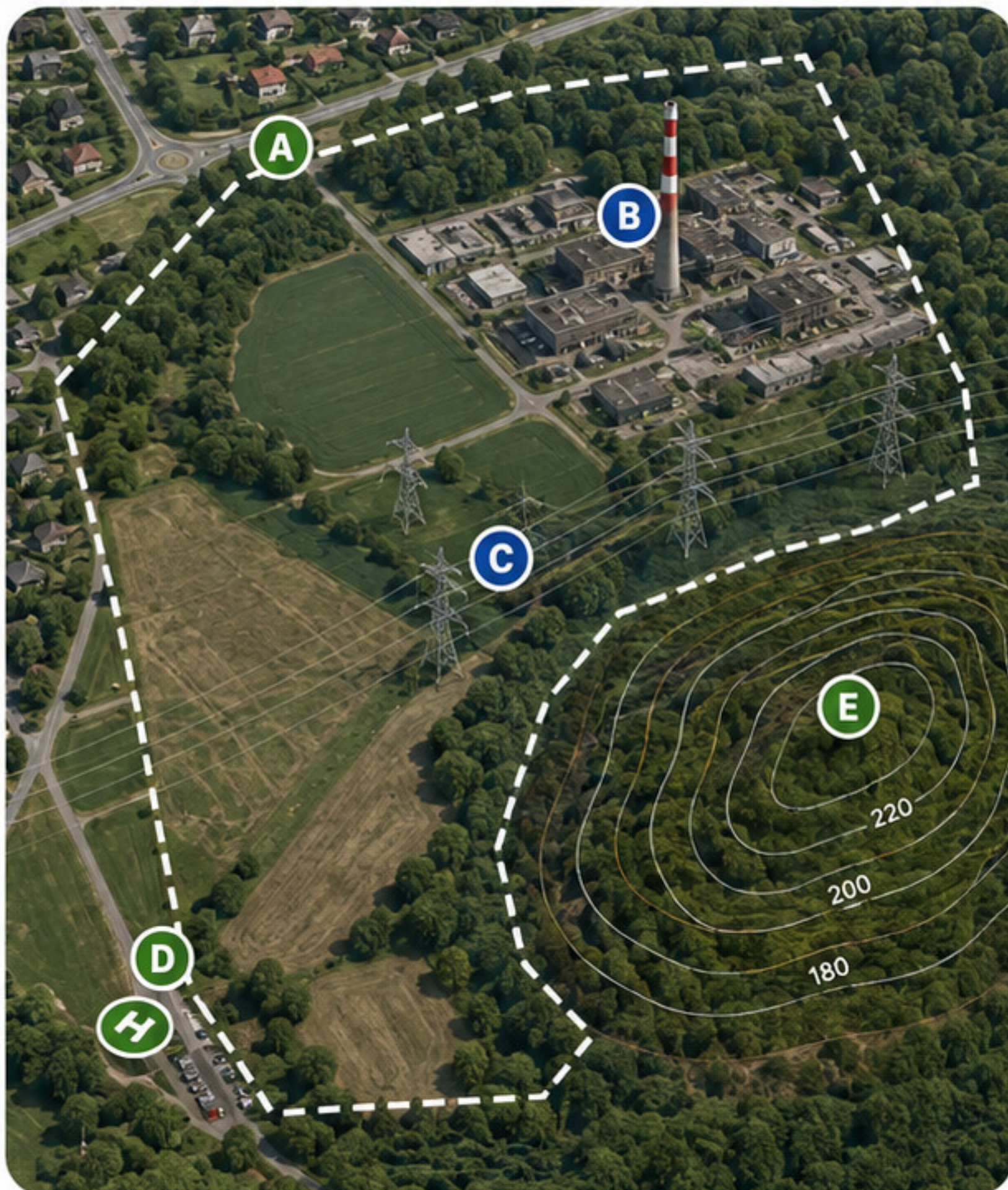
4 WYBIERZ POTENCJALNE MIEJSCE STARTU

Wybierz miejsce, które pozwoli na bezpieczne przygotowanie i prowadzenie operacji, a nie po prostu najbliższy punkt.



5 SPRAWDŹ DOSTĘP TERENOWY

Ogrodzenie, błoto, budowa, duży ruch, teren prywatny lub przeszkody niewidoczne na starszych materiałach.



CO SPRAWDZIĆ PRZED WYJAZDEM

- A** granica projektu
- B** wysoki komin
- C** linia energetyczna
- D** potencjalne miejsce startu
- E** teren wyżej położony



PRZYKŁAD PRAKTYCZNY

Dron leci na stałej wysokości względem punktu startu. Teren pod nim wznosi się o 40 m. Rzeczywista wysokość nad powierzchnią maleje.

POGODA WPŁYWA NA BEZPIECZEŃSTWO I JAKOŚĆ DANYCH

Pogoda — kiedy warunki są dobre do fotogrametrii

Pogoda wpływa nie tylko na bezpieczeństwo lotu, ale także na ostrość zdjęć, stabilność platformy, spójność oświetlenia i spójność danych.



01 WIATR

Silny lub turbulentny wiatr utrudnia utrzymanie trasy, zwiększa zużycie energii, wpływa na stabilność platformy i powoduje różnice prędkości między pasami zdjęć z wiatrem i pod wiatr.

→ **ZASADA:** zawsze respektuj limity platformy i realne warunki na terenie.



02 ŚWIATŁO

Spójność oświetlenia w całej misji jest często ważniejsza niż „piękna pogoda”.



03 CIENIE

Długie, silne cienie mogą ukrywać szczegóły wokół budynków, zboczy i drzew.



04 OPADY I WILGOĆ

Deszcz, mgła lub krople na optyce pogarszają jakość zdjęć i bezpieczeństwo.



05 TEMPERATURA

Temperatura wpływa na akumulatory i cały system — w skrajnych warunkach stosuj procedury producenta.

CO SPRAWDZIĆ

WARUNEK	CO SPRAWDZIĆ
 WIATR	stabilność lotu i limity platformy
 ZACHMURZENIE	stabilność oświetlenia
 SILNE SŁOŃCE	głębokie cienie
 OPADY	bezpieczeństwo i optykę
 NISKA / WYSOKA TEMPERATURA	akumulatory i sprzęt



NIE WALCZ Z POGODĄ

Jeżeli warunki obniżają bezpieczeństwo lub przewidywalną jakość danych, zmiana terminu jest często lepszą decyzją niż próba uratowania misji w powietrzu.

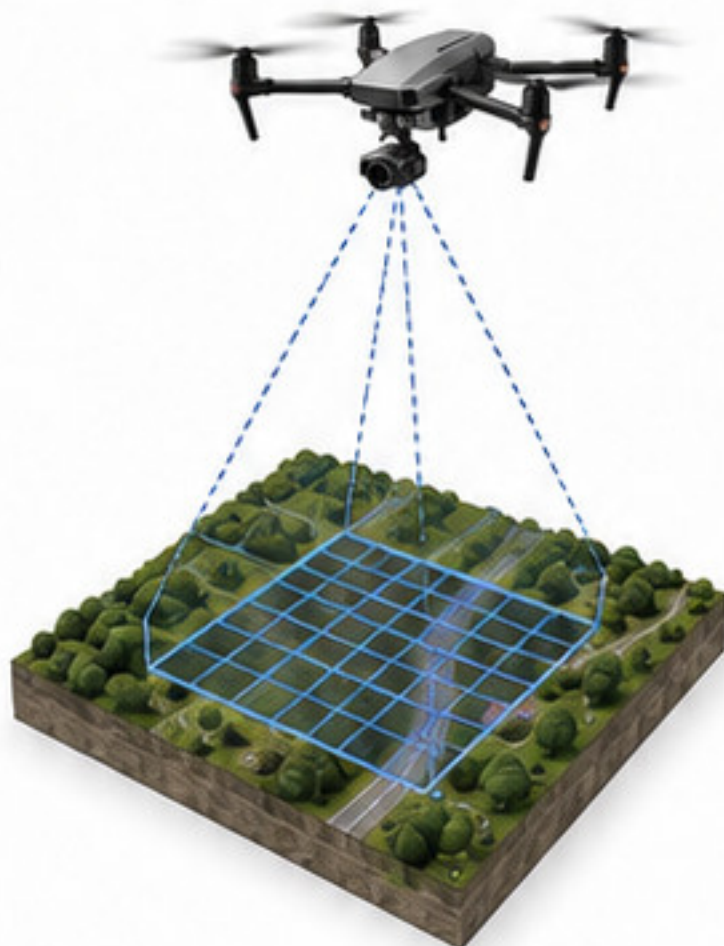
NAJPIERW WYMAGANA SZCZEGÓŁOWOŚĆ, POTEM WYSOKOŚĆ

Wysokość lotu i **GSD** — dobór parametrów do celu projektu



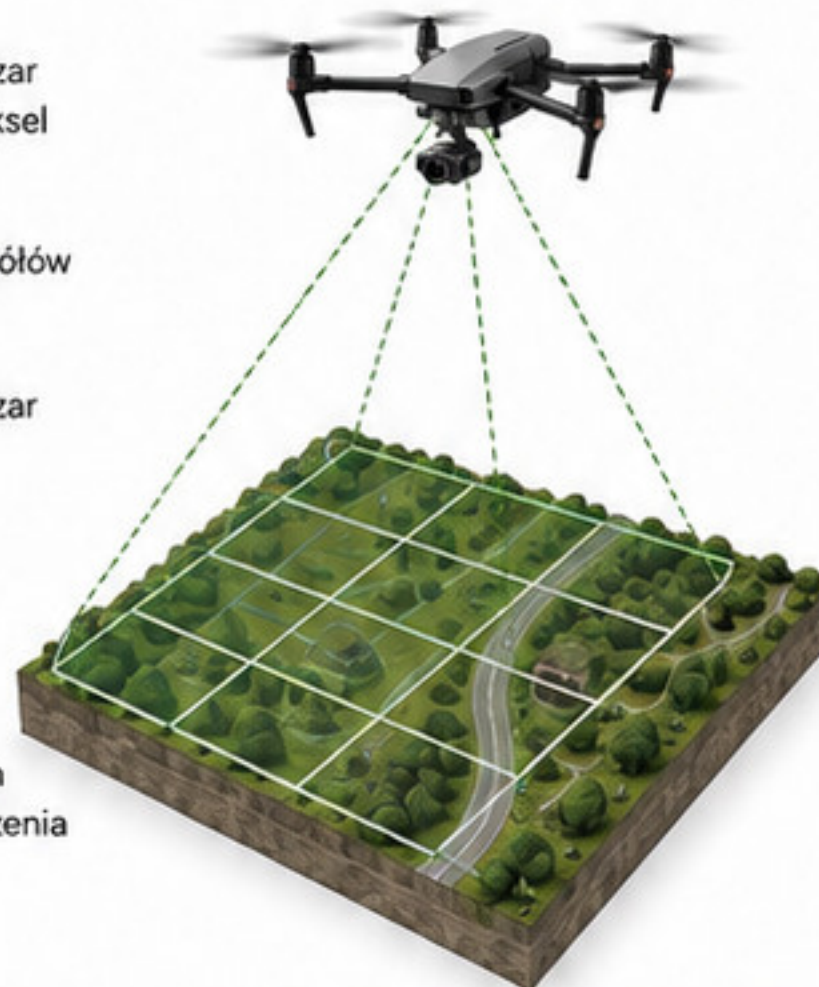
MAŁA WYSOKOŚĆ LOTU → MAŁE GSD

-  Mniejszy obszar terenu na piksel
-  Więcej szczegółów
-  Mniejszy obszar na zdjęcie
-  Więcej zdjęć i pasów
-  Więcej danych do przetworzenia



DUŻA WYSOKOŚĆ LOTU → DUŻE GSD

-  Większy obszar terenu na piksel
-  Mniej szczegółów
-  Większy obszar na zdjęcie
-  Mniej zdjęć i pasów
-  Mniej danych do przetworzenia



NIE MYL ROZDZIELCZOŚCI Z DOKŁADNOŚCIĄ

Bardzo małe GSD nie gwarantuje automatycznie wysokiej dokładności. Na dokładność wpływają także: geometria nalogu, jakość pozycjonowania, jakość zdjęć, punkty osnowy, charakter terenu, jakość przetwarzania oraz kontrola jakości.



PRZYKŁAD DECYZJI

Projekt: dokumentacja dużego placu budowy.

Pytanie błędne:
Jak nisko mogę polecieć?

Pytanie właściwe:
Jakiego poziomu szczegółowości i jakości końcowego produktu potrzebuje ten projekt?



MINI ĆWICZENIE

Zdefiniuj wymagania projektu i dobierz parametry lotu.

Produkt końcowy:

Najmniejszy istotny szczegół:

Docelowe GSD:

Przewidywana wysokość:

Przewidywana liczba zdjęć:

.....

.....

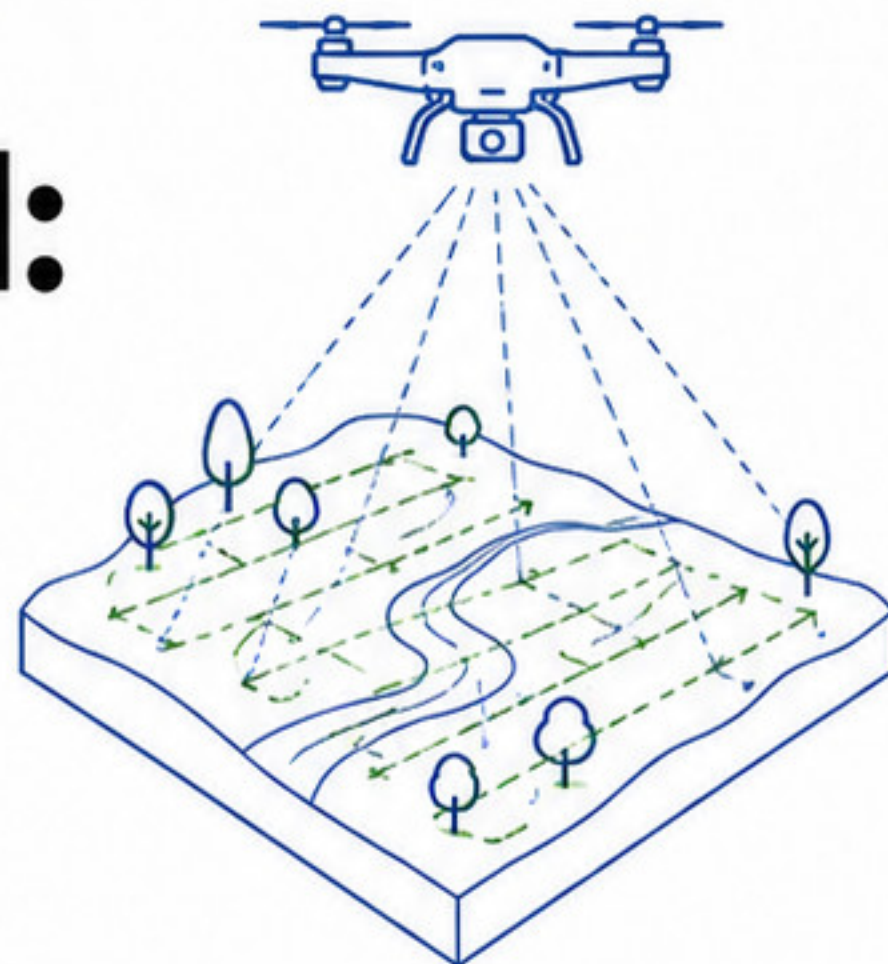
.....

.....

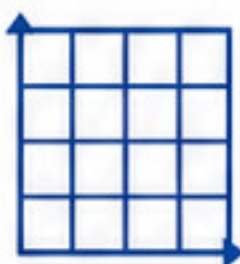
.....

GEOMETRIA MISJI: PASY, KIERUNEK I POKRYCIE

Projektowanie siatki nalotu — jak rozłożyć zdjęcia nad terenem



Poprawne zaprojektowanie siatki nalotu powinno zapewnić równomierne pokrycie całego obszaru oraz wystarczającą liczbę obserwacji każdego fragmentu terenu. Należy uwzględnić kształt obszaru, wysokość obiektów, rzeźbę terenu oraz cel końcowy.



STANDARDOWY NALOT SIATKOWY

Równoległe pasy lotu i automatyczne wykonywanie zdjęć z zaplanowanym pokryciem. Najlepszy do regularnych obszarów i klasycznego mapowania terenu.



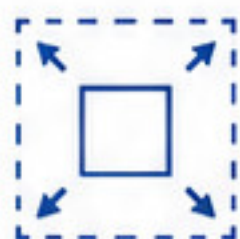
KIERUNEK PASÓW

Kierunek pasów wpływa na czas misji, wpływ wiatru, liczbę zakrętów, efektywność w wydłużonych obszarach oraz geometrię obserwacji.



NALOT KRZYŻOWY

Drugi zestaw pasów w innym kierunku zwiększa geometrię i stabilność modelu. Przydatny w wybranych projektach 3D, ale generuje więcej danych i wydłuża czas opracowania.



MARGINES POZA OBSZAREM PROJEKTU

Nie należy kończyć nalotu dokładnie na granicy końcowego produktu. Zapewnij margines poza obszarem projektu, aby uniknąć braków na krawędziach.



WYSOKIE OBIEKTY

Uwzględnij zasłonięcia, zmianę odległości do powierzchni oraz potrzebę dodatkowych kierunków obserwacji. Wysokie obiekty mogą wymagać ujęć skośnych lub dodatkowego nalotu krzyżowego.

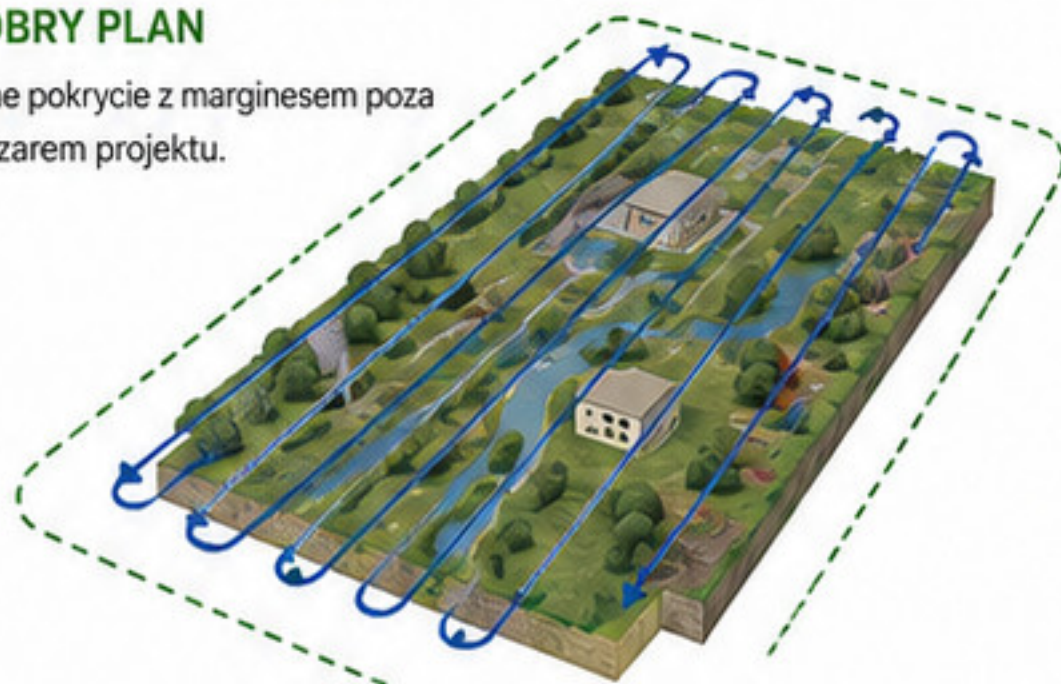


WSKAZÓWKĄ PRAKTYCZNĄ

Dla bardzo długiego i wąskiego korytarza projektowanie siatki tak jak dla kwadratowego pola może być nieefektywne.

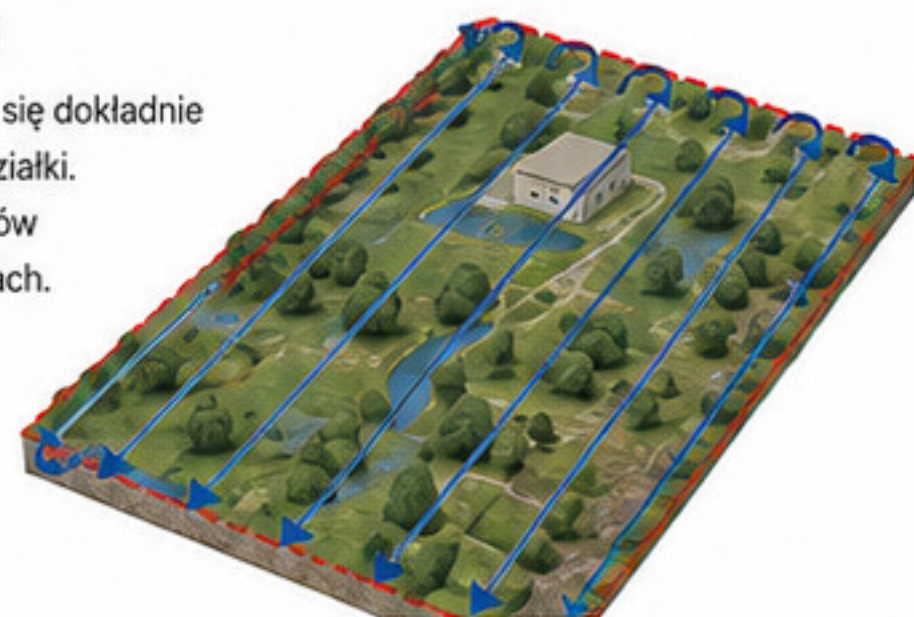
A DOBRY PLAN

Pełne pokrycie z marginesem poza obszarem projektu.



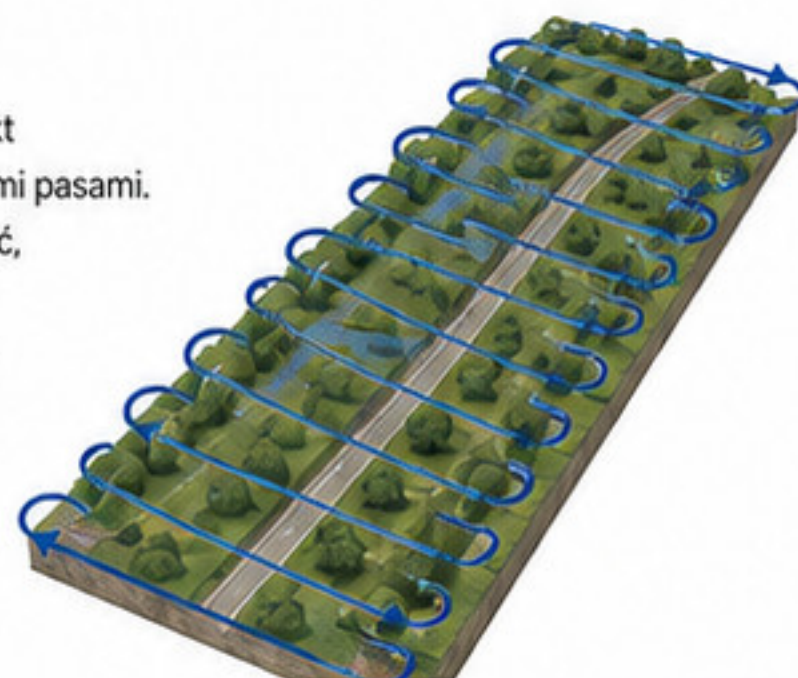
B ZŁY PLAN

Pasy kończą się dokładnie na granicy działki. Ryzyko braków na krawędziach.



C ZŁY PLAN

Długi, wąski obiekt pokrywany krótkimi pasami. Niska efektywność, więcej zakrętów, gorsza geometria obserwacji.



PUNKTY TERENOWE MUSZĄ REPREZENTOWAĆ CAŁY PROJEKT

GCP i punkty kontrolne — jak rozmieścić kontrolę terenową



Punkty GCP i punkty kontrolne (CP) powinny być widoczne na zdjęciach, dokładnie pomierzone i rozmieszczone przestrzennie w całym projekcie — a nie skupione w jednym rogu.

DOBRY PUNKT POWINIEN BYĆ



WIDOCZNY

Znacznik musi być łatwy do zidentyfikowania na zdjęciu.



STABILNY

Nie może się przesunąć między pomiarem terenowym a nalołem.



JEDNOZNACZNY

Środek musi być łatwy do określenia.



ODPOWIEDNIO DUŻY

Znacznik musi być czytelny przy planowanym GSD.



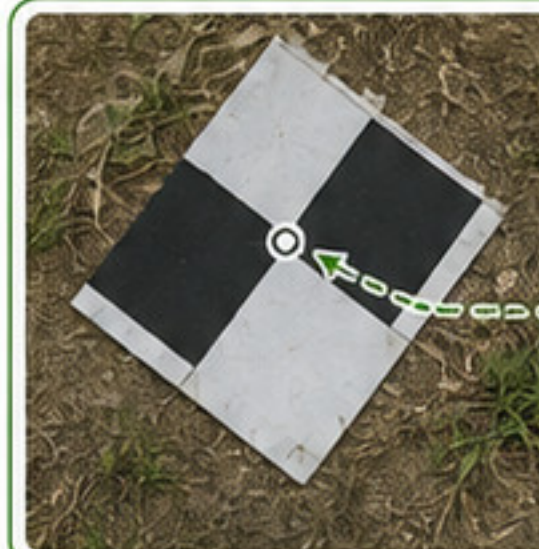
DOKŁADNIE POMIERZONY

Jakość współrzędnych kontrolnych bezpośrednio wpływa na jakość całego projektu.



● GCP

● CP

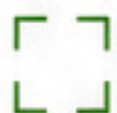


Przykład znacznika i centrum



Dokładne centrum (środek znacznika)

ROZMIESZCZENIE PRZESTRZENNE



Rozmieszczaj punkty w pobliżu różnych części obwodu projektu.



Umieszczaj punkty wewnątrz obszaru projektu.



Rozlokuj punkty w reprezentatywnych strefach terenowych (np. otwarte pola, zabudowa, zadrzewienia).



W razie potrzeby umieszczaj punkty w pobliżu istotnych zmian wysokości (skarp, nasypów, dolin).

ODDZIEL GCP OD CP



Jeśli część punktów ma być wykorzystana do niezależnej oceny dokładności (CP), nie używaj ich wszystkich jako GCP. Zachowaj część punktów jako CP.

NAJCZĘSTSZE BŁĘDY



Punkt zasłonięty przez samochód lub sprzęt.



Znacznik zbyt mały względem GSD.



Niejasny lub niejednoznaczny środek.



Wszystkie punkty w jednej części projektu.



Błędny układ współrzędnych lub układ wysokościowy.



Brak dokumentacji łączącej nazwy punktów z miejscem.

DOKUMENTACJA TERENOWA — PRZYKŁAD



ID punktu:	GCP-01
Współrzędne:	X / Y / Z
Typ:	GCP lub CP
Opis:	znacznik biało-czarny
Zdjęcie terenowe:	TAK
Widoczność na zdjęciach UAV:	potwierdzona

5 MINUT KONTROLI MOŻE URATOWAĆ CAŁY DZIEŃ PRACY



CHECKLISTA PRZEDSTARTOWA – OSTATNIA KONTROLA PRZED URUCHOMIENIEM MISJI

Przed startem wykonaj uporządkowaną kontrolę sprzętu, misji, obszaru i systemów pozycjonowania.



A. OBSZAR I BEZPIECZEŃSTWO

- ☐ Aktualne warunki operacji sprawdzone
- ☐ Przestrzeń powietrzna sprawdzona pod kątem miejsca i czasu
- ☐ Obszar startu/ładowania bezpieczny
- ☐ Przeszkody terenowe zidentyfikowane
- ☐ Ludzie / pojazdy / inne ryzyka sprawdzone
- ☐ Warunki przerwania misji zdefiniowane



B. POGODA

- ☐ Wiatr w bezpiecznym zakresie
- ☐ Brak niebezpiecznych opadów
- ☐ Widoczność i warunki pozwalają na operację
- ☐ Oświetlenie odpowiednie do zbioru danych
- ☐ Oczekiwane warunki stabilne w trakcie trwania misji



C. DRON I SPRZĘT

- ☐ Kadłub drona sprawdzony
- ☐ Śmigła / elementy zasilania w dobrym stanie
- ☐ Akumulatory przygotowane
- ☐ Sterownik i akcesoria naładowane
- ☐ Karta pamięci ma wystarczająco miejsca
- ☐ Optyka kamery czysta
- ☐ Wymagane akcesoria na miejscu



D. ONSS / RTK / PPK

- ☐ Wybrane właściwe źródło poprawek lub procedura PPK
- ☐ System raportuje oczekiwany status pozycjonowania
- ☐ Układ współrzędnych projektu zweryfikowany
- ☐ Pomiar punktów GCP/CP wykonany lub zaplanowany
- ☐ Nazwy punktów jednoznaczne



E. MISJA

- ☐ Granica projektu poprawna
- ☐ Odpowiednia wysokość ustawiona
- ☐ Oczekiwane GSD sprawdzone
- ☐ Pokrycie podłużne zgodne z planem
- ☐ Pokrycie poprzeczne zgodne z planem
- ☐ Kierunek pasa wybrany świadomie
- ☐ Margines poza granicą uwzględniony
- ☐ Trasa nie koliduje z przeszkodami



F. KAMERA I REJESTRACJA

- ☐ Ustawienia kamery zweryfikowane
- ☐ Zdjęcie ostre i prawidłowo naświetlone
- ☐ Automatyczne wykonywanie zdjęć aktywne zgodnie z misją
- ☐ Data, czas i rejestracja danych działają poprawnie



G. OSTATNIE PYTANIE PRZED STARTEM

Jeżeli ta misja zostanie wykonana dokładnie według obecnego planu, czy zebrane dane wystarczą do stworzenia produktu, którego potrzebuje projekt?



TAK → START



**NIE / NIE WIEM →
NIE STARTUJ JESZCZE. SPRAWDŹ PLAN.**

Projekt: _____

Lokalizacja: _____

Data: _____

Operator: _____

Dron: _____

Planowane GSD: _____

Liczba akumulatorów: _____

Uwagi przed lotem: _____

MODUŁ 03

DJI Phantom 4 RTK w praktyce geodezyjnej

Od konfiguracji systemu RTK do kompletnego zestawu zdjęć gotowych do przetwarzania.

W tym module przejdziesz przez logiczny proces pracy z DJI Phantom 4 RTK: przygotowanie sprzętu, wybór sposobu pozycjonowania, konfigurację misji, ustawienia kamery, realizację nalotu oraz kontrolę pozyskanych danych.



**DOKŁADNOŚĆ
ZACZYNA SIĘ
PRZED STARTEM**

TEMATY MODUŁU



ERUŃ



ZDJĘCIA



MODEL



21. Phantom 4 RTK to nie tylko dron

STRONA 21



22. RTK i PPK

STRONA 22



23. Dokładna korekta wymaga poprawnego odniesienia

STRONA 23



24. Zbuduj misję od granicy projektu

STRONA 24



25. Ustawienia kamery dla fotogrametrii

STRONA 25



26. Automatyczny lot nadal wymaga operatora

STRONA 26



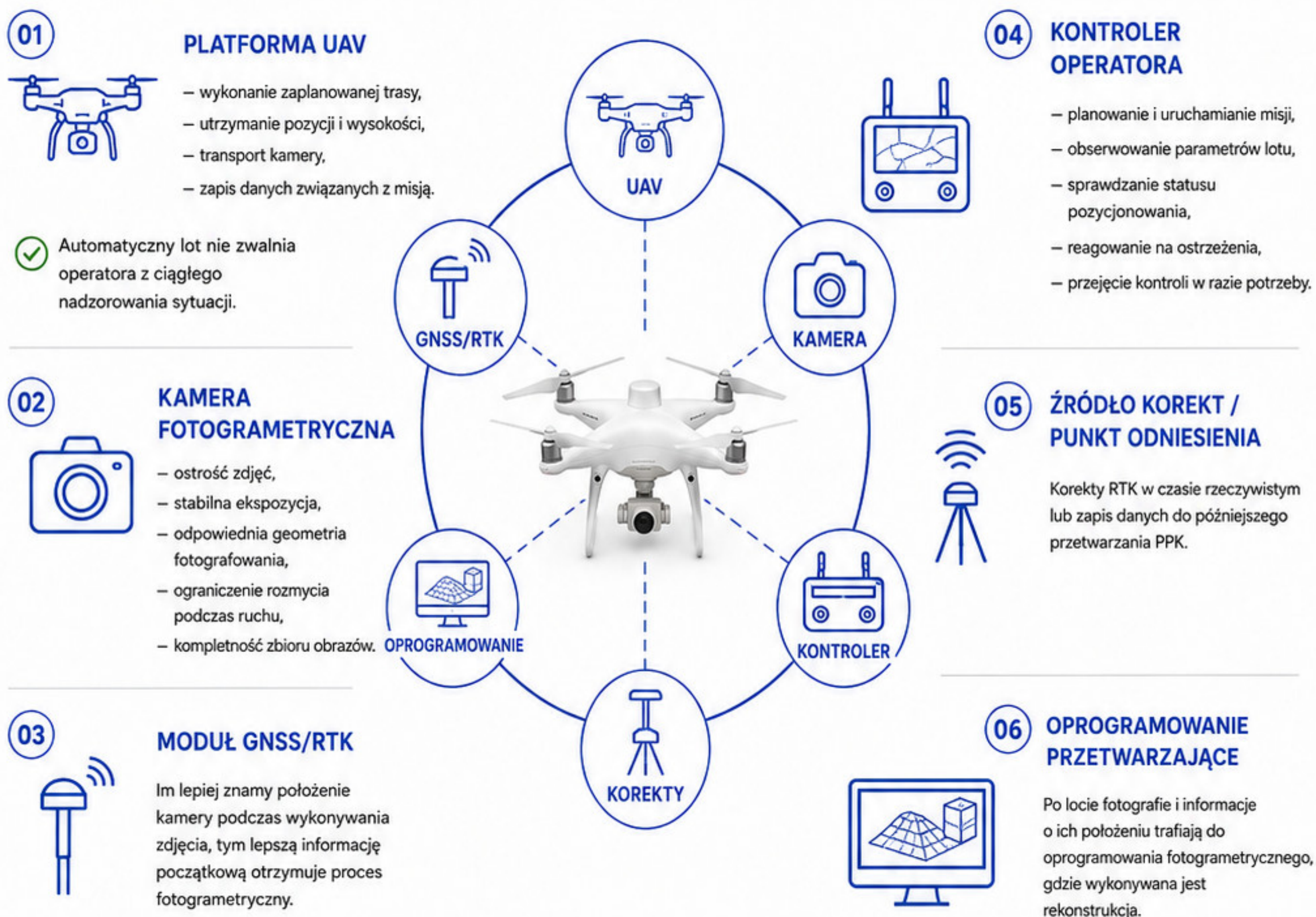
27. Nie pakuj sprzętu, dopóki nie sprawdzisz danych

STRONA 27

PHANTOM 4 RTK TO NIE TYLKO DRON

Anatomia systemu — co naprawdę pracuje podczas misji

Profesjonalna misja fotogrametryczna to efekt współpracy wielu elementów. Każdy z nich ma wpływ na jakość, dokładność i bezpieczeństwo całego procesu.



MYŚL SYSTEMOWO

Jeżeli końcowy rezultat jest niepoprawny, problem nie musi znajdować się w dronie. Może wynikać z:



PLANU



GNSS



KAMERY



LOTU



DANYCH



PRZETWARZANIA

RTK I PPK: DWA SPOSOBY WYKORZYSTANIA PRECYZYJNYCH DANYCH GNSS

RTK czy PPK — wybór workflow pozycjonowania

RTK i PPK służą do poprawy informacji o pozycji, ale różnią się momentem, w którym następuje wykorzystanie korekt. Operator powinien wybrać workflow przed misją i upewnić się, że wszystkie wymagane dane zostaną prawidłowo zapisane.

WORKFLOW RTK



ŹRÓDŁO KOREKT ŁĄCZNOŚĆ DRON POZYCJA RTK ZDJĘCIA

Zalety operacyjne

- możliwość obserwowania statusu rozwiązania podczas lotu,
- dokładniejsze informacje pozycyjne dostępne już w terenie,
- prostszy workflow po locie, jeżeli cały system działa prawidłowo.



Co trzeba kontrolować?

- połączenie ze źródłem korekt,
- status rozwiązania GNSS,
- stabilność komunikacji,
- poprawność układu odniesienia.

WORKFLOW PPK



DRON + OBSERWACJE GNSS ZAPIS DANYCH BAZA / DANE REFERENCYJNE POST-PROCESSING SKORYGOWANE POZYCJE

Proces nie wymaga ciągłego korzystania z korekt w czasie rzeczywistym w taki sam sposób jak RTK.

Wymaga natomiast prawidłowego i kompletnego zapisania danych potrzebnych do późniejszego obliczenia.



KIEDY ZDECYDOWAĆ? PRZED STARTEM.

PPK nie jest przypadkową „opcją awaryjną”. Jeżeli wymagane dane nie zostaną zapisane, PPK nie poprawi pozycji. Sprawdź plan i upewnij się, że wszystko zostanie zarejestrowane.

