

Bezzałogowe statki powietrzne (UAV) w rolnictwie

podstawa do zajęć wykładowych i laboratoryjnych

część I



Bezzałogowe statki powietrzne (UAV) w rolnictwie precyzyjnym

1. Rola UAV w nowoczesnym rolnictwie

Bezzałogowe statki powietrzne (UAV, drony) stanowią jedno z kluczowych narzędzi **rolnictwa precyzyjnego**, umożliwiając szybkie, elastyczne i wysokorozdzielcze pozyskiwanie danych o stanie upraw. W porównaniu z teledetekcją satelitarną UAV oferują:

- bardzo wysoką rozdzielczość przestrzenną (cm/piksel),
- możliwość wykonywania nalotów w dowolnym momencie,
- ograniczenie wpływu zachmurzenia,
- precyzyjne odwzorowanie zmienności wewnątrz pola.

UAV znajdują zastosowanie zarówno w **monitoringu roślin**, jak i w **planowaniu zabiegów agrotechnicznych**, dokumentacji szkód oraz kontroli efektów produkcji.

2. Klasyfikacja UAV stosowanych w rolnictwie

ze względu na konstrukcję

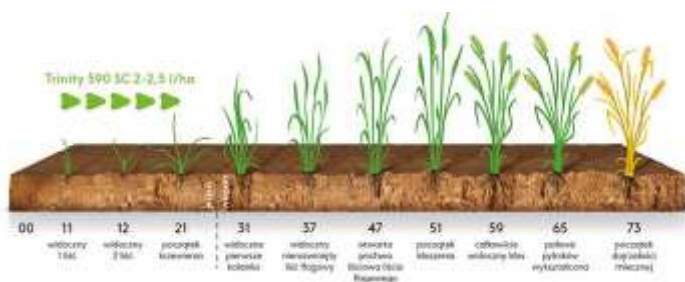
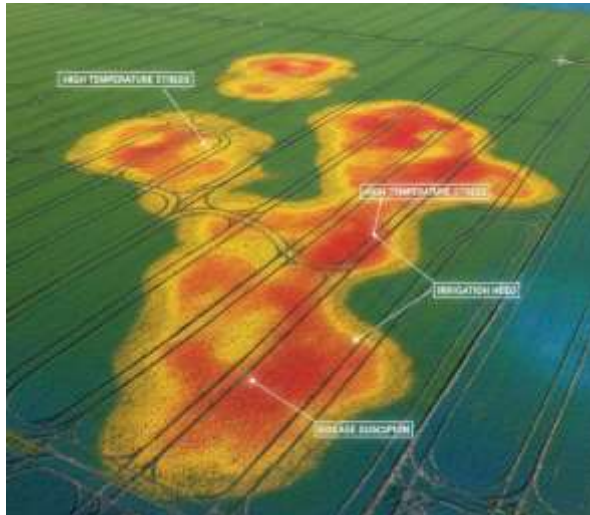
- **wielowirnikowce** (multirotory)
 - krótki czas lotu (20–40 min),
 - wysoka precyzja i zawis,
 - idealne do małych i średnich pól.

- **stałopłaty (fixed-wing)**
 - długi czas lotu (60–120 min),
 - duży zasięg i wydajność,
 - stosowane na dużych arealach.



ze względu na zastosowanie

- monitoring i mapowanie upraw pod kątem zachwaszczenia i chorób,
- inwentaryzacja i dokumentacja szkód,
- ocena wschodów i obsady,
- aplikacje środków ochrony roślin i nawozów.



3. Sensory wykorzystywane w UAV rolniczych

Kamery RGB

- obrazowanie wizualne,
- ocena zachwaszczenia
- analiza skutków suszy, gradu i przymrozków,
- liczenie roślin po wschodach,
- analiza struktury ładu.

Kamery termalne

- wykrywanie stresu wodnego,
- kontrola efektywności nawadniania,
- wykrywanie chorób.

Kamery multispektralne

- pasma: Blue, Green, Red, Red Edge, NIR,
- wykrywanie niedoborów składników pokarmowych,
- monitorowanie stresu roślin
- tworzenie map zmiennego nawożenia,
- planowanie oprysków,
- szacowanie plonów

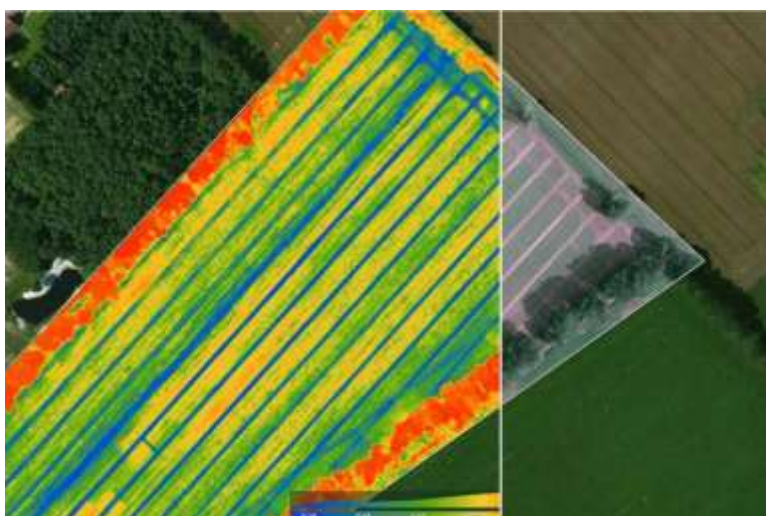
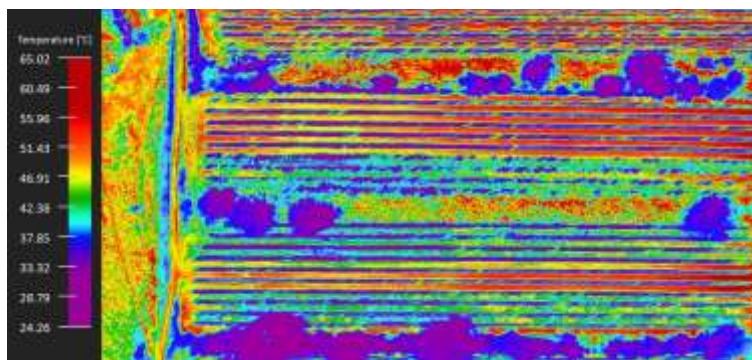
Skanery LiDAR (laserowe)

- analiza wysokości roślin,
- określenie potencjalnego plonu,
- topografia pól

Przykłady wykorzystania kamer RGB



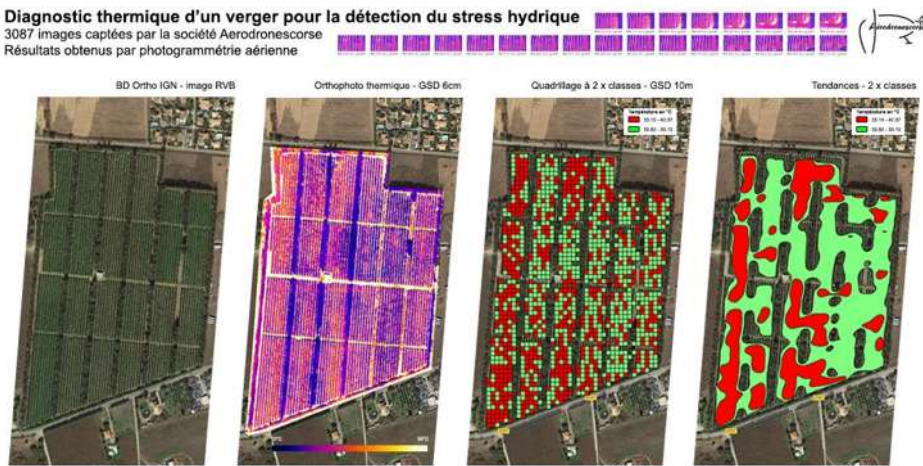
Przykłady wykorzystania kamer termowizyjnych



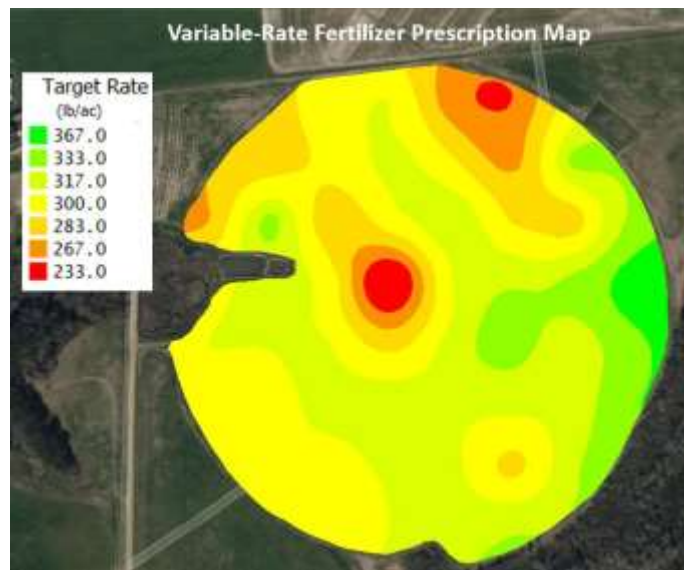
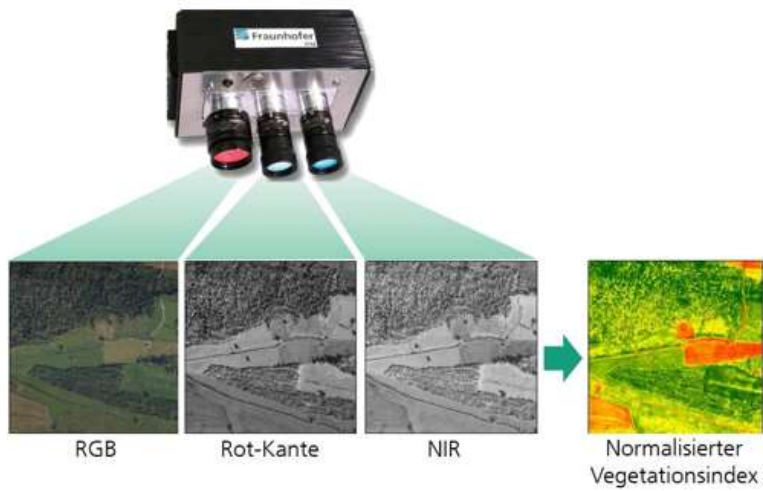
Przykłady wykorzystania kamer multispektralnych

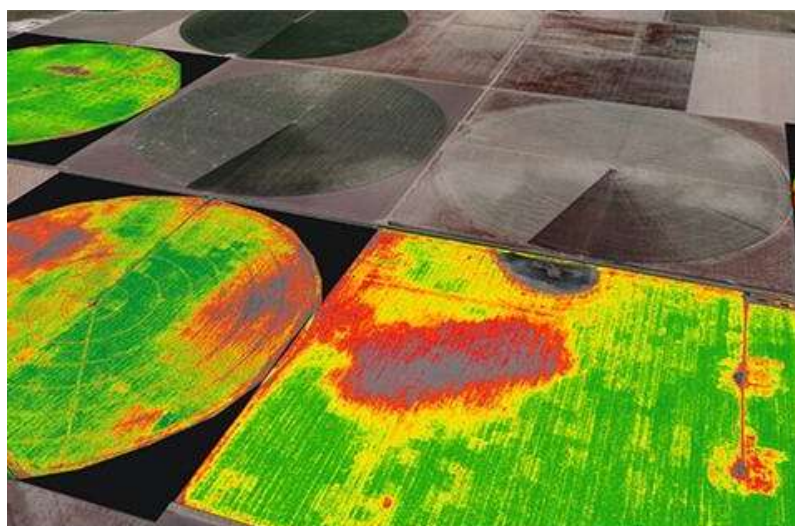
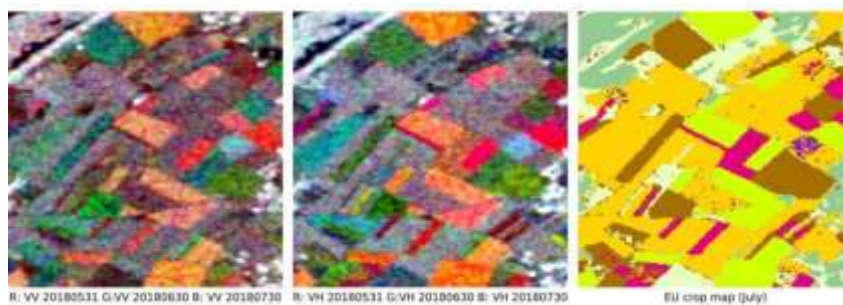
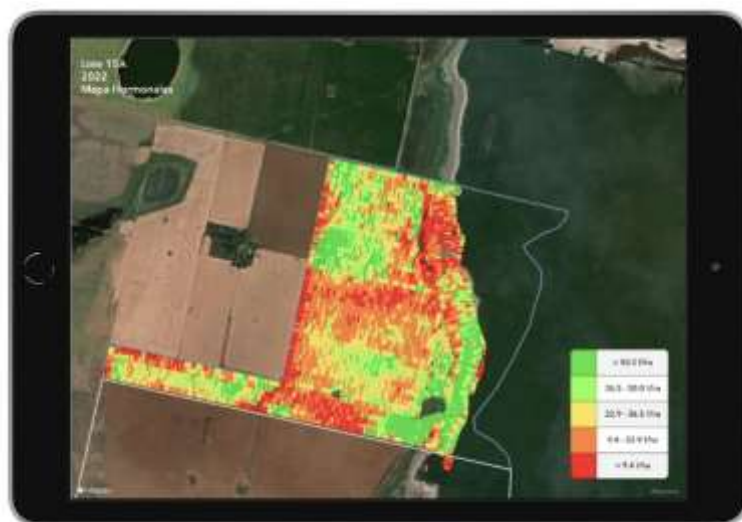
Diagnostic thermique d'un verger pour la détection du stress hydrique

3087 images captées par la société Aerodronesorse
Résultats obtenus par photogrammétrie aérienne



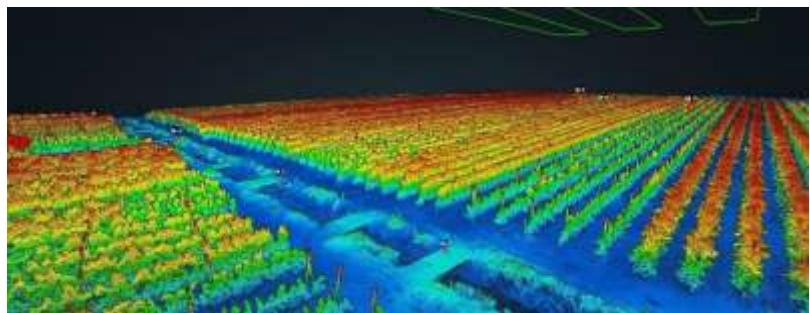
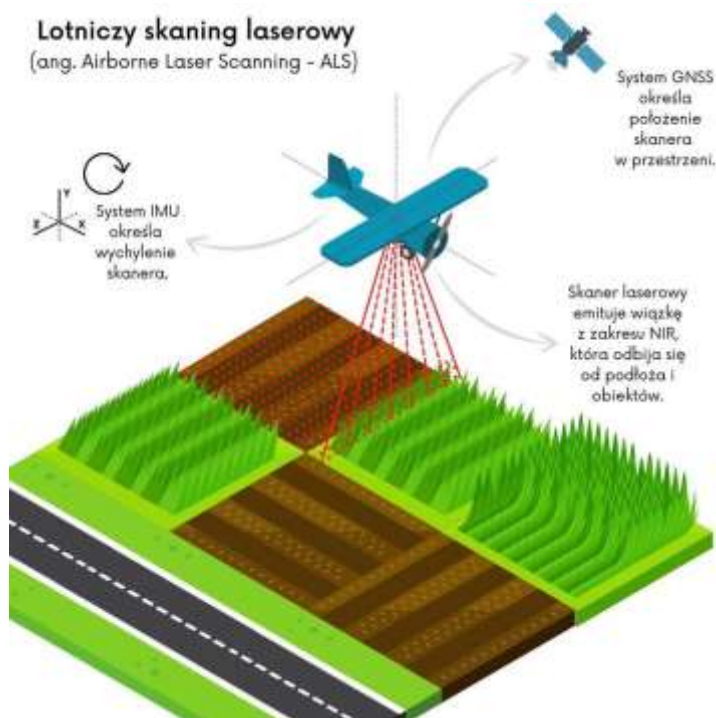
DRONES IMAGING Service d'analyses et de traitements des images aériennes - www.dronesimaging.com





Mapa NDVI

Przykłady wykorzystania skanerów LiDAR



4. Planowanie misji UAV w rolnictwie

Przygotowanie misji

- określenie celu (monitoring, diagnostyka, mapa VRA),
- wybór sensora i parametrów lotu,
- ustalenie wysokości (30–120 m AGL),
- pokrycie podłużne i poprzeczne ($\geq 70\%$).

Warunki środowiskowe

- prędkość wiatru < 5 m/s,
- stabilne oświetlenie,
- brak opadów i mgły.

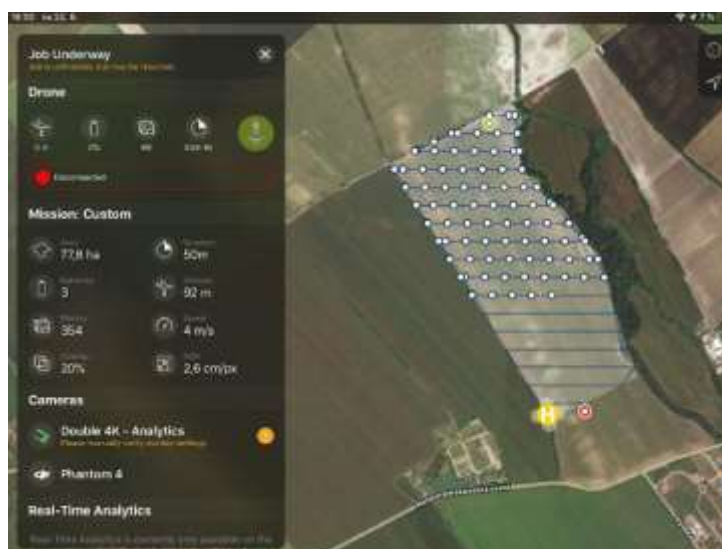
Bezpieczeństwo i prawo

- klasy operacyjne UAV,
- strefy geograficzne,
- odpowiedzialność operatora,
- ochrona danych i prywatności.

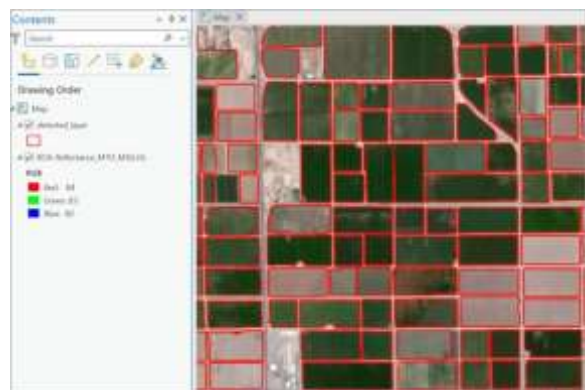


Określenie celu misji i wybór sensora

Cel	Sensor
Dokumentacja pola	RGB
Stan roślin	Multispektralny
Stres wodny	Termowizyjny
Wysokość roślin	LiDAR
Biomasa	Multispektralny + LiDAR



Wyznaczanie obszaru nalotu



Ustalenie wysokości lotu

Wysokość lotu wpływa na dokładność pomiarów.

Wysokość	GSD
30 m	1–2 cm/piksel
60 m	2–3 cm/piksel
100 m	4–5 cm/piksel
120 m	5–6 cm/piksel

Przykład:

- doświadczenia naukowe: 30–60 m,
- gospodarstwa produkcyjne: 80–120 m.



Pokrycie zdjęć

Dla poprawnej fotogrametrii wymagane jest odpowiednie pokrycie zdjęć.

Pokrycie podłużne (Front Overlap)

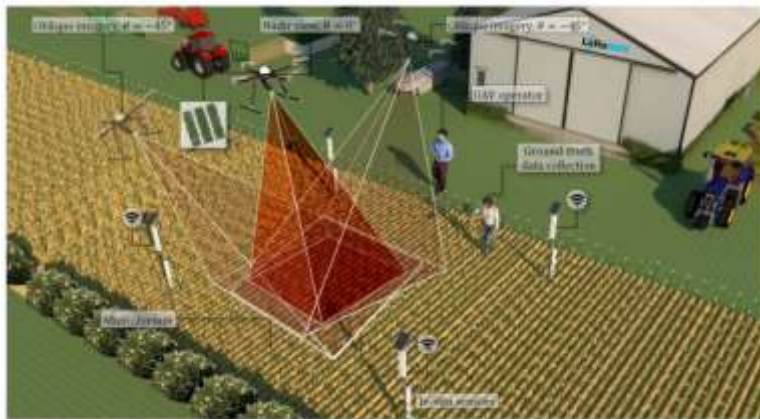
- 75–85%

Pokrycie poprzeczne (Side Overlap)

- 70–80%

Dla kamer multispektralnych zaleca się:

- 80% podłużne,
- 75% poprzeczne.



Ustawienie prędkości lotu

Sensor	Prędkość
RGB	10–15 m/s
Multispektralny	5–10 m/s
Termowizyjny	3–8 m/s
LiDAR	5–15 m/s

Kalibracja sensorów

Przed lotem wykonuje się: kontrolę ostrości, ustawienia ekspozycji, kalibrację światła

RTK (Real Time Kinematic) - satelitarne pozycjonowanie

- stacja bazowa z naziemnym odbiornikiem GNSS umieszczanym na statywie, która odbiera sygnały satelitarne i przesyła do drona,
- odbiornik RTK na dronie.



Realizacja lotu



5. Przetwarzanie danych UAV (fotogrametria)

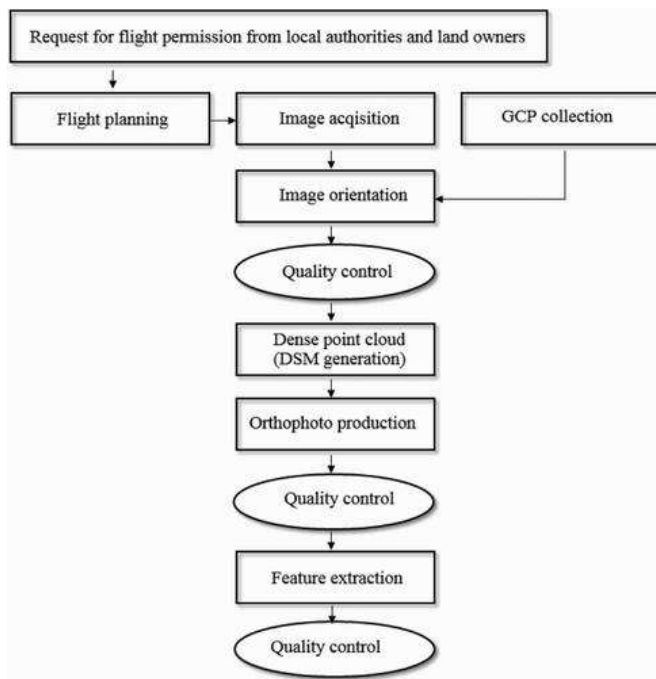
Oprogramowanie wykorzystywane w procesie

- DJI Terra
- Pix4Dmapper
- Pix4Dfields
- Agisoft Metashape
- QGIS

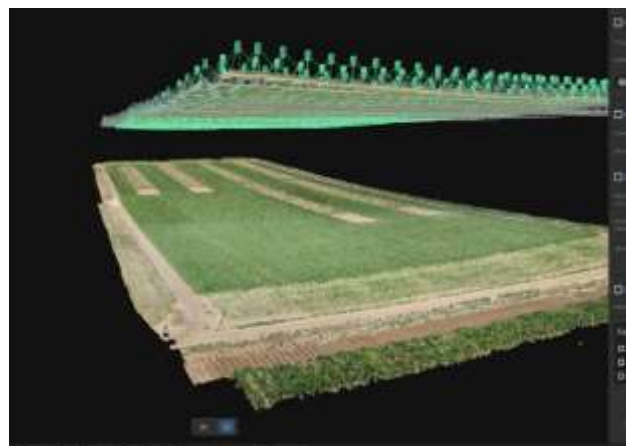
Etapy przetwarzania

1. import zdjęć,
2. rekonstrukcja chmury punktów,
3. generowanie modelu powierzchni (DSM),
4. ortorektyfikacja,
5. tworzenie ortomozaiki.

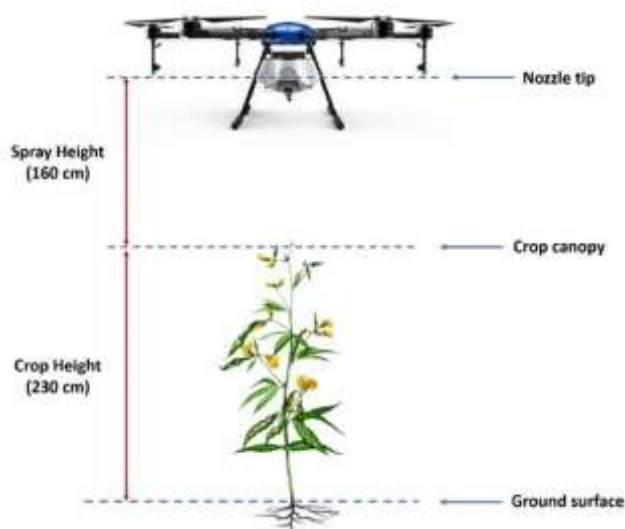
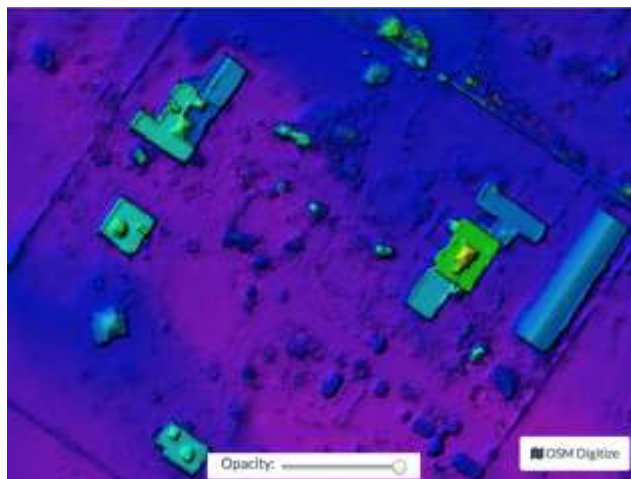
Import zdjęć



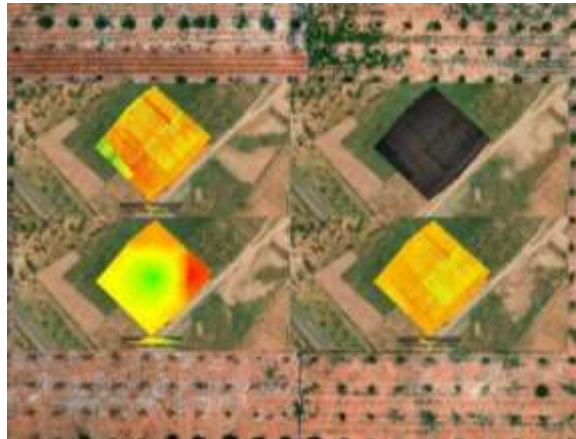
Rekonstrukcja chmury punktów



Generowanie modelu powierzchni (DSM)



Tworzenie ortomozaiki



6. Produkty końcowe zastosowania dronów

- ortomozaika RGB/multispektralna,
- mapy wskaźników wegetacyjnych,
- modele wysokości roślin,
- mapy zmienności przestrzennej
- dane wejściowe do systemów sztucznej inteligencji

z RGB

- ortofotomapa pola,
- dokumentacja fotograficzna doświadczeń

z kamery termalnej

- mapy temperatury,
- mapy stresu wodnego,
- mapy efektywności nawodnienia

z kamery multispektralnej

- mapy NDVI (m.in. ocena kondycji i wigoru roślin),
- mapy NDRE (m.in. monitorowanie odżywienia roślin),
- mapy EVI (ocena potencjału plonowania),
- mapy nawożenia VRA,

ze skanera LiDAR

- DSM (Digital Surface Model),
- DTM (Digital Terrain Model),
- modele 3D upraw i mapy biomasy.

7. Zastosowanie UAV w decyzjach agronomicznych

- wykrywanie stresu azotowego i wodnego,
- identyfikację placów wypadnięć,
- ocenę skuteczności nawożenia i ochrony,
- przygotowanie map aplikacyjnych VRA,
- wsparcie decyzji w czasie rzeczywistym.

8. Efekty dydaktyczne

W ramach studiów studenci:

- planują i wykonują misje UAV,
- przetwarzają dane multispektralne,
- interpretują mapy rolnicze,
- projektują wdrożenie UAV w gospodarstwie,
- uczą się odpowiedzialnego i bezpiecznego użytkowania technologii dronowej.



Materiały dla studentów

Wydział Technologiczno-Przyrodniczy UR