



Adriana Marcinkowska-Ochtyra,  
Anna Jarocińska,  
Sylvia Szporak-Wasilewska,  
Dominik Kopeć, Katarzyna Bzdega,  
Dorota Michalska-Hejduk,  
Andrzej Pasierbiński, Justyna  
Wylązłowska, Jan Niedzielko,  
Barbara Tokarska-Guzik

## DETEKCJA GATUNKÓW INWAZYJNYCH ORAZ EKSPANSYJNYCH PRZY UŻYCIU OBRAZÓW HIPERSPEKTRALNYCH

- **Techniki teledetekcyjne** zapewniają **wsparcie** dla botanicznej inwentaryzacji terenowej mającej na celu identyfikację gatunków inwazyjnych i ekspansywnych w obszarach siedlisk naturalnych, wymagających strategii zarządzania,
- Szczególne miejsce zajmują w tych technikach dane rejestrowane w **setkach kanałów** spektralnie ciągłych, o **wysokiej rozdzielczości przestrzennej** (Ustin i in. 2002, Lawrence i in. 2006, Hamada i in. 2007),
- W działaniach monitoringowych istotny jest wybór jak najbardziej **optymalnej metody**, która pozwoli w niedługim czasie na uzyskanie dokładnych wyników.

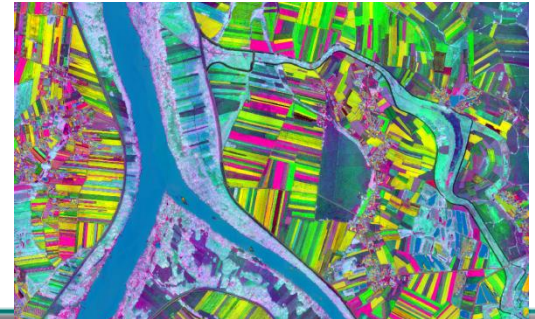
### KLASYFIKACJA

- Algorytmy „tradycyjne”, uczenie maszynowe, sztuczne sieci neuronowe,
- Przyporządkowanie wszystkich pikseli obrazu do określonych klas,
- Wzorce do treningu dla każdej z identyfikowanych klas,
- Duża liczba danych do treningu, przez co mniejsza do walidacji,
- Możliwe dołączenie wielu warstw (*data fusion*),
- Procedura bardziej długotrwała obliczeniowo.

### DETEKCJA

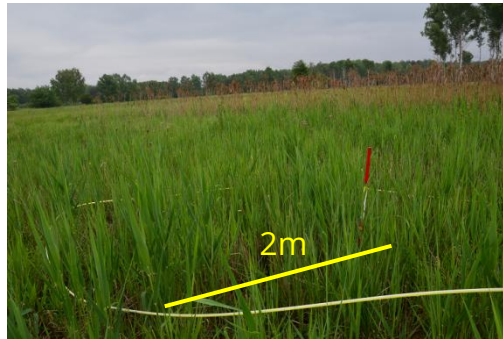
- Algorytmy bazujące na wzorcach czystych spektralnie (*endmembers*),
- Przeszukanie pikseli obrazu pod kątem obecności określonego obiektu,
- Wzorce do treningu tylko dla wykrywanej klasy, o niewielkiej liczebności (wystarczy nawet 1),
- Szczegółowa walidacja – wiele wzorców wykorzystanych do oceny wyniku,
- Tylko dane spektralne,
- Metoda szybsza.

- Opracowanie **innowacyjnego podejścia** wspierającego **monitoring** nieleśnych siedlisk przyrodniczych **Natura 2000** z wykorzystaniem **metod teledetekcyjnych**.
- Dane z **wielosensorowej** platformy teledetekcyjnej:
  - Hiperspektralne.
  - Lotniczy skaning laserowy (ALS).
  - Ortofotomapy.
- 3 kolekcje danych (**2016, 2017**):
  - wiosna – maj/czerwiec,
  - lato – lipiec/sierpień,
  - jesień – wrzesień/październik.
- Synchronizacja zadań prowadzonych przez zespoły teledetekcyjne i botaniczne.





- ➔ Metodyka identyfikacji **obcych inwazyjnych i rodzimych ekspansywnych gatunków** występujących w nieleśnych siedliskach przyrodniczych Natura 2000 z zastosowaniem technik teledetekcyjnych.



L.p.	Obce gatunki inwazyjne	Rodzime gatunki ekspansywne
1	<i>Echinocystis lobata</i>	<i>Calamagrostis epigejos</i>
2	<i>Erigeron annuus</i>	<i>Cirsium arvense</i>
3	<i>Heracleum spp.</i>	<i>Deschampsia caespitosa</i>
4	<i>Lupinus polyphyllus</i>	<i>Filipendula ulmaria</i>
5	<i>Padus serotina</i>	<i>Molinia caerulea</i>
6	<i>Reynoutria spp.</i>	<i>Phragmites australis</i>
7	<i>Robinia pseudoacacia</i>	<i>Rubus spp.</i>
8	<i>Rumex confertus</i>	<i>Urtica dioica</i>
9	<i>Solidago spp.</i>	
10	<i>Spiraea tomentosa</i>	

- **Detekcja** wybranych obcych **gatunków inwazyjnych** oraz rodzimych **ekspansywnych** wkraczających w obszary Natura 2000 przy użyciu obrazów **hiperspektralnych** HySpex,
  - wskazanie najlepszego scenariusza **wyboru poligonów treningowych**,
  - wskazanie najbardziej **optymalnego progu** wykrycia gatunku,
  - wskazanie, z jakimi **gatunkami współwystępującymi** lub typami pokrycia terenu gatunek się miesza.



- ***Reynoutria spp.*** – inwazyjne gatunki roślin z rodzaju **rdestowiec (*Reynoutria*)**: ostrokończysty (*Reynoutria japonica*), sachaliński (*Reynoutria sachalinensis*) i pośredni (*Reynoutria ×bohemica*),
- ***Solidago spp.*** – inwazyjne gatunki roślin z rodzaju **nawłóć (*Solidago*)**: nawłóć kanadyjska (*S. canadensis*), nawłóć późna (*S. gigantea*) i nawłóć wąskolistna (*S. graminifolia*).

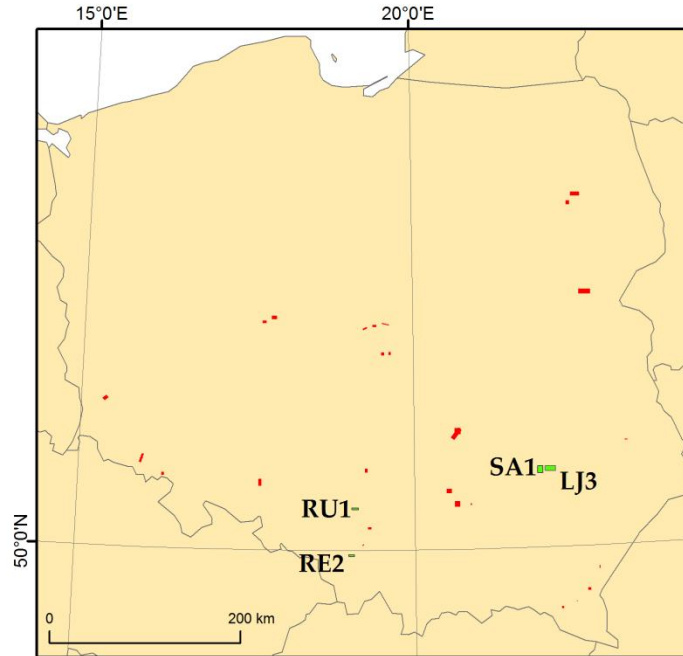


- ***Rubus spp.*** – jeżyna (w tym ***Rubus caesius*** – jeżyna popielica), rodzaj liczący – w zależności od ujęcia taksonomicznego – kilkaset gatunków.
- ***Calamagrostis epigejos*** – trzcinnik piaskowy, wieloletnia trawa, tworząca wyraźnie widoczne jednogatunkowe łąny.





## Obszary badań



**(SA1) Kotlina Sandomierska  
– Wrzawy**



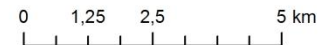
**(RE2) Dolina Górnej Wisły  
– Czechowice-Dziedzice**



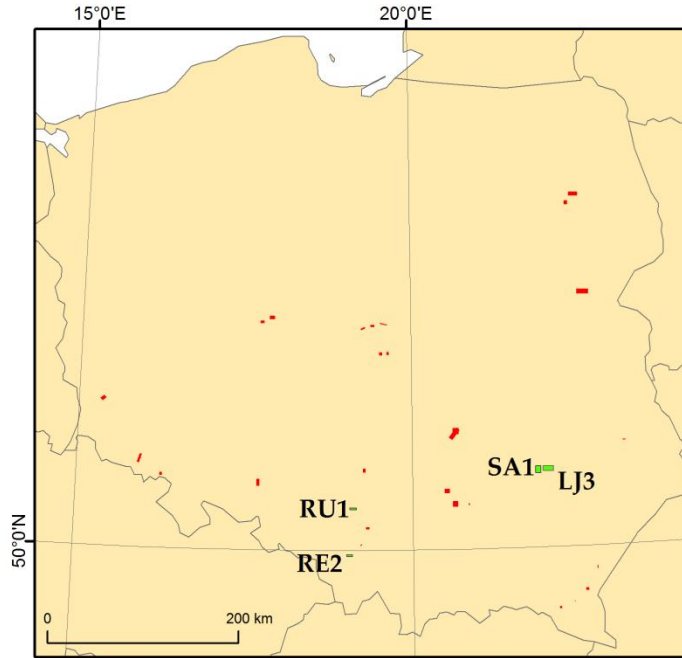
**(LJ3) Uroczyska Lasów Janowskich – Zaklików**



**(RU1) Wyżyna Katowicka  
– Malinowice**



# Obszary badań



**(SA1) Kotlina Sandomierska  
– Wrzawy**



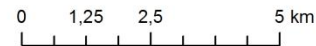
**(RE2) Dolina Górnej Wisły  
– Czechowice-Dziedzice**



**(RU1) Wyżyna Katowicka  
– Malinowice**

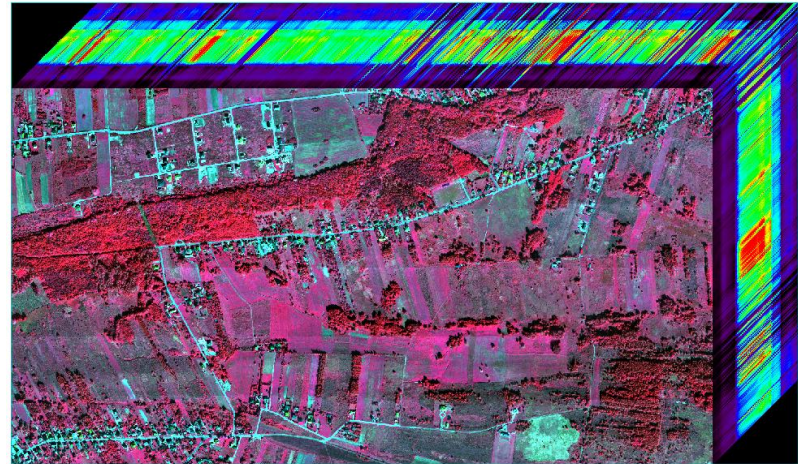