Element	RTK	PPK
Moment korekcji	podczas pracy	po misji
Łączność w czasie rzeczywistym	istotna dla workflow	nie jest podstawą korekcji w locie
Kontrola statusu korekt	na bieżąco	podczas postprocessingu
Dane referencyjne	wymagane	wymagane do późniejszego opracowania
Planowanie przed lotem	obowiązkowe	obowiązkowe



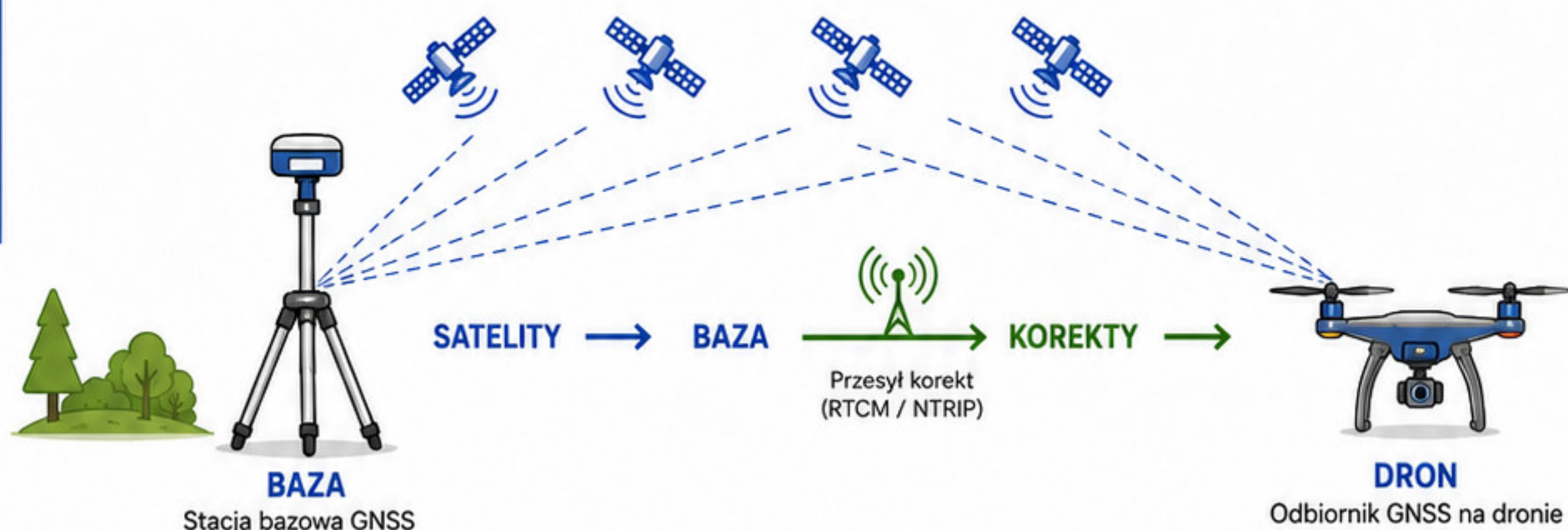
RTK i PPK nie zastępują kontroli jakości.

Nawet bardzo dobre pozycje zdjęć powinny być ocenione w kontekście niezależnych punktów kontrolnych.

DOKŁADNA KOREKTA WYMAGA POPRAWNEGO ODNIESIENIA

Stacja bazowa i źródło korekt — ustawienie punktu odniesienia

System RTK lub PPK może działać technicznie bez błędów, ale jeśli źródło korekt lub punkt odniesienia zostały skonfigurowane nieprawidłowo, wynik końcowy może być błędnie zlokalizowany.



DOKŁADNA BAZA = DOBRY PUNKT ODNIESIENIA



1. CZYM JEST BAZA?

Stacja bazowa GNSS obserwuje te same systemy satelitarne i tworzy dane referencyjne wykorzystywane do poprawy pozycji odbiornika pracującego na dronie.

2. DWA SCENARIUSZE



A. WŁASNA STACJA BAZOWA

- stabilne ustawienie,
- dobra widoczność nieba,
- brak przypadkowego przesunięcia podczas misji,
- prawidłowe określenie współrzędnych stanowiska,
- odpowiednia dokumentacja punktu.



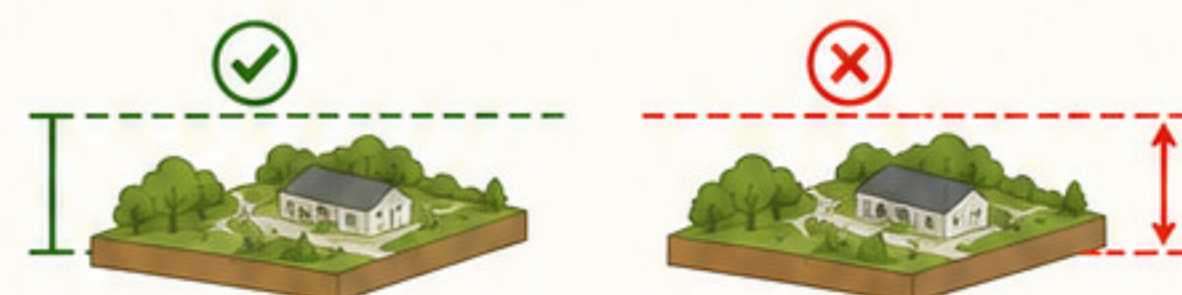
B. SIEĆ KOREKT

- dostępność połączenia,
- poprawność konfiguracji,
- źródło strumienia korekt,
- status rozwiązania w urządzeniu.



3. KRYTYCZNY TEMAT — WSPÓŁRZĘDNE BAZY

Pomiar względny jest bardzo spójny. Jednak baza została przyjęta z błędną wysokością. Rezultat: model może wyglądać świetnie, ale znajdować się na złej wysokości.



4. UKŁAD ODNIESIENIA

- w jakim układzie zapisane są współrzędne,
- jak reprezentowana jest wysokość,
- czy wszystkie dane projektu korzystają o kompatybilnego odtworzenia.



Nie mieszać bez kontroli:

- różnych układów współrzędnych,
- różnych definicji wysokości,
- współrzędnych lokalnych i globalnych.



CHECKLISTA BAZY

- ☐ Baza stoi stabilnie.
- ☐ Antena ma odpowiednią widoczność nieba.
- ☐ Punkt nie zostanie przypadkowo przesunięty.
- ☐ Współrzędne bazy zostały zweryfikowane.

- ☐ Sposób określenia wysokości jest znany.
- ☐ Źródło korekt odpowiada workflow projektu.
- ☐ Operator zapisał informacje potrzebne do późniejszego odtworzenia konfiguracji.

ZBUDUJ MISJĘ OD GRANICY PROJEKTU

Planowanie misji Phantom 4 RTK — od poligonu do trasy

Automatyczny generator trasy jest narzędziem pomocniczym. Operator powinien kontrolować każdy kluczowy parametr wygenerowanego nalogu i ocenić, czy trasa rzeczywiście odpowiada terenowi oraz celowi projektu.



- granica projektu (margines fotograficzny)
- linia nalogu
- kierunek lotu
- punkt startu
- przeszkoda

7 KROKÓW PLANOWANIA

1

ZDEFINIUJ OBSZAR



Narysuj poligon obejmujący cały teren wymagany w produkcji końcowym. Dodaj margines fotograficzny poza właściwą granicą opracowania.

2

WYBIERZ WYSOKOŚĆ



Wysokość powinna wynikać z: docelowego GSD, charakteru terenu, wysokości przeszkód, wymogów bezpieczeństwa i operacji.

3

USTAW POKRYCIE



Zdefiniuj pokrycie podłużne oraz pokrycie poprzeczne. Nie kopiuj wartości z poprzedniej misji bez sprawdzenia.

4

WYBIERZ KIERUNEK NALOTU



Sprawdź: kształt poligonu, wiatr, przeszkody, długość pasów, liczbę zakrętów.

5

SPRAWDŹ TRASĘ AUTOMATYCZNĄ



Po wygenerowaniu misji nie klikaj od razu start. Prześledź trasę wzrokiem.

6

OSZACUJ ZUŻYCIE ENERGII



Jeżeli misja wymaga więcej energii niż może bezpiecznie zapewnić jeden zestaw akumulatora, zaplanuj podział zadania.

7

ZAPISZ WERSJĘ PROJEKTU



wysokość: _____ GSD: _____
 pokrycie podłużne: _____
 pokrycie poprzeczne: _____
 kierunek nalogu: _____
 liczba zdjęć: _____
 przewidywany czas: _____



TEST 10 SEKUND

Czy rozumiem, dlaczego dron będzie leciał dokładnie w ten sposób? Jeżeli nie — wróć do planowania.

USTAWIENIA KAMERY DLA FOTOGRAMETRII

Kamera — ostre zdjęcie jest podstawą dobrego modelu

Program fotogrametryczny może korygować wiele elementów geometrii, ale nie może odzyskać szczegółów, których kamera nie zarejestrowała. Zdjęcia muszą być ostre, odpowiednio naświetlone i możliwie spójne w obrębie całej misji.



01 CZAS NAŚWIETLANIA

Zbyt długi czas naświetlania powoduje rozmycie ruchu. Szybszy czas migawki zamraża ruch drona i obiektów na ziemi.



02 ISO

Wyższe ISO może pomóc uzyskać prawidłową ekspozycję w trudnych warunkach, ale może obniżyć jakość obrazu przez zwiększenie szumu.



03 EKSPOZYCJA

Unikaj prześwietlenia jasnych powierzchni, niedoświetlenia ciemnych obszarów i dużych zmian ekspozycji między kolejnymi zdjęciami.



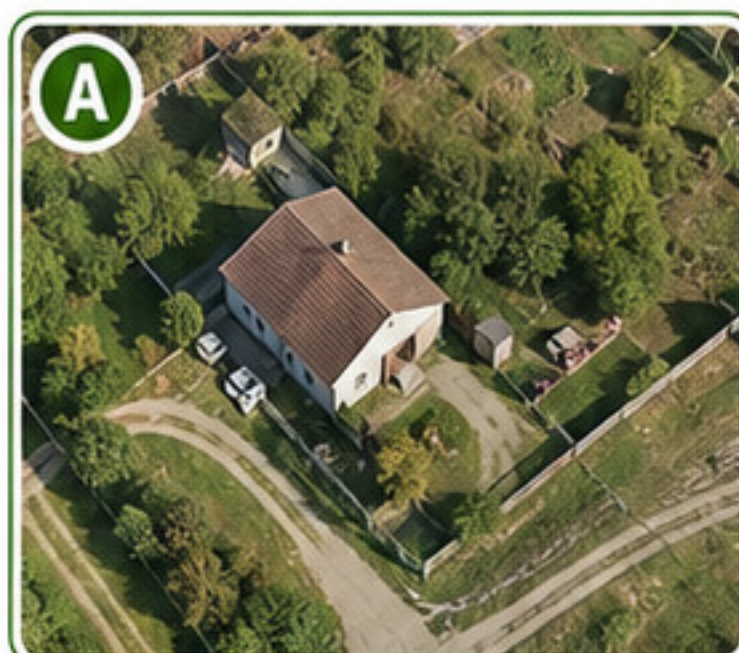
04 OSTROŚĆ

Przed właściwym naloem należy sprawdzić obraz. Wykonać zdjęcie testowe i powiększyć charakterystyczny fragment obrazu.

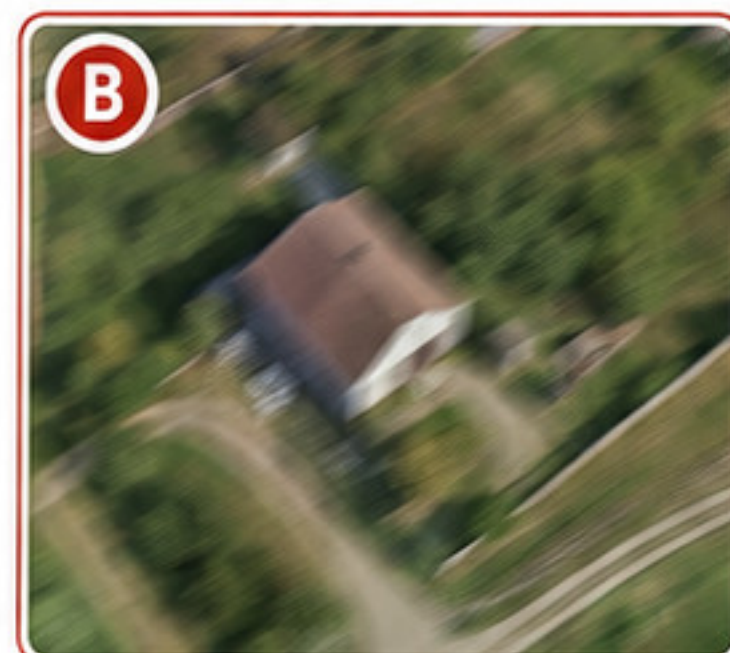


05 SPÓJNOŚĆ ZBIORU

Setki zdjęć pracują jak jeden zestaw. Spójna ostrość i ekspozycja w całej misji ułatwiają przetwarzanie i poprawiają jakość końcowego modelu.



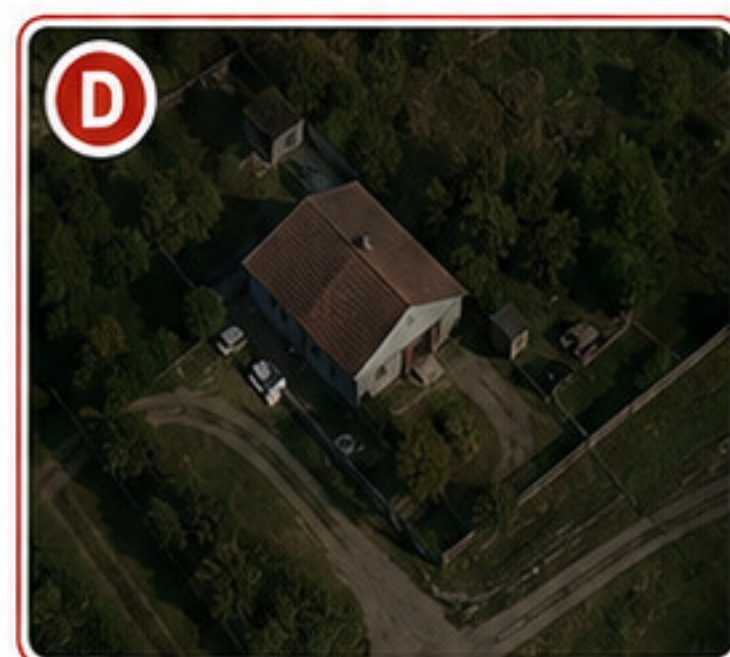
OSTRE I POPRAWNE



ROZMYCIE RUCHU



PRZEŚWIETLENIE



NIEDOŚWIETLENIE

OBJAWY ZŁYCH ZDJĘĆ



Rozmycie ruchu: krawędzie wydają się rozciągnięte.



Brak ostrości: cały obraz wygląda miękko.



Prześwietlenie: jasne obszary tracą szczegóły.



Niedoświetlenie: ciemne obszary tracą informacje.



Krople / zabrudzenie: ten sam artefakt pojawia się w wielu zdjęciach.

PROCEDURA 30 SEKUND PRZED MISJĄ



1. Sprawdź czystość obiektywu.



2. Wykonaj zdjęcie testowe.



3. Powiększ detal.



4. Sprawdź ekspozycję.



5. Dopiero wtedy rozpocznij nalo.



Nie naprawiaj wszystkiego w programie:

Dobre przetwarzanie zaczyna się od dobrego zdjęcia.

AUTOMATYCZNY LOT NADAL WYMAGA OPERATORA



Realizacja nalotu — co kontrolować podczas automatycznej misji

Podczas automatycznej misji dron wykonuje wcześniej zaplanowaną trasę, ale operator nadal odpowiada za obserwowanie środowiska, parametrów systemu i wszelkich sygnałów świadczących o tym, że lot przestaje przebiegać zgodnie z założeniami.

01 PRZED URUCHOMIENIEM



- ☐ poprawną misję na ekranie,
- ☐ właściwy obszar,
- ☐ właściwą wysokość,
- ☐ status systemów,
- ☐ warunki wokół miejsca startu,
- ☐ odpowiedni poziom energii.

02 PIERWSZE SEKUNDY PO STARCIE



- stabilność platformy,
- komunikaty systemowe,
- status GNSS/RTK,
- zachowanie drona,
- kierunek pierwszego odcinka misji.

03 PODCZAS PASÓW NALOTU

Pozycjonowanie



Czy oczekiwany status GNSS/RTK pozostaje stabilny?

Akumulator



Czy zużycie energii odpowiada planowi?

Wiatr



Czy platforma nie walczy nadmiernie z warunkami?

Rejestrację



Czy zdjęcia są wykonywane zgodnie z misją?

Otoczenie



Czy w obszarze nie pojawiło się nowe zagrożenie?

04 PRZY ZMIANIE AKUMULATORA



- bezpiecznie zakończ aktualny odcinek,
- wymień akumulator zgodnie z procedurą,
- sprawdź stan systemu ponownie,
- upewnij się, że kolejna misja zapewnia odpowiednie połączenie fotograficzne z poprzednim fragmentem.



Nie pozostawiaj przypadkowej luki między lotami.



KIEDY PRZERWAĆ?

Przerwij misję i oceń sytuację, jeśli wystąpi co najmniej jeden z poniższych powodów:

- niebezpieczna zmiana pogody,
- pojawienie się ludzi lub przeszkód w obszarze lotu,
- nieoczekiwany problem z platformą,
- istotny problem z pozycjonowaniem,
- nietypowo szybkie zużycie akumulatora,
- utrata zaufania, że misja może być kontynuowana w sposób bezpieczny.

MONITOR MISJI — KLUCZOWE WSKAŹNIKI



KONTYNUUJ



PRZERWIJ / OCEŃ

“

Danych można zebrać ponownie. Bezpieczeństwa nie należy poświęcać dla ukończenia automatycznej trasy.

”

NIE PAKUJ SPRZĘTU, DOPÓKI NIE SPRAWDZISZ DANYCH

Po locie — kontrola danych zanim opuścisz teren

Najtańszym momentem na wykrycie brakujących lub uszkodzonych danych jest czas, gdy operator nadal znajduje się na miejscu projektu. Kiluminutowa kontrola po locie może zapobiec konieczności ponownego wyjazdu terenowego.

01 SPRAWDŹ LICZBĘ ZDJĘĆ



Porównaj liczbę zaplanowanych zdjęć z liczbą zapisanych na nośniku.

02 SPRAWDŹ CIĄGŁOŚĆ NUMERACJI I CZASU



Poszukaj braków, dziwnych skoków czasu, brakujących plików.

03 OBEJRZYJ ZDJĘCIA



Sprawdź reprezentatywne zdjęcia z początku, środka i końca misji oraz z różnych części obszaru. Zbliź szczegóły.

04 SZUKAJ PROBLEMÓW JAKOŚCIOWYCH



- | | |
|---|---|
| ☐ ostrość | ☐ silne różnice oświetlenia |
| ☐ rozmycie | ☐ zabrudzenie optyki |
| ☐ prześwietlenia | ☐ przypadkowe zasłonięcie obrazu |

05 SPRAWDŹ POKRYCIE OBSZARU



Upewnij się, że wszystkie pasy zostały wykonane i żaden fragment nie został pominięty po przerwie/wznowieniu.

06 ZABEZPIECZ DANE GNSS

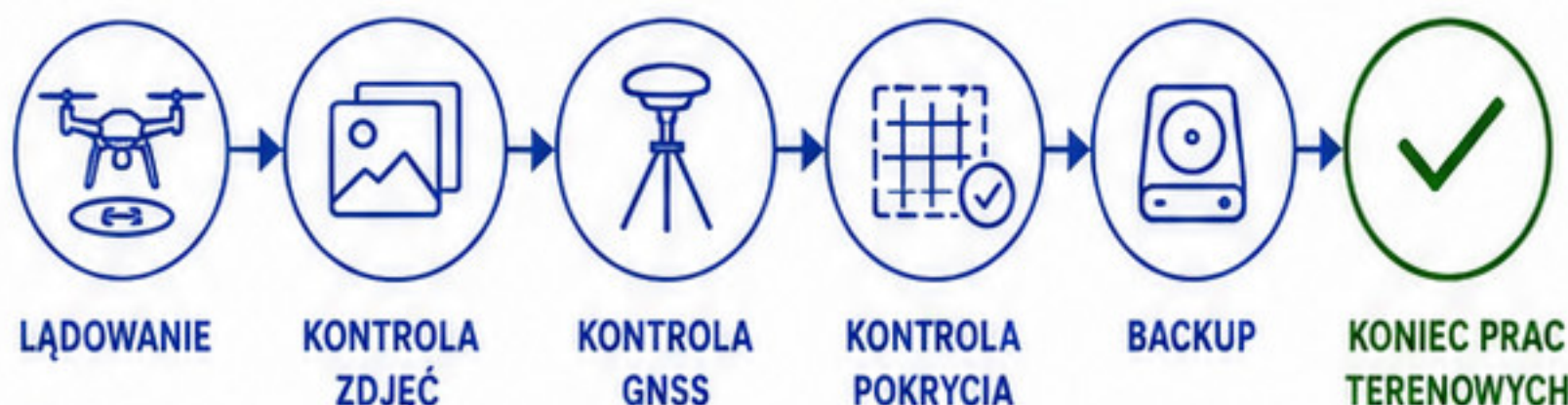


Potwierdź istnienie wymaganych plików GNSS, pliku bazy lub plików PPK.

07 ZRÓB KOPIĘ



W miarę możliwości wykonaj drugą kopię danych.



KARTA KONTROLI PO LOCIE

Projekt: _____

Misja: _____

Liczba zdjęć: _____

Zdjęcia ostre: _____ TAK / NIE

Pełne pokrycie: _____ TAK / NIE

RTK/GNSS poprawny: _____ TAK / NIE / DO WERYFIKACJI

Dane PPK zabezpieczone: _____ TAK / NIE / NIE DOTYCZY

Kopia wykonana: _____ TAK / NIE

Czy konieczny dodatkowy nalot? _____ TAK / NIE

Uwagi: _____



DANE KOMPLETNE



MOŻNA OPUŚCIĆ TEREN



BRAKI



**WYKONAJ DODATKOWY NALOT,
JEŚLI WARUNKI POZWALAJĄ**

MODUŁ 04

eBee i mapowanie dużych obszarów

Większy teren, dłuższe pasy i zupełnie inna logika operacyjna.

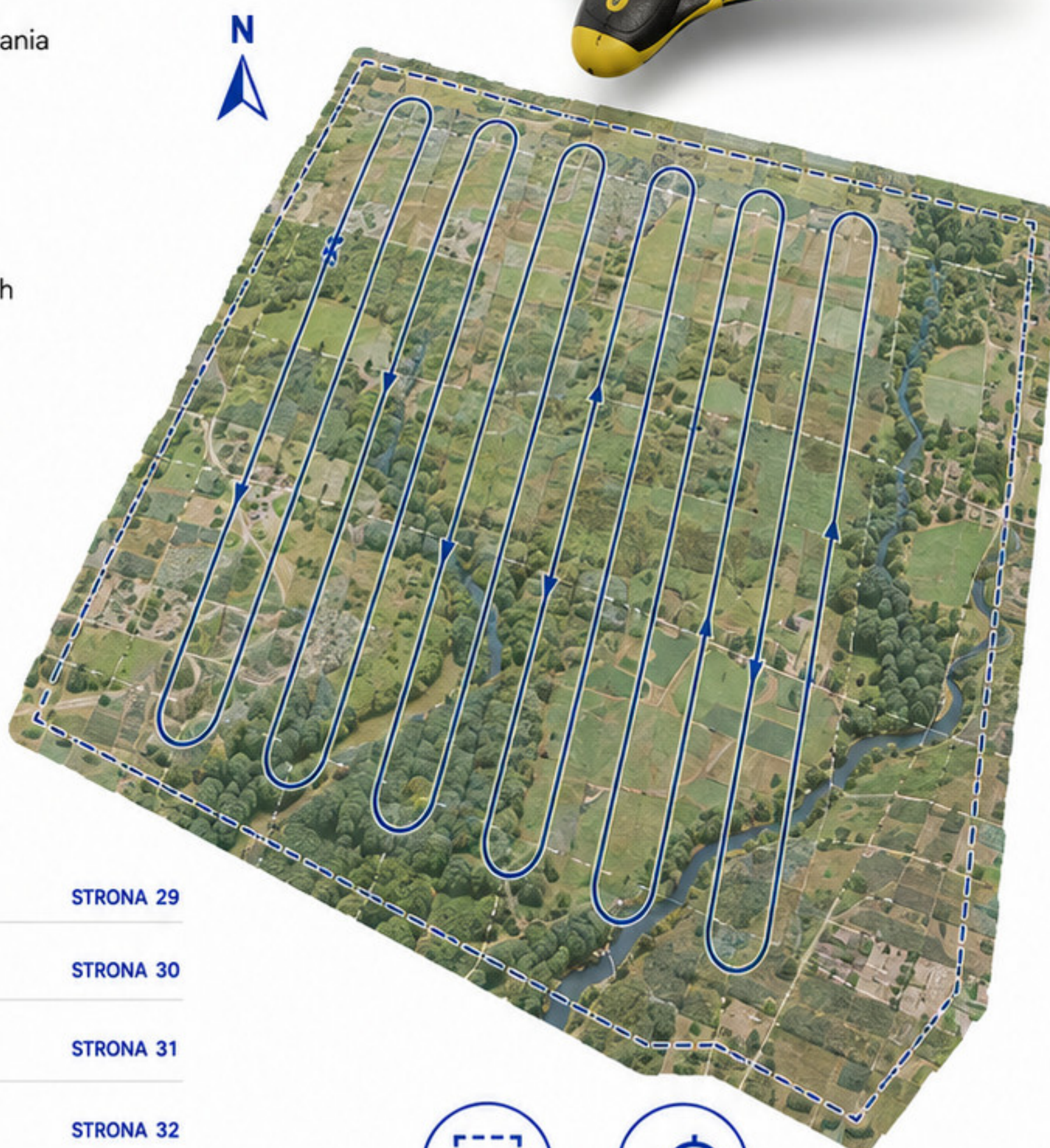
Wielowirnikowiec i płatowiec mogą tworzyć podobne produkty fotogrametryczne, ale sposób planowania oraz wykonywania misji jest inny.

W tym module poznasz logikę pracy z platformą eBee: od wyboru sensora i projektowania misji po start, lot, lądowanie oraz kontrolę jakości danych z rozległych projektów.

**DUŻY
OBSZAR
WYMAGA
DOBREJ
LOGISTYKI**

TEMATY MODUŁU

- | | | |
|---|---|-----------|
|  | 29. eBee i Phantom nie konkurują w każdym projekcie | STRONA 29 |
|  | 30. Sensory i dobór danych | STRONA 30 |
|  | 31. Projektowanie misji w eMotion | STRONA 31 |
|  | 32. Start i logika lotu płatowca | STRONA 32 |
|  | 33. Lądowanie i odzyskanie platformy | STRONA 33 |
|  | 34. Jakość danych z dużych obszarów | STRONA 34 |
|  | 35. Dobór platformy do rozległych projektów | STRONA 35 |



OBSZAR



CZAS /
WYDAJNOŚĆ

EBEE I PHANTOM NIE KONKURUJĄ W KAŻDYM PROJEKCIE

Płatowiec a wielowirnikowiec — wybór platformy do zadania

Typ platformy powinien wynikać z charakteru zadania. Wielowirnikowiec zapewnia dużą elastyczność manewrowania i operowania na ograniczonej przestrzeni, natomiast płatowiec może być bardzo efektywny podczas systematycznego mapowania rozległych terenów.

WIELOWIRNIKOWIEC

DJI Phantom 4 RTK



JAKI JEST CEL PROJEKTU?



MULTIROTOR:

może zatrzymać się w powietrzu.

FIXED-WING:

musi utrzymywać lot postępowy.

PŁATOWIEC

rodzina eBee



- pionowy start i lądowanie,
- możliwość zawisu,
- łatwiejsze wykonywanie złożonych manewrów,
- wygodna praca na mniejszych i średnich obszarach,
- duża elastyczność w pobliżu obiektów.

Typowe projekty

- place budowy,
- kopalnie i hałdy,
- mniejsze obszary inwestycyjne,
- obiekty wymagające elastycznego planowania.

- lot generujący siłę nośną jak klasyczny samolot,
- wydajne pokonywanie dłuższych tras,
- logiczne zastosowanie przy dużych powierzchniach,
- brak możliwości klasycznego zawisu,
- potrzeba odpowiedniego planowania startu i lądowania.

Typowe projekty

- rozległe tereny rolne,
- duże obszary infrastrukturalne,
- kopalnie i rozległe wyrobiska,
- mapowanie dużych powierzchni,
- projekty korytarzowe, zależnie od warunków i wymagań.



Zadanie A: 20-hektarowy plac z licznymi przeszkodami i małą przestrzenią operacyjną.



Zadanie B: bardzo rozległy, otwarty teren do systematycznego mapowania.

Kryterium	Wielowirnikowiec	Płatowiec
Zawis	Tak	Nie
Start pionowy	Typowo tak	Zależny od platformy/procedury
Długie pasy	Możliwe	Naturalne zastosowanie
Mały teren	Bardzo elastyczny	Nie zawsze optymalny
Rozległy teren	Możliwy	Często bardzo efektywny
Manewrowanie	Bardzo elastyczne	Wymaga przestrzeni



Dobór narzędzia:

MAŁY / ZŁOŻONY OBSZAR → elastyczność może być ważniejsza od wydajności przelotowej.

DUŻY / OTWARTY OBSZAR → wydajność powierzchniowa może stać się kluczowym parametrem.

SENSOR DECYDUJE, CO NAPRAWDĘ REJESTRUJESZ

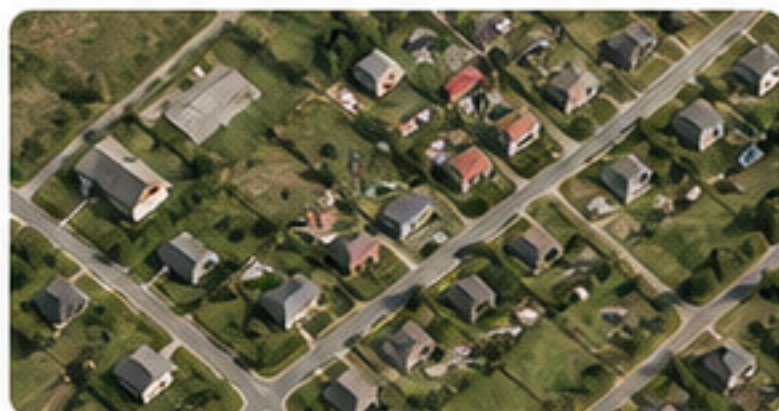
Sensory eBee — dobierz kamerę do informacji, której potrzebujesz

Platforma eBee przenosi sensor, ale to kamera decyduje o rodzaju informacji, które uzyskasz.

Wybór sensora wynika z celu projektu i tego, jakie dane są niezbędne do jego realizacji.



KAMERA RGB



Rejestruje światło widzialne w trzech pasmach (R,G,B), umożliwiając tworzenie obrazów podobnych do tego, co widzi ludzkie oko.

TYPOWE PRODUKTY

- eBee SQ (Sony RX1R II)
- Parrot Sequoia (RGB)
- Phase One iXM-RS
- Mapir Survey3 (RGB)



TYPOWE ZASTOSOWANIA

- Ortofotomapy i modele 2D/3D
- Modelowanie terenu i objętości
- Inwentaryzacja infrastruktury
- Monitoring zmian w czasie



SENSOR MULTISPEKTRALNY



Rejestruje promieniowanie w kilku wybranych pasmach (np. Blue, Green, Red, Red Edge, NIR) poza zakresem światła widzialnego.

TYPOWE PRODUKTY

- Parrot Sequoia
- MicaSense RedEdge-MX
- MicaSense Altum
- Senterra 65R / 6X



TYPOWE ZASTOSOWANIA

- Analiza zdrowia roślin (NDVI, NDRE)
- Mapy biomasy i wigor roślin
- Precyzyjne rolnictwo
- Klasyfikacja pokrycia terenu



SENSOR TERMICZNY



Rejestruje promieniowanie podczerwone emitowane przez obiekty, umożliwiając analizę temperatury powierzchni.

TYPOWE PRODUKTY

- Flir Duo Pro R
- Flir Vue Pro R
- Workswell WIRIS Pro
- Teledyne HAD



TYPOWE ZASTOSOWANIA

- Inspekcja budynków i instalacji
- Wykrywanie strat ciepła
- Analiza stresu wodnego roślin
- Detekcja anomalii termicznych

ROZDZIELCZOŚĆ SENSORA A GSD

- ROZDZIELCZOŚĆ OBRAZU**
Więcej pikseli → więcej detali.
- WIELKOŚĆ SENSORA**
Większy sensor → lepsza jakość i mniejszy szum.
- OGNISKOWA**
Krótsza ogniskowa → szerszy kąt, większy GSD.
Dłuższa ogniskowa → mniejszy GSD.
- WYSOKOŚĆ LOTU NAD TERENEM (AGL)**
Wyższy lot → większy GSD (mniej detali).
Niższy lot → mniejszy GSD (więcej detali).

MATRYCA DECYZYJNA



Potrzebuję ortofotomapy i geometrii terenu

→ **SENSOR RGB**



Potrzebuję analizy spektralnej roślinności

→ **SENSOR MULTISPEKTRALNY**



Potrzebuję analizy różnic temperatur powierzchni

→ **SENSOR TERMICZNY**



BŁĄD POCZĄTKUJĄCEGO



Bardziej zaawansowany sensor nie oznacza automatycznie lepszego wyniku.

Dopasuj sensor do celu, a nie odwrotnie.

CEL PROJEKTU



Określ, co chcesz osiągnąć i jakie pytania musisz rozwiązać.

RODZAJ INFORMACJI



Zdefiniuj, jakie informacje są potrzebne do odpowiedzi na pytania projektowe.

SENSOR



Wybierz sensor, który dostarczy wymagane informacje z odpowiednią jakością.

PLAN NALOTU



Zaprojektuj nalot z uwzględnieniem GSD, zakładki, wysokości i warunków środowiskowych.

PRODUKT KOŃCOWY



Uzyskaj produkt końcowy odpowiadający celom projektu i standardom jakości.

EMOTION: PLANUJ CAŁĄ OPERACJĘ, NIE TYLKO LINIE NALOTU

Planowanie misji w eMotion — z mapy do bezpiecznej trasy

Dla pilotowca planowanie misji to coś więcej niż narysowanie pasów nalotu.

Uwzględnij trasę przelotu, przestrzeń manewrową, teren, wiatr i bezpieczne zakończenie lotu.



7 KROKÓW

- ZDEFINIUJ OBSZAR MAPOWANIA**
Określ granice obszaru pokrycia oraz margines bezpieczeństwa.
- OKREŚL PARAMETRY PRODUKTU**
Ustal GSD, pokrycie, wysokość lotu i inne wymagania projektu.
- SPRAWDŹ WYSOKOŚĆ NAD TERENEM**
Zweryfikuj wysokość AGL w całym obszarze i nad przeszkodami.
- OCEŃ KIERUNEK PASÓW**
Dopasuj kierunek pasów do wiatru i terenu, aby zapewnić stabilność i jakość danych.
- PRZEANALIZUJ PRZESTRZEŃ POZA POLIGONEM**
Sprawdź przeszkody, strefy zakazane i dostępne miejsce na manewry.
- ZAPLANUJ POWRÓT I ZAKOŃCZENIE**
Wyznacz bezpieczną trasę powrotu, punkty nawrotu i plan zakończenia lotu.
- ZWERYFIKUJ CAŁE ZADANIE**
Przejrzyj wszystkie parametry i scenariusze awaryjne przed startem.



TYPOWY BŁĄD

Idealna siatka zdjęć może nadal tworzyć złą misję, jeśli nie zaplanowano bezpiecznego startu, manewrów i lądowania.



KARTA PLANOWANIA MISJI

Powierzchnia projektu: _____
 Docelowe GSD: _____
 Pokrycie podłużne: _____
 Pokrycie poprzeczne: _____
 Kierunek pasów: _____
 Najwyższy punkt terenu: _____
 Główne przeszkody: _____
 Kierunek wiatru: _____
 Miejsce lądowania: _____

PRZYGOTOWANIE PŁATOWCA PRZED STARTEM

Przygotowanie eBee do lotu — kontrola platformy i misji

Staranna kontrola platformy i misji przed startem to podstawa bezpiecznego i skutecznego lotu. Drobny błąd przygotowania może nie zostać zauważony na ziemi, ale ujawni się natychmiast po wyrzucie płatowca — kiedy nie ma już czasu na reakcję.



A KONSTRUKCJA

- ☐ Kadłub bez pęknięć i uszkodzeń
- ☐ Skrzydła poprawnie zamontowane i zablokwane
- ☐ Powierzchnie sterowe sprawne i swobodne
- ☐ Śmigło bez uszkodzeń, mocowanie pewne
- ☐ Elementy mocujące dokręcone
- ☐ Etykiety i oznaczenia czytelne



B SENSOR

- ☐ Optyka czysta i sucha
- ☐ Pokrywa sensora zdjęta
- ☐ Karta pamięci zainstalowana
- ☐ Ustawienia sensora zgodne z misją
- ☐ Test zdjęcia poprawny (jeśli wymagane)



C ZASILANIE

- ☐ Akumulator naładowany (> 95% zalecane)
- ☐ Stan ogniwi prawidłowy
- ☐ Akumulator poprawnie zamontowany
- ☐ Kłapa baterii zamknięta i zablokwana
- ☐ Brak widocznych uszkodzeń akumulatora



D SYSTEM I ŁĄCZNOŚĆ

- ☐ Moc sygnału RC/telemetrii dobra
- ☐ Link danych sprawny
- ☐ System GNSS ma fix (min. 12 satelitów)
- ☐ Kompas skalibrowany (jeśli wymagane)
- ☐ Oprogramowanie aktualne
- ☐ Test komunikacji zakończony sukcesem



E PLAN

- ☐ Właściwa misja załadowana
- ☐ Parametry misji odpowiadają celowi
- ☐ Wysokość lotu i pokrycie poprawne
- ☐ Strefy zakazane sprawdzone
- ☐ Oczekiwany czas lotu < dostępny czas



F TEREN

- ☐ Obszar projektu właściwy
- ☐ Miejsce startu wolne od przeszkód
- ☐ Kierunek wiatru znany i akceptowalny
- ☐ Droga powrotu wolna od przeszkód
- ☐ Lądowisko bezpieczne i dostępne

OSTATNIA KONTROLA OPERATORA

PLATFORMA



SENSOR



BATERIA



ŁĄCZNOŚĆ



MISJA



TEREN



START JEST KRÓTKIM MOMENTEM, ALE WYMAGA PEŁNEGO PRZYGOTOWANIA

Start i lot — specyfika pracy z płatowcem

Płatowiec nie zachowuje się jak wielowirnikowiec. Nie zawisa w miejscu i nie wznosi się pionowo. Po starcie musi wejść w prawidłowy lot postępowy, aby utrzymać prędkość, zasięg i stabilność trasy.



Przed startem

- sprawdź stan techniczny płatowca i akumulatora
- oceń wiatr, przeszkody i kierunek lotu
- upewnij się, że trasa ma odpowiednie marginesy
- zweryfikuj ustawienia misji i punkt startu
- przygotuj plan awaryjny i miejsce lądowania



Podczas procedury startowej

- rzuć płatowcem zdecydowanie pod wiatr
- nadaj prędkość – płatowiec potrzebuje rozpędu
- nie wznosi się pionowo, od razu wchodzi w lot postępowy
- unikaj gwałtownych korekt sterem
- obserwuj tor, prędkość i zachowanie płatowca



Pierwsza faza lotu

- płynnie wznoszą się do zaplanowanej wysokości
- utrzymaj prędkość lotu zgodnie z zaleceniami
- zweryfikuj kurs i stabilność lotu
- upewnij się, że system działa prawidłowo
- dopiero potem rozpoczyna się mapowanie



W trakcie mapowania

- monitoruj pokrycie, parametry misji i środowisko
- kontroluj energię, łączność i sygnalizację systemu
- zwracaj uwagę na wiatr, opady i zmiany światła
- nie ignoruj ostrzeżeń i nietypowego zachowania
- pamiętaj: autopilot wykonuje trasę, Ty zarządzasz misją



Nie patrz wyłącznie na ekran

- obserwuj płatowiec wzrokowo jak najczęściej
- słuchaj dźwięków silnika i sprawdzaj otoczenie
- oceniaj warunki rzeczywiste, nie tylko dane
- ekran pokazuje informacje – decyzje podejmujesz Ty
- najlepszy operator łączy dane + doświadczenie



Energia w płatowcu

Nie wystarczy zapytać:

„Czy wystarczy energii na ostatni pas?”

Zapytaj:

„Czy zostanie zapas na bezpieczny powrót i lądowanie?”

Zapas energii = większe bezpieczeństwo i większe możliwości reagowania.



Sygnały do ponownej oceny misji



silny lub rosnący wiatr



spadek energii szybciej niż planowano



utrata lub pogorszenie łączności



opady, gwałtowne zmiany pogody



nowe przeszkody lub zagrożenia w terenie



ostrzeżenia systemowe i nietypowe działanie

MONITORUJ KLUCZOWE ELEMENTY PRZEZ CAŁĄ MISJĘ



WIATR

Czy warunki są zgodne z założeniami misji?



ENERGIA

Czy energia wystarcza z zapasem?



TRASA

Czy misja przebiega zgodnie z planem?



ŁĄCZNOŚĆ

Czy łączność jest stabilna i niezawodna?



OTOCZENIE

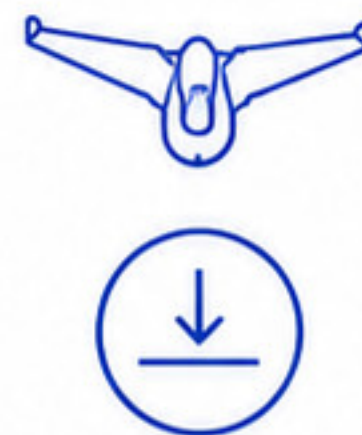
Czy otoczenie nie wprowadza nowych zagrożeń?



Misja automatyczna ≠ misja bez nadzoru

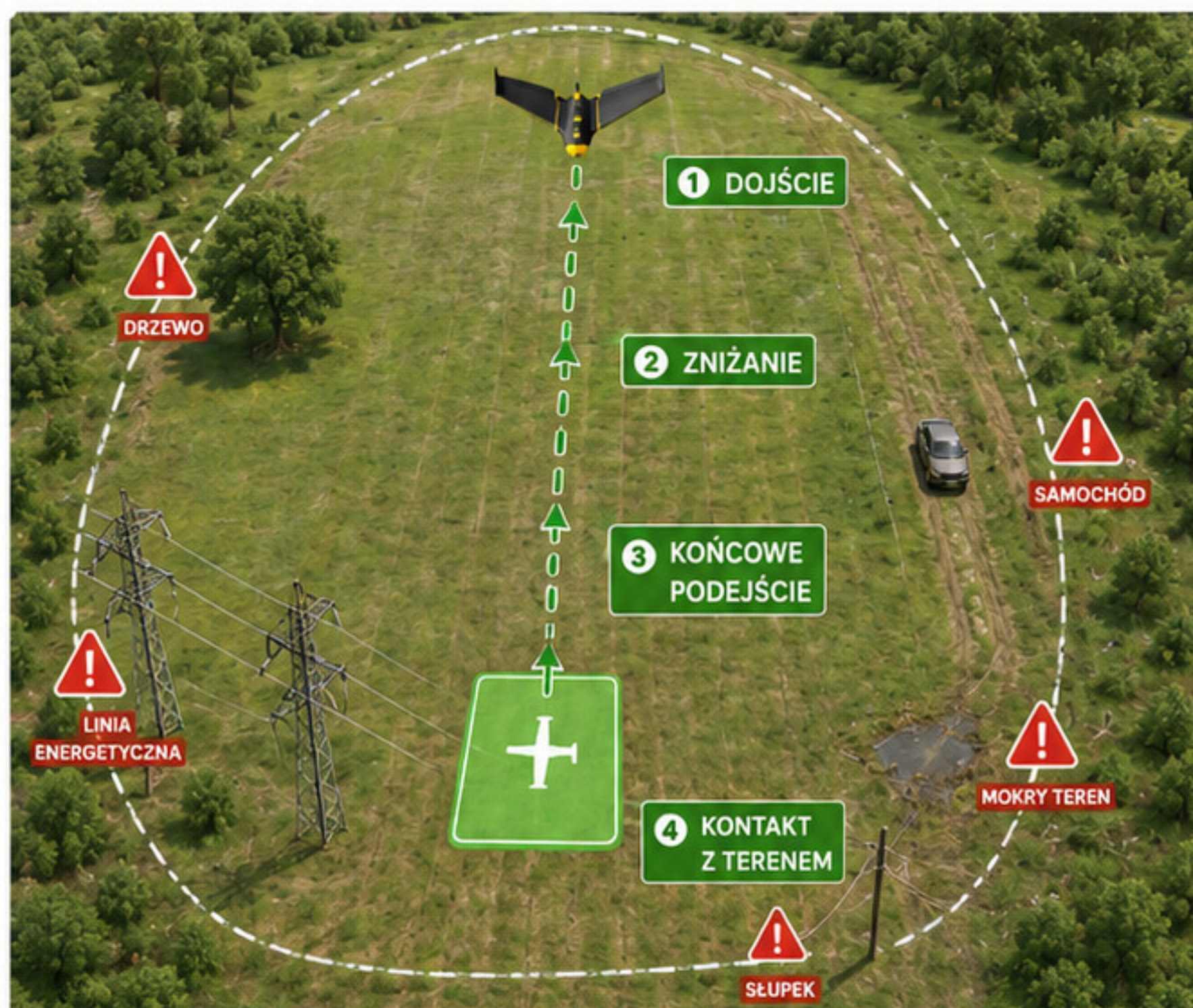
Automatyzacja wykonuje trasę.
Operator podejmuje decyzje.

DOBRE LĄDOWANIE ZACZYNA SIĘ PRZED LOTEM



Lądowanie eBee — zaplanuj je zanim wystartujesz

Płatowiec eBee nie może zawisnąć w powietrzu nad punktem i pionowo opaść. Do bezpiecznego lądowania potrzebuje przestrzeni do podejścia i wytracenia prędkości. Dlatego zawsze planuj całą strefę lądowania, a nie tylko miejsce dotknięcia ziemi.



Strefa podejścia (obszar bezpieczeństwa)
 Strefa lądowania
 Kierunek podejścia
 Przeszkoda



WYBÓR OBSZARU LĄDOWANIA

- płaski, równy teren
- wolny od przeszkód
- odpowiednia długość podejścia
- łatwy do obserwacji



ZWRÓĆ UWAGĘ NA POWIERZCHNIĘ

- sucha i twarda powierzchnia
- bez wysokiej trawy i kamieni
- brak wody, błota i śniegu
- dobra przyczepność kadłuba



KIERUNEK WIATRU

- ląduj pod wiatr
- unikaj lądowania z wiatrem w plecy
- uwzględnij zmiany kierunku i siły wiatru



OBSZAR PODEJŚCIA TO NIE TYLKO PUNKT DOTKNIĘCIA ZIEMI

Zaplanuj elipsę podejścia, która pozwoli płatowcowi bezpiecznie stracić wysokość i prędkość. Im wyżej lecisz, tym większej przestrzeni potrzebujesz.



CO MOŻE SIĘ ZMIEŃĆ PODCZAS LOTU?

- zmiana kierunku i siły wiatru
- nowe przeszkody na ziemi (ludzie, pojazdy, zwierzęta)
- pogorszenie warunków oświetleniowych
- zużycie energii akumulatora
- błąd w przewidywanej trajektorii
- nieoczekiwany deszcz lub wilgoć



PROCEDURA OPERATORA

- 1 OCENI STREFĘ** — upewnij się, że masz wystarczająco dużo miejsca.
- 2 SPRAWDŹ WIATR** — kierunek i siłę, planuj podejście pod wiatr.
- 3 POTWIERDŹ BRAK OSÓB I PRZESZKÓD** — skanuj teren i otoczenie.
- 4 OBSERWUJ TRAJEKTORIĘ** — monitoruj podejście i energię.
- 5 BĄDŹ GOTOWY ZASTOSOWAĆ WŁAŚCIWĄ PROCEDURĘ** — lądowanie automatyczne lub ręczne zgodnie z planem.



**NIE PLANUJ PUNKTU LĄDOWANIA.
PLANUJ CAŁĄ STREFĘ LĄDOWANIA.**



BŁĄD POCZĄTKUJĄCEGO



„Program sam wyląduje, więc nie muszę analizować strefy.”

PRAWDA: Automatyzacja nie usuwa przeszkód z terenu. To Ty odpowiadasz za wybór bezpiecznej strefy lądowania.

PO DUŻYM NALOCIE SPRAWDZAJ STRUKTURĘ DANYCH, NIE TYLKO POJEDYNCZE ZDJĘCIA

Kontrola danych eBee — czy duża misja naprawdę jest kompletna?

W rozległym projekcie niewielki brak pokrycia, pojedyncza luka w danych lub brak kluczowego pliku mogą obejmować znaczną powierzchnię terenu i prowadzić do błędów w opracowaniu lub konieczności ponownego nalotu. Sprawdzaj strukturę danych, a nie tylko pojedyncze zdjęcia.

PLAN MISJI vs RZECZYWISTA REALIZACJA



- Plan misji (zaplanowane pasy)
- - - Rzeczywista realizacja (zarejestrowane pasy)
- - - Brak pokrycia (obszar wymagający uwagi)

1

SPRAWDŹ WYKONANE PASY



Upewnij się, że wszystkie zaplanowane pasy zostały wykonane i nie ma przerw w pokryciu.

2

SPRAWDŹ ROZMIESZCZENIE ZDJĘĆ



Zweryfikuj równomierne rozmieszczenie zdjęć i odpowiednie pokrycie wzdłużne oraz poprzeczne.

3

SPRAWDŹ REPREZENTATYWNE ZDJĘCIA



Przejrzyj zdjęcia z różnych części obszaru (środek, brzegi, narożniki, różne warunki terenowe).

4

OCEŃ OSTROŚĆ



Obiekty na zdjęciach powinny być ostre i czytelne na całej powierzchni kadru.

5

OCEŃ EKSPOZYCJĘ



Sprawdź, czy zdjęcia nie są prześwieczone ani niedoświetlone i zachowują szczegóły.

STRUKTURA DANYCH PROJEKTU



PROJEKT_001



01_ZDJECIA_RAW

Wszystkie zdjęcia z misji (RAW/JPEG)



02_GNSS

Pliki GNSS/RTK, bazy, wysłki



03_GCP_CP

Punkty kontrolne (GCP) i punkty kontrolne (check points)



04_LOGI_LOTU

Logi misji, parametry, plik systemowy



05_PROJEKT_FOTOGRAMETRYCZNY

Pliki projektu, raporty wyrównania, metadane



06_EKSPORTY

Ortofotomapy, chmury punktów, DSM/DTM, modele 3D



07_KONTROLA_JAKOSCI

Raporty QC, zrzuty ekranu, notatki

SPRAWDŹ DANE DODATKOWE



Logi misji

Sprawdź kompletność logów, czasy startu/ładowania, alerty i zdarzenia.



Dane GNSS

Upewnij się, że pliki GNSS są kompletne i poprawnie zsynchronizowane.



Informacje o pozycji ekspozycji

Zweryfikuj zapisy pozycji kamery dla wszystkich zdjęć.



Dane sensora

Sprawdź temperaturę, ISO, czas ekspozycji, przysłonę oraz tryb pracy.



Dane kalibracyjne

Upewnij się, że użyto właściwych plików kalibracji kamery.



GOTOWE DO PRZETWARZANIA

DECYZJA TERENOWA



Cały obszar został pokryty



Zdjęcia są użyteczne (ostre, prawidłowo naświetlone)



Dane pozycjonowania są zabezpieczone



Wszystkie wymagane pliki są obecne



Wykonano kopię danych



Nie ma fragmentu wymagającego ponownego nalotu



Jeśli choć jeden punkt krytyczny brzmi **NIE** — rozważ wykonanie dodatkowej misji.

MODUŁ 05

Przetwarzanie zdjęć i tworzenie produktów fotogrametrycznych

Surowe fotografie nie są jeszcze mapą — teraz trzeba zamienić je w geometrię.

W tym module poznasz pełny proces przetwarzania zdjęć lotniczych: od organizacji danych, przez kontrolę jakości, wyrównanie i rekonstrukcję sceny, aż po budowę chmury punktów, modeli wysokościowych, ortofotomapy i eksport gotowych produktów.

ZDJĘCIA → GEOMETRIA → MODEL → KONTROLA → PRODUKT



ZDJĘCIA

surowe fotografie lotnicze



RZADKA CHMURA

początkowa rekonstrukcja i lokalizacja punktów



GĘSTA CHMURA

gęsta chmura punktów o wysokiej dokładności



MODEL POWIERZCHNI

NMT / NMPT
modele wysokościowe



ORTOFOTOMAPA

gotowy produkt do analizy i udostępnienia

TEMATY MODUŁU



37. Organizacja projektu

STRONA 37



38. Kontrola zdjęć

STRONA 38



39. Wyrównanie zdjęć

STRONA 39



40. Gęsta chmura punktów

STRONA 40



41. NMT i NMPT

STRONA 41



42. Ortofotomapa

STRONA 42



43. Model 3D i eksporty

STRONA 43

PORZĄDEK W DANYCH JEST CZĘŚCIĄ KONTROLI JAKOŚCI

Organizacja projektu — zanim uruchomisz obliczenia

Profesjonalne przetwarzanie danych zaczyna się przed importem pierwszego zdjęcia.

Dobra organizacja folderów i dokumentacja decyzji zapewniają powtarzalność,

przejrzystość oraz możliwość weryfikacji na każdym etapie projektu.



ZASADY ORGANIZACJI DANYCH

1



Nie pracuj na jedynej kopii

Przechowuj co najmniej dwie kopie danych w różnych lokalizacjach (dysk + backup zewnętrzny lub chmura).

2



Nazwij projekt jednoznacznie

Nazwa powinna zawierać datę, lokalizację i identyfikator obszaru. Unikaj ogólników i niejednoznacznych określeń.



ZŁA NAZWA

nowy_projekt_final2_poprawiony



DOBRA NAZWA

2026-08-15_Kopalnia_A_Sektor03

3



Zachowaj dane o misji

Logi lotu, plan misji, parametry i warunki atmosferyczne są kluczowe dla zrozumienia i odtworzenia projektu.

4



Dokumentuj decyzje

Zapisuj ważne decyzje, przyjęte założenia, zmiany oraz uzasadnienia — ułatwia to kontrolę jakości i pracę zespołową.

KARTA PROJEKTU

Nazwa projektu: _____

Data nalotu: _____

Platforma: _____

Sensor: _____

Liczba zdjęć: _____

RTK / PPK / standard: _____

Układ współrzędnych: _____

GCP (liczba / opis): _____

CP (liczba / opis): _____

Produkt końcowy: _____



Profesjonalny standard

Jeżeli po sześciu miesiącach nie jesteś w stanie zrozumieć własnego folderu projektu, dokumentacja była niewystarczająca.

NAJPIERW OCENĆ MATERIAŁ WEJŚCIOWY

Kontrola zdjęć przed przetwarzaniem — usuwać czy zostawiać?

Automatyczne przetwarzanie nie oznacza, że każde zdjęcie powinno być użyte.

Słabe lub nieodpowiednie fotografie mogą obniżyć jakość modelu i wydłużyć czas obróbki.

Oceń materiał wejściowy, podejmij świadome decyzje i zachowaj ciągłość pokrycia.

CO SPRAWDZAĆ?

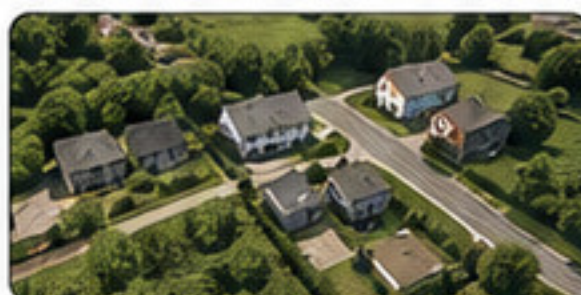
- 
OSTROŚĆ
 Czy obiekty i detale są wyraźne i czytelne?
- 
ROZMYCIE RUCHU
 Czy widać smugi, podwójne krawędzie lub rozmycie?
- 
EKSPOZYCJA
 Czy zdjęcie nie jest zbyt jasne ani zbyt ciemne?
- 
ZASŁONIĘCIA
 Czy obraz nie jest zasłonięty przez obiekty lub zabrudzenia?
- 
OBRAZY POZA WŁAŚCIWĄ MISJĄ
 Czy zdjęcie należy do planowanej trasy i właściwego obszaru?

i CZY USUWAĆ KAŻDE NIEIDEALNE ZDJĘCIE? Nie automatycznie.

Usunięcie wielu zdjęć może stworzyć luki w pokryciu, które pogorszą jakość modelu i dokładność wyników.

PRAKTYCZNA PROCEDURA (5 KROKÓW)

- 
SZYBKI PRZEGLĄD ZBIORU
 Przejrzyj cały zbiór w podglądzie.
- 
OZNACZ PODEJRZANE FOTOGRAFIE
 Oznacz zdjęcia wymagające uwagi.
- 
KONTROLA SĄSIEDNICH ZDJĘĆ
 Sprawdź jakość zdjęć sąsiednich.
- 
OCENA WPŁYWU USUNIĘCIA NA POKRYCIE
 Upewnij się, że nie powstaną luki.
- 
ZAPISZ DECYZJE
 Zapisz decyzje i powody ich podjęcia.



PRAWIDŁOWE

Ostre, dobrze naświetlone, czytelne.



ROZMYTE

Widoczne rozmycie ruchu, smugi.



PRZEŚWIETLONE

Zdjęcie zbyt jasne, utrata detali w światłach.



ZABRUDZONE

Plamy, zabrudzenia na obiektywie lub matrycy.



ZDJĘCIE POZA MISJĄ

Nie należy do planowanej trasy lub właściwego obszaru.



PROBLEM		DECYZJA
	Całkowicie rozmyte zdjęcie	Rozważyć wyłączenie
	Drobna różnica ekspozycji	Zwykle pozostawić i ocenić
	Zdjęcie wykonane przed misją	Wyłączyć
	Brak kluczowego fragmentu obrazu	Oceń wpływ na pokrycie
	Kilka słabszych zdjęć z rzędu	Sprawdzić możliwość luki

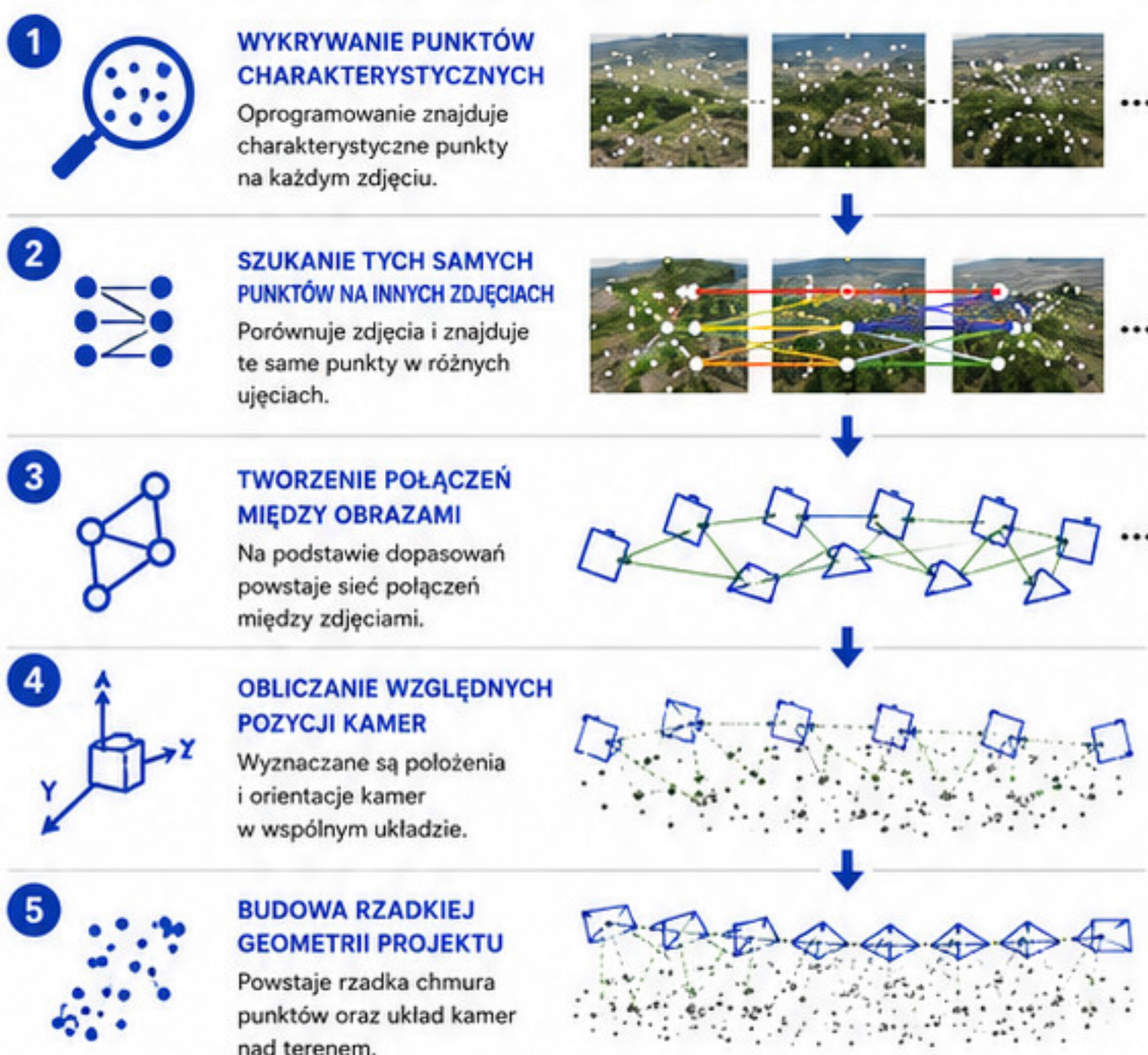
“ Garbage in, garbage out ”

WYRÓWNANIE: CZY ZDJĘCIA NAPRAWDĘ TWORZĄ JEDEN SPÓJNY BLOK?

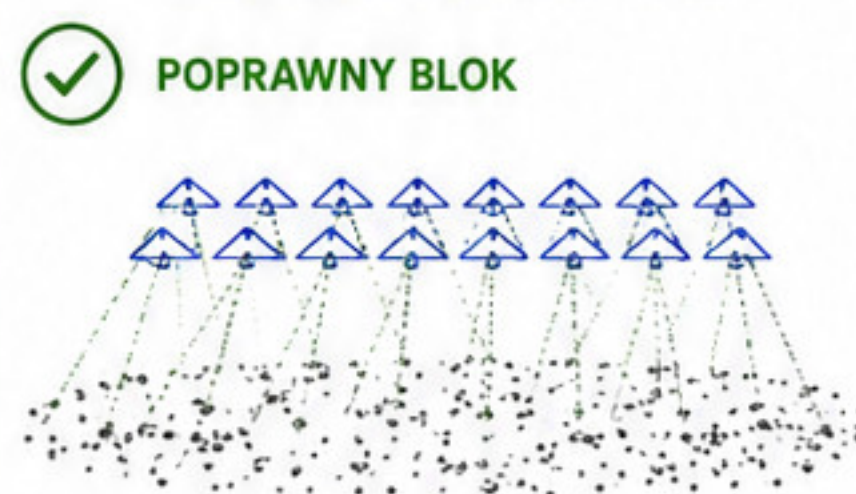
Wyrównanie zdjęć — pierwszy test geometrii projektu

Oprogramowanie wyszukuje na fotografiach wspólne cechy (punkty charakterystyczne), dopasowuje zdjęcia na ich podstawie i szacuje położenie oraz orientację każdej kamery. Efektem jest rzadki model geometrii, który pokazuje układ kamer i związek zdjęć w projekcie.

PROCES WYRÓWNANIA – OD ZDJĘĆ DO GEOMETRII



PRZYKŁADY DIAGNOSTYCZNE



Kamery rozmieszczone regularnie.
Jedna spójna chmura punktów.
Projekt tworzy jeden blok.



Rozdzielone grupy zdjęć / kamer.
Brak połączeń między blokami.



Kamery w nielogicznych pozycjach.
Chaotyczny układ, brak spójnej geometrii.

CO POWINIEN SPRAWDZIĆ OPERATOR?

- ☒ Czy wszystkie zdjęcia są wyrównane?
- ☐ Czy kamery są w logicznych pozycjach?
- ☐ Czy projekt tworzy jeden spójny blok?
- ☐ Czy kształt terenu wygląda logicznie?

TYPOWE OBJAWY PROBLEMÓW

- Niewyrównane zdjęcia**
Możliwe przyczyny: słabe nakłady, rozmycie, mało tekstury.
- Dwa osobne bloki**
Możliwe przyczyny: duża luka między trasami, brak połączeń.
- Chaotyczne pozycje kamer**
Możliwe przyczyny: błędy dopasowań, powtarzalne wzory, zły dobór parametrów.

DECYZJA PRZED KOLEJNYMI ETAPAMI



ZASADA PROFESJONALISTY: Nie oceniaj sukcesu wyrównania po komunikacie „zakończono”.
Oceniaj po geometrii wyniku.

PUNKTY TERENOWE NADAJĄ PROJEKTOWI KONTROLĘ I ODNIESIENIE

GCP, CP i optymalizacja — ustawienie projektu w prawidłowym układzie

Po wyrównaniu zdjęć użyj punktów GCP oraz niezależnych CP, aby umieścić model w właściwym układzie współrzędnych i sprawdzić spójność z pomiarami terenowymi.

1 Import współrzędnych punktów



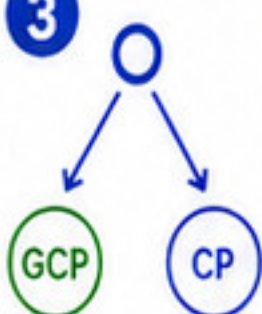
- Załaduj plik punktów z pomiaru terenowego.
- Sprawdź układ, jednostki i dokładność.

2 Identyfikacja punktów na zdjęciach



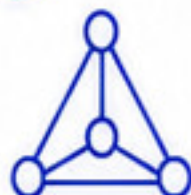
- Oznacz każdy punkt na co najmniej 3–5 zdjęciach.
- Upewnij się, że oznaczenie jest precyzyjne.

3 Rozdziel GCP i CP



- Wybierz punkty kontrolne (GCP) do wiązania modelu.
- Wyznacz niezależne punkty kontrolne (CP) do weryfikacji.
- Nie używaj CP do optymalizacji.

4 Optymalizacja

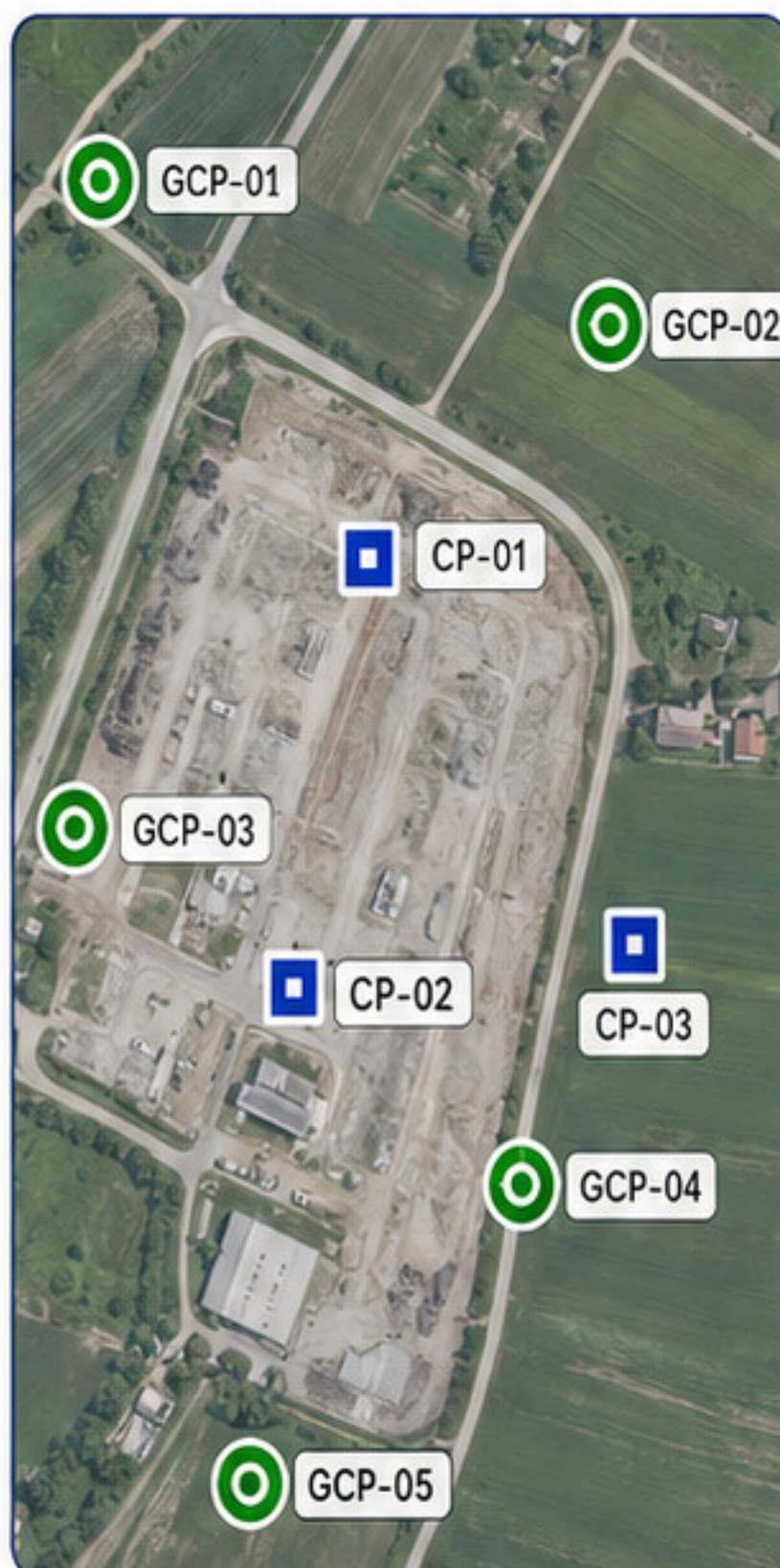


- Wykonaj wyrównanie z GCP.
- Obserwuj zmiany błędów resztkowych.
- Sprawdź stabilność rozwiązania.

5 Kontrola reszt



- Oceń błędy GCP i CP w X, Y, Z.
- Weryfikuj zgodność z wymaganiami projektu.
- Reaguj na odchylenia.



PUNKT	ΔX	ΔY	ΔZ	STATUS
GCP-01	0.011	-0.007	0.015	OK
GCP-02	-0.009	0.010	0.008	OK
GCP-03	0.005	0.006	-0.012	OK
GCP-04	-0.010	-0.008	0.006	OK
GCP-05	0.042	-0.036	0.055	SPRAWDŹ
CP-01	0.013	0.009	0.017	OK
CP-02	-0.014	0.011	-0.013	OK
CP-03	0.009	-0.007	0.010	OK

Wartości w metrach. Dodatnie wartości oznaczają różnicę (model – pomiar terenowy).

LEGENDA



GCP

Punkt kontrolny użyty do wiązania i optymalizacji modelu.



CP

Niezależny punkt kontrolny użyty tylko do weryfikacji jakości dopasowania.

Najpierw sprawdź



czy współrzędne są prawidłowe



czy punkt został właściwie oznaczony



czy nie pomyłono nazwy



czy zdjęcia punktu są wystarczająco dobre



Nie poprawiaj statystyki przez usuwanie problemu

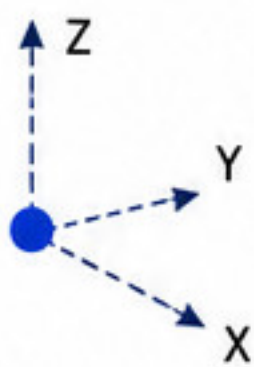
Naszym celem nie jest najładniejsza tabela błędów, lecz zrozumienie, dlaczego projekt zachowuje się w określony sposób. Zanim usuniesz punkt, znajdź przyczynę odchylenia i ją wyjaśnij.

CHMURA PUNKTÓW: MILIONY PUNKTÓW OPISUJĄCYCH POWIERZCHNIĘ

Chmura punktów — przestrzenna baza do dalszych produktów

Po prawidłowym wyrównaniu i optymalizacji można wygenerować gęstą, przestrzenną reprezentację terenu i obiektów. Stanowi ona podstawę do tworzenia powierzchni, profili, pomiarów i rekonstrukcji 3D.

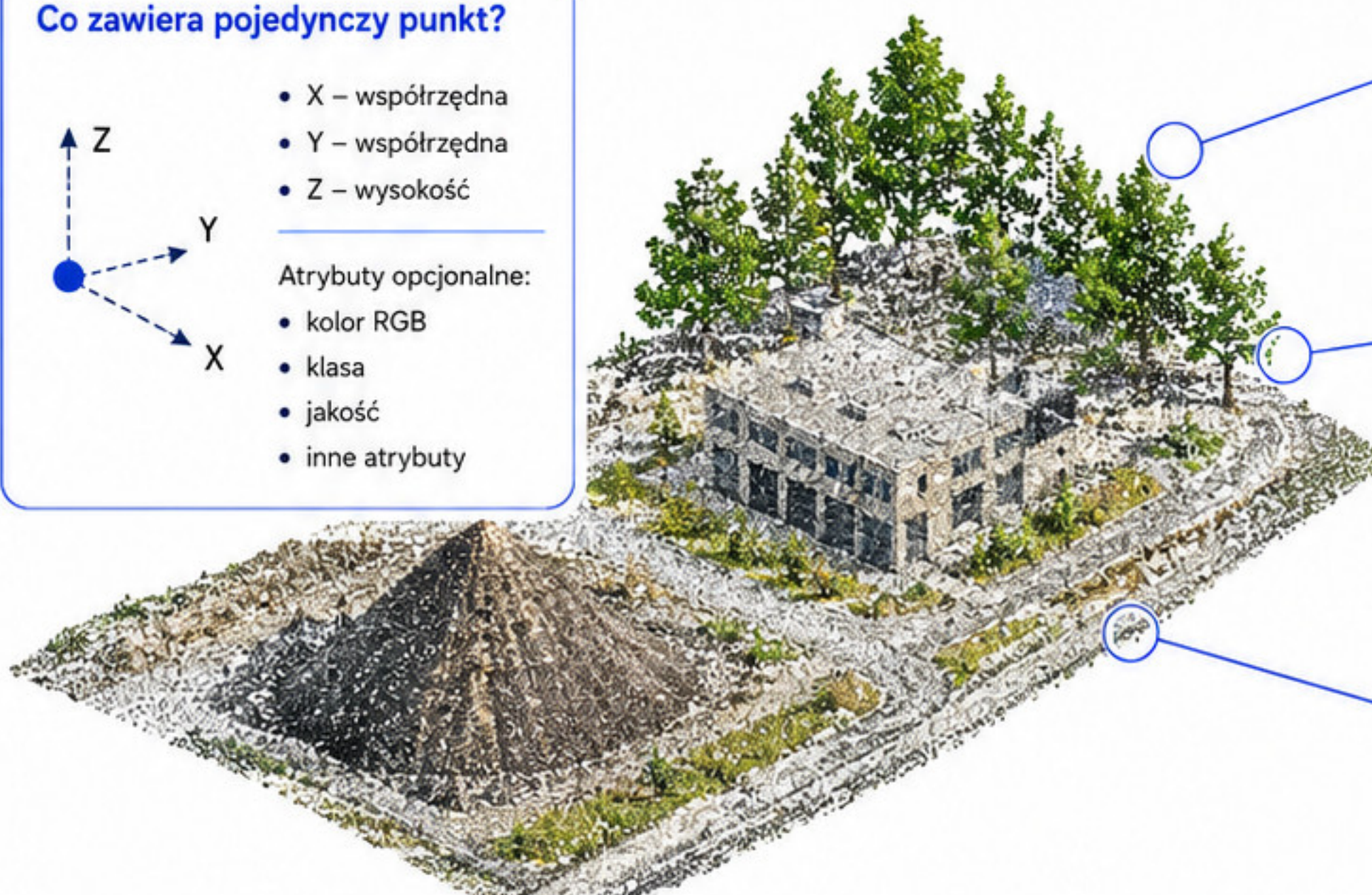
Co zawiera pojedynczy punkt?



- X – współrzędna
- Y – współrzędna
- Z – wysokość

Atrybuty opcjonalne:

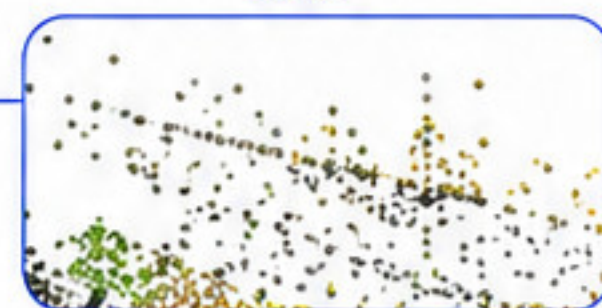
- kolor RGB
- klasa
- jakość
- inne atrybuty



POPRAWNA POWIERZCHNIA



SZUM



BRAK DANYCH



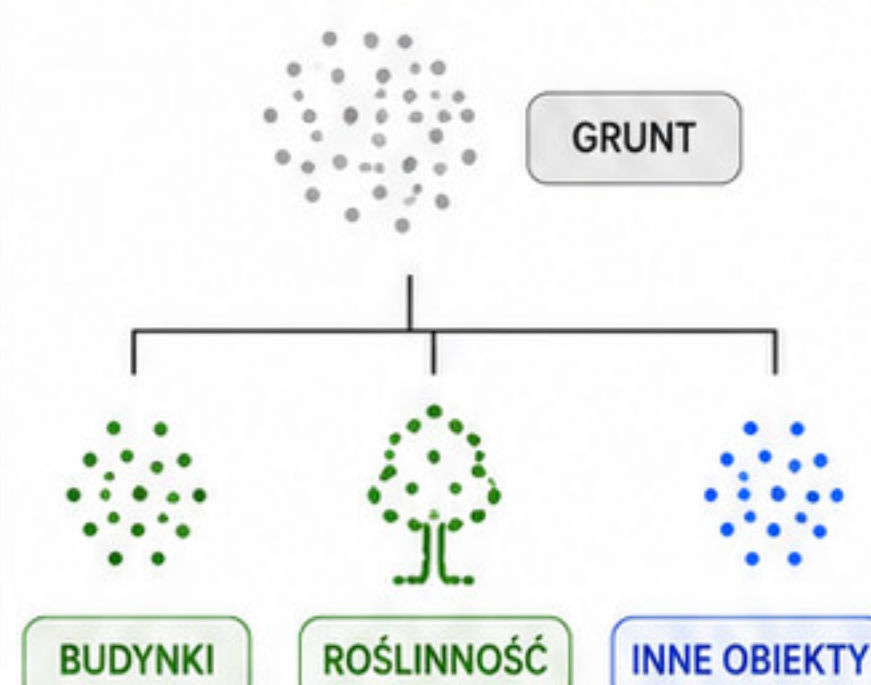
Co sprawdzać wizualnie?

- dziury
- wiszące punkty
- podwójne powierzchnie
- deformacje budynków
- szum wokół drzew
- nierealne punkty pod lub nad powierzchnią

Co jest normalne?

- Korony drzew są ażurowe – liście nie zawsze odbijają sygnał.
- Powierzchnie wody mogą mieć przerwy i artefakty.
- Cienkie przewody mogą być niekompletne lub faliste.
- Obiekty ruchome (pojazdy, ludzie) mogą występować rozmyte lub podwójnie.

Klasyfikacja punktów



Przykład praktyczny



Projekt zawiera teren, budynek, drzewa i hałdę materiału.

- Analiza **objętości**: obliczamy różnice między dwiema chmurami lub między chmurą a powierzchnią referencyjną – otrzymujemy objętość hałdy.
- Tworzenie modelu terenu: filtrujemy obiekty (budynki, roślinność, hałda), aby uzyskać „czysty” grunt i stworzyć model DTM/DSM.



Nie oceniaj tylko z góry

Ortofotomapa może wyglądać dobrze, ale chmura punktów może zawierać błędy wysokości (np. przesunięcia, falowanie, artefakty).

Inspekcja 3D jest obowiązkowa.

NIE KAŻDY MODEL WYSOKOŚCIOWY PRZEDSTAWIA GRUNT

NMT i NMPT — dwa modele wysokościowe, dwa różne znaczenia

Modele NMT i NMPT mogą wyglądać podobnie, ale przedstawiają różne powierzchnie; operator musi rozumieć różnicę.



NMPT — Numeryczny Model Pokrycia Terenu

Przedstawia widoczną górną powierzchnię. Może zawierać dachy budynków, drzewa, maszyny, konstrukcje i teren.



NMT — Numeryczny Model Terenu

Przedstawia powierzchnię gruntu. Wymaga filtrowania: budynków, drzew, wysokiej roślinności, pojazdów i innych obiektów.

NMPT — powierzchnia pokrycia

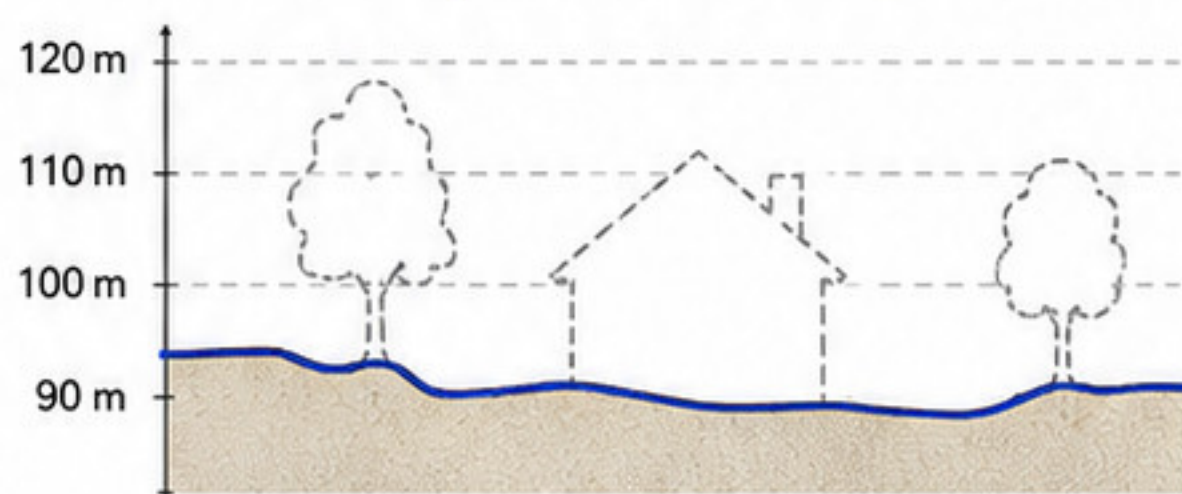


Przekrój

Widok z góry (raster)



NMT — powierzchnia terenu



Przekrój

Widok z góry (raster)



Zastosowanie NMPT

- Analiza widoczności (linie widoku, przesłanianie)
- Planowanie tras dronów i telekomunikacji
- Obliczenia objętości nad powierzchnią pokrycia
- Modele 3D rzeczywistości (miasta, lasy, kopalnie)
- Mapy cieniowania i nasłonecznienia uwzględniające przeszkody



Zastosowanie NMT

- Obliczenia objętości robót ziemnych
- Projektowanie dróg, odwodnienia i melioracji
- Analizy spadków terenu i kierunków spływu
- Przekroje i profilowanie terenu
- Modele hydrologiczne i geomorfologiczne



Dlaczego ta różnica ma znaczenie?

Jeśli w modelu użyjesz NMPT zamiast NMT, wysokości będą zawyżone. Przykład: dach budynku o wysokości 10 m spowoduje błąd 10 m w analizach spadków, objętości i projektach.



Ograniczenie fotogrametrii

Jeżeli grunt jest całkowicie przykryty gęstą roślinnością (np. lasem), kamera może nie zarejestrować wystarczającej informacji o powierzchni ziemi, aby odtworzyć prawdziwy model terenu (NMT).



Zanim użyjesz modelu



Czy ten raster przedstawia powierzchnię terenu, czy powierzchnię wszystkiego, co było widoczne na zdjęciach?

OSTATNI ETAP PRZETWARZANIA: DANE GOTOWE DO UŻYCIA

Ortofotomapa, model 3D i eksport — przygotowanie produktu końcowego

Produkt końcowy z fotogrametrii powinien nie tylko dobrze wyglądać, ale mieć poprawną referencję przestrzenną, jasne formaty, sensowne nazwy plików i udokumentowane parametry jakości.

1. ORTOFOTOMAPA



- ✓ Kompletność pokrycia
- ✓ Krawędzie obiektów
- ✓ Obszary przy wysokich budynkach
- ✓ Szwy pomiędzy zdjęciami
- ✓ Ruchome obiekty (pojazdy, ludzie)
- ✓ Artefakty przy wodzie i roślinności

2. MODEL 3D



- ✓ Deformacje pionowych ścian
- ✓ Dachy (ciągłość, geometria)
- ✓ Cienkie elementy (kominy, anteny, słupy)
- ✓ Obszary niedostatecznie widoczne

3. EKSPORT ORTOFOTOMAPY



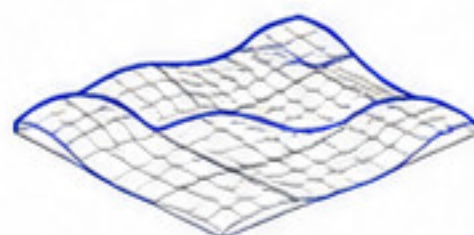
- Układ współrzędnych
- Rozdzielczość
- Zakres przestrzenny (zasięg)
- Format danych (np. GeoTIFF)

4. EKSPORT CHMURY PUNKTÓW



- Cała chmura czy wybrana klasyfikacja (ground, vegetation, buildings itp.)
- Układ współrzędnych
- Jednostka (metry)

5. EKSPORT MODELI WYSOKOŚCIOWYCH



Nie używaj ogólnych nazw typu model.tif. Stosuj nazwy opisujące projekt i typ produktu.

- ✓ Projekt_A_NMT_2026.tif
- ✓ Projekt_A_NMPT_2026.tif

6. METADANE PRZEKAZYWANE RAZEM Z PRODUKTEM



- Nazwa projektu
- Data nalotu
- Platforma
- Sensor
- Układ współrzędnych
- GSD (rozdzielczość terenowa)
- Informacja o kontroli punktami CP
- Opis wygenerowanych produktów

7. MINIMALNY PAKIET WYNIKOWY



- 1 01_ORTOFOTOMAPA
- 2 02_CHMURA_PUNKTÓW
- 3 03_NMT_LUB_NMPT
- 4 04_MODEL_3D — jeśli wymagany
- 5 05_RAPORT_JAKOŚCI
- 6 06_METADANE_PROJEKTU



PRODUKT KOŃCOWY TO NIE TYLKO PLIK

- ? Co to jest?
- W jakim układzie?
- ✓ Z jaką kontrolą?
- Kiedy zostało wykonane?
- Do czego może być używane?

MODUŁ 06

Kontrola jakości i realizacja projektu od A do Z

Nie wystarczy wygenerować ortofotomapę.
Trzeba jeszcze udowodnić, że wynik ma sens.

W tym module połączysz wszystkie etapy pracy w jeden profesjonalny proces.
Nauczysz się analizować błędy, wykorzystywać punkty kontrolne, przygotowywać kompletny pakiet wyników dla klienta oraz przejść przez pełny przykład projektu — od planowania aż po kontrolę końcową.

NIE TYLKO WYGENERUJ — SPRAWDŹ

PUNKT KONTROLNY (CP)



Niezależne pomiary
weryfikacyjne

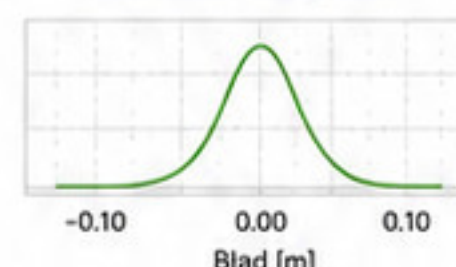
CHMURA PUNKTÓW



Porównanie modelu
z danymi referencyjnymi



ANALIZA BŁĘDÓW



Statystyki, RMSE i odchyłki.
Czy wynik spełnia wymagania?

PAKIET WYNIKÓW



Komplet danych gotowy
dla klienta



PLAN



TEREN



MODEL



KONTROLA



DOSTARCZENIE

TEMATY MODUŁU



45. Punkty kontrolne i ich znaczenie

STRONA 45



46. Analiza błędów i ocena dokładności

STRONA 46



47. Komplet wyników dla klienta

STRONA 47



48. Przykład projektu od A do Z

STRONA 48



49. Kontrola końcowa i zapewnienie jakości

STRONA 49

BŁĄD NIE JEST JEDNĄ LICZBĄ

Dokładność i RMSE — jak czytać liczby kontroli

Kontrola dokładności powinna opierać się na niezależnych punktach i właściwej interpretacji różnic między modelem a pomiarem referencyjnym. RMSE jest użyteczne, ale niewystarczające, jeśli stoi samo w sobie.

1 Błąd punktu

WSPÓŁRZĘDNA
REFERENCYJNA



WSPÓŁRZĘDNA
ODCZYTANA Z PRODUKTU



RÓŻNICA (BŁĄD)

$$\begin{aligned}\Delta X &= X_m - X_r \\ \Delta Y &= Y_m - Y_r \\ \Delta Z &= Z_m - Z_r\end{aligned}$$

2 Co oznacza RMSE?

RMSE (Root Mean Square Error) to pierwiastek ze średniej kwadratów błędów. Pokazuje typową wielkość błędu.

- RMSE X – typowy błąd w osi X
- RMSE Y – typowy błąd w osi Y
- RMSE Z – typowy błąd w osi Z (wysokość)
- Miara pozioma (RMSE_{XY}) – $\sqrt{\text{RMSE}_X^2 + \text{RMSE}_Y^2}$

3 Tabela kontroli

CP	ΔX [m]	ΔY [m]	ΔZ [m]	Ocena
CP-01	0.012	-0.008	0.015	✓ OK
CP-02	-0.015	0.010	-0.022	✓ OK
CP-03	0.006	-0.004	0.126	⚠ SPRAWDŹ
CP-04	-0.018	-0.012	-0.019	✓ OK

CP-03: duża różnica w ΔZ — wymaga wyjaśnienia.

4 Co zrobić z punktem odstającym?



1. Sprawdź pomiar terenowy (dziennik, warunki, instrument).



2. Zweryfikuj oznaczenie na zdjęciu czy punkt jest dobrze widoczny.



3. Oceń lokalizację punktu (czy nie jest na krawędzi, zacieniony, nad wodą).



4. Sprawdź lokalną geometrię modelu (czy nie ma zagłębień, szumów, błędnej rekonstrukcji).



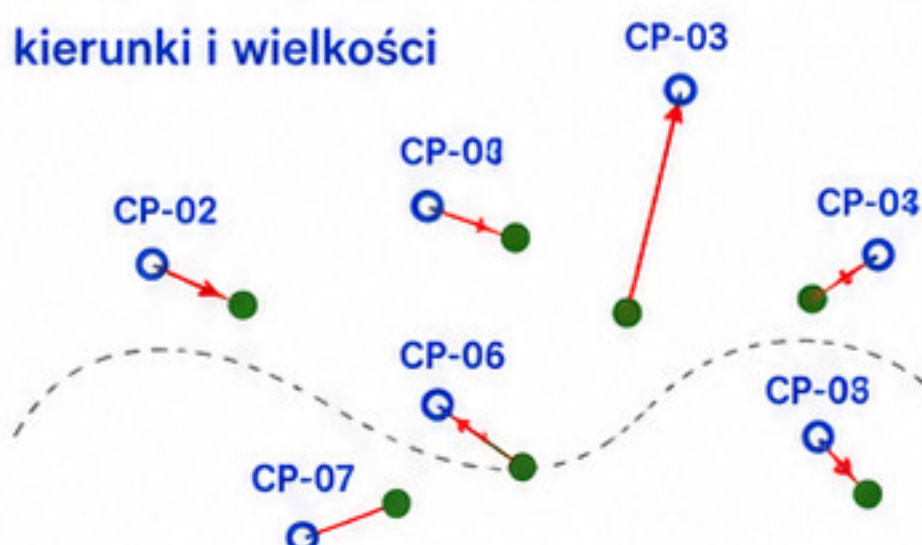
5. Sprawdź możliwość pomylenia nazw lub przypisania punktów.



6. Oceń charakter powierzchni (trawa, żwir, śnieg, woda, dach, ściana).

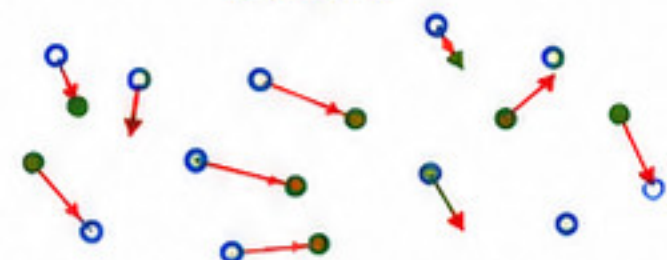
5 Błędy punktów – kierunki i wielkości

- punkt kontrolny (referencyjny)
- pozycja w modelu (odczytana)
- wektor błędu ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$)



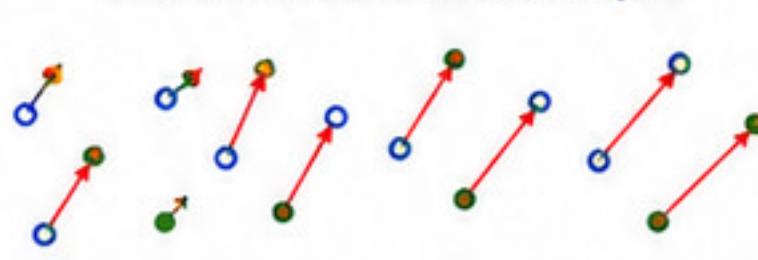
6 Co mówią wzorce błędów?

LOSOWE



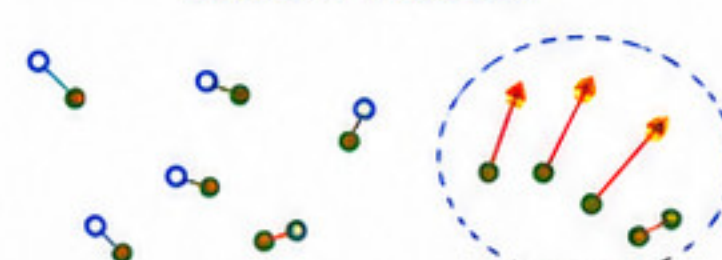
Brak wyraźnego kierunku. Błędy przypadkowe. Najczęściej pożądany wzorec.

SYSTEMATYCZNE PRZESUNIĘCIE



Podobny kierunek błędów w całym obszarze. Możliwa przesunięta transformacja lub skalowanie.

LOKALNY PROBLEM



Błędy skupione w części obszaru. Sprawdź dane wejściowe i geometrię lokalnie.

7 Dokładność musi odpowiadać zastosowaniu



Nie ma jednej uniwersalnej liczby dokładności. Wymagana dokładność zależy od:

- celu projektu
- specyfikacji / standardu
- wymagań klienta
- norm i przepisów

8 NIE PYTAJ: 'Czy RMSE jest mały?'



Zapytaj: 'Czy niezależna kontrola potwierdza jakość wymaganą dla tego konkretnego zastosowania?'

ZOBACZ PRODUKT JAK UŻYTKOWNIK KOŃCOWY

Kontrola wizualna — błędy, których tabela może nie pokazać

Statystyki kontroli jakości nie gwarantują, że cały produkt jest wolny od lokalnych artefaktów. Każdą ortofotomapę, model i chmurę punktów należy sprawdzić wizualnie i systematycznie.

ORTOFOTOMAPA — SPRAWDŹ:

- ☐ cały zakres projektu
- ☐ granice opracowania
- ☐ dachy budynków
- ☐ wysokie konstrukcje
- ☐ drogi
- ☐ drzewa
- ☐ wodę
- ☐ miejsca połączenia zdjęć

TYPOWE ARTEFAKTY, NA KTÓRE UWAŻAJ



PODWÓJNY OBIEKT

Obiekt widoczny podwójnie lub przesunięty.



POCHYŁONY BUDYNEK

Budynek wygląda na przechylony lub nienaturalnie pochyłony.



ROZCIĄGNIĘTA POWIERZCHNIA

Tekstura rozciągnięta, rozmyta lub nienaturalnie wydłużona.



DZIURA W MODELU

Brak danych — widoczny ubytek w ortofotomapie lub modelu.

CHMURA PUNKTÓW — KONTROLUJ W 3D



z góry



z boku



pod kątem



szukaj nierealnych struktur

MODEL WYSOKOŚCIOWY



nagłe skoki wysokości



pojedyncze kolce



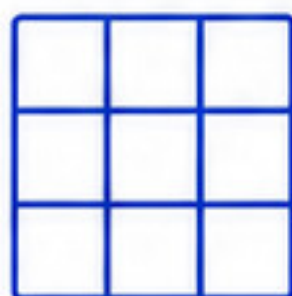
sztuczne zagłębienia



nielogiczne wartości



PROCEDURA SIATKI KONTROLI



- 1 Podziel obszar projektu na sektory (np. siatka 3×3 lub gęstsza).
- 2 Otwórz każdy sektor i oceń ortofotomapę, chmurę punktów oraz model wysokościowy.
- 3 Zaznacz sektory bez zastrzeżeń jako OK (zielony).
- 4 W sektorach z artefaktami — oznacz problem (czerwony) i opisz rodzaj błędu.
- 5 Zweryfikuj wszystkie sektory, w tym centrum, krawędzie i obszary trudne.



NAJŁADNIEJSZY FRAGMENT NIE REPREZENTUJE CAŁEGO PROJEKTU

Kontrola jakości musi obejmować:

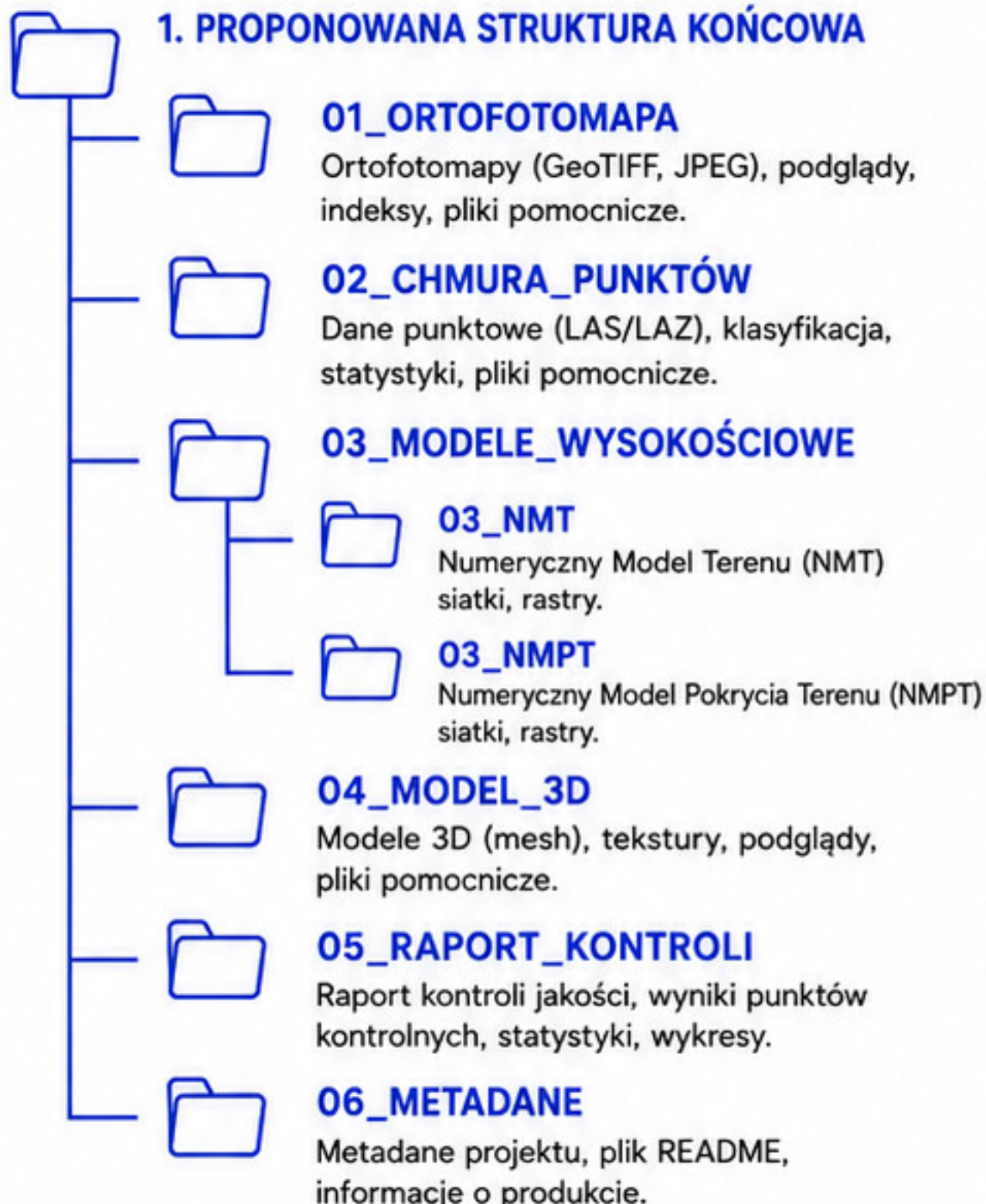
CENTRUM + KRAWĘDZIE + MIEJSCA TRUDNE + OBSZARY KONTROLNE

GOTOWY PROJEKT MUSI BYĆ ZROZUMIAŁY BEZ OBECNOŚCI OPERATORA

Pakiet dla klienta — jak przekazać projekt profesjonalnie

Klient nie powinien otrzymać chaotycznego folderu pełnego przypadkowych nazw plików. Przekazanie powinno jasno określać, co jest czym, w jakim układzie współrzędnych działa, kiedy odbył się nalot oraz jakie obowiązują ograniczenia.

1. PROPONOWANA STRUKTURA KOŃCOWA



2. MINIMALNY OPIS

Projekt: _____

Lokalizacja: _____

Data nalotu: _____

Platforma: _____

Sensor: _____

GSD: _____

Układ współrzędnych: _____

Metoda pozycjonowania: _____

GCP: _____

CP: _____

Oprogramowanie / workflow: _____

3. PLIK README

- Co znajduje się w folderze?
- Jaki jest układ współrzędnych?
- Jakie są jednostki?
- Który plik jest produktem głównym?
- Jakie są ważne ograniczenia?

4. NAZYWANIE PLIKÓW – PRZYKŁADY



ŹŁE (niejasne, niespójne)

- final.tif
- final_final2.las
- mapa_nowa_ok.tif



DOBRE (jasne, spójne, opisowe)

- ProjektA_Ortofotomapa_2026.tif
- ProjektA_NMT_2026.tif
- ProjektA_ChmuraPunktow_2026.las

5. OGRANICZENIA PRODUKTU



„Obszar z gęstą roślinnością nie został wykorzystany do interpretacji powierzchni gruntu.”

Wskazanie ograniczeń to nie wada — to profesjonalna transparentność.



6. TEST PRZEKAZANIA

Czy osoba, która nie uczestniczyła w nalocie, będzie wiedziała, jak otworzyć, zidentyfikować i poprawnie zinterpretować te dane?



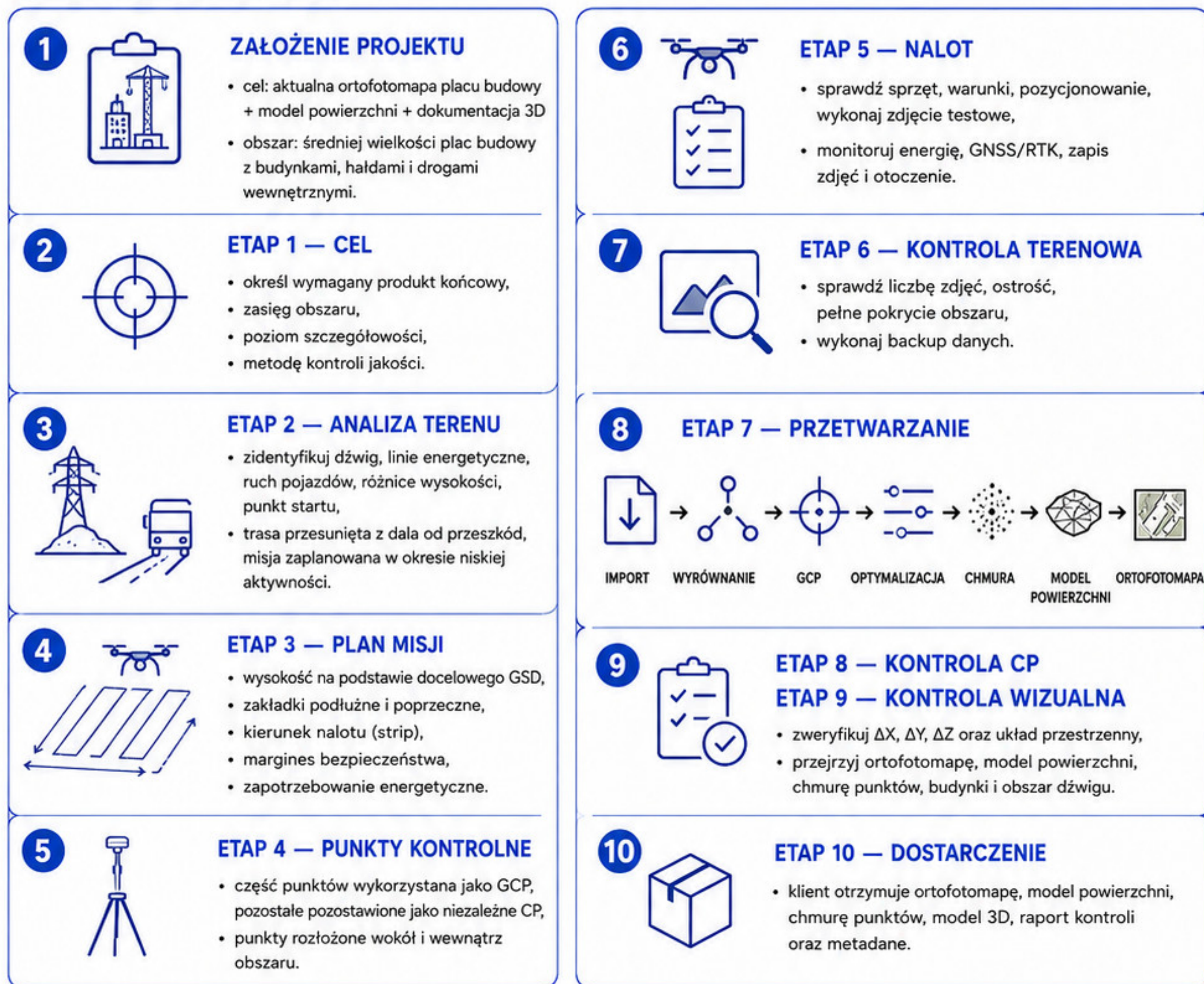
**GOTOWE
DO PRZEKAZANIA**

PRZYKŁAD: INWENTARYZACJA TERENU BUDOWY Z WYKORZYSTANIEM UAV

Studium przypadku — projekt fotogrametryczny od A do Z

Najłatwiej zrozumieć cały proces na jednym konkretnym projekcie, który łączy cele misji, pracę w terenie, przetwarzanie danych i kontrolę końcową.

10 ETAPÓW PROJEKTU



WNIOSKOWA LEKCJA

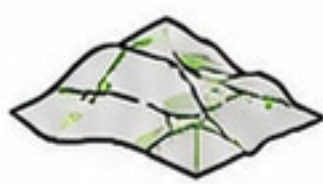
Dobry rezultat nie powstał dlatego, że dron był dokładny.
Powstał dlatego, że cały proces był kontrolowany:

CEL → PLAN → TEREN → DANE → MODEL → KONTROLA

PRODUKTY KOŃCOWE



Ortofotomapa



Model powierzchni



Chmura punktów



Model 3D



Raport kontroli



Metadane

CHECKLISTA KOMPLETNEGO PROJEKTU FOTOGRAMETRYCZNEGO

Końcowa checklista operatora UAV — od zlecenia do dostarczenia danych

Ta strona końcowa służy jako samodzielne narzędzie robocze do kompleksowej weryfikacji całego projektu fotogrametrycznego — od planowania po dostarczenie danych.



1 CEL PROJEKTU

- ☐ produkt końcowy
- ☐ zakres terenu
- ☐ poziom szczegółowości
- ☐ wymagania dokładności
- ☐ format danych



2 ANALIZA OPERACJI

- ☐ wymagania operacyjne
- ☐ przestrzeń powietrzna
- ☐ przeszkody
- ☐ miejsce startu
- ☐ zakończenie lotu
- ☐ warunki przerwania misji



3 PLAN FOTOGRAMETRYCZNY

- ☐ platforma
- ☐ sensor
- ☐ GSD
- ☐ wysokość
- ☐ pokrycie podłużne i poprzeczne
- ☐ margines projektu
- ☐ geometria trasy



4 KONTROLA TERENOWA

- ☐ GCP
- ☐ niezależne CP
- ☐ rozmieszczenie
- ☐ widoczność punktów
- ☐ współrzędne i wysokości
- ☐ układ współrzędnych



5 SPRZĘT

- ☐ dron
- ☐ sensor
- ☐ akumulatory
- ☐ nośniki danych
- ☐ GNSS
- ☐ RTK/PPK



6 PRZED STARTEM

- ☐ pogoda
- ☐ bezpieczny teren
- ☐ właściwa misja na ekranie
- ☐ zdjęcie testowe
- ☐ ekspozycja
- ☐ gotowość operatora

7



7 PODCZAS LOTU

- ☐ pozycjonowanie
- ☐ energia
- ☐ wykonywanie zdjęć
- ☐ otoczenie
- ☐ reakcja na zmiany warunków

8



8 PO LOCIE

- ☐ liczba zdjęć
- ☐ jakość fotografii
- ☐ kompletność pokrycia
- ☐ dane GNSS
- ☐ backup
- ☐ czy potrzebny dodatkowy nalot

9



9 PRZETWARZANIE

- ☐ RAW nienaruszone
- ☐ uporządkowana struktura
- ☐ kontrola zdjęć
- ☐ kontrola wyrównania
- ☐ poprawne GCP
- ☐ niezależne CP
- ☐ optymalizacja
- ☐ kontrola chmury punktów
- ☐ poprawna interpretacja modelu wysokościowego
- ☐ sprawdzona ortofotomapa

10



10 KONTROLA JAKOŚCI

- ☐ różnice na CP
- ☐ statystyki
- ☐ punkty odstające
- ☐ pełna kontrola wizualna
- ☐ krawędzie projektu
- ☐ trudne powierzchnie
- ☐ zapisane ograniczenia

11



11 DOSTARCZENIE

- ☐ jednoznaczne nazwy
- ☐ opisany układ współrzędnych
- ☐ opisane jednostki
- ☐ raport kontroli
- ☐ metadane
- ☐ uporządkowany folder końcowy
- ☐ odbiorca rozumie dane bez dodatkowych wyjaśnień

NAZWA PROJEKTU: _____

DATA NALOTU: _____

OPERATOR: _____

PLATFORMA: _____

PRODUKT KOŃCOWY: _____

KONTROLA CP

- ☐ ZALICZONA
- ☐ WYMAGA WERYFIKACJI

KONTROLA WIZUALNA

- ☐ ZALICZONA
- ☐ WYMAGA POPRAWY

STATUS PROJEKTU

- ☐ GOTOWY DO DOSTARCZENIA
- ☐ WYMAGA DODATKOWEJ KONTROLI
- ☐ WYMAGA PONOWNEGO PRZETWARZANIA
- ☐ WYMAGA DODATKOWYCH DANYCH TERENOWYCH



**DOBRA FOTOGRAMETRIA NIE KOŃCZY SIĘ NA LOCIE.
KOŃCZY SIĘ WTEDY, GDY WYNIK ZOSTAŁ SPRAWDZONY,
ZROZUMIANY I MOŻE BYĆ BEZPIECZNIE WYKORZYSTANY.**



PLANUJ



LATAJ



PRZETWARZAJ



KONTROLUJ



DOSTARCZAJ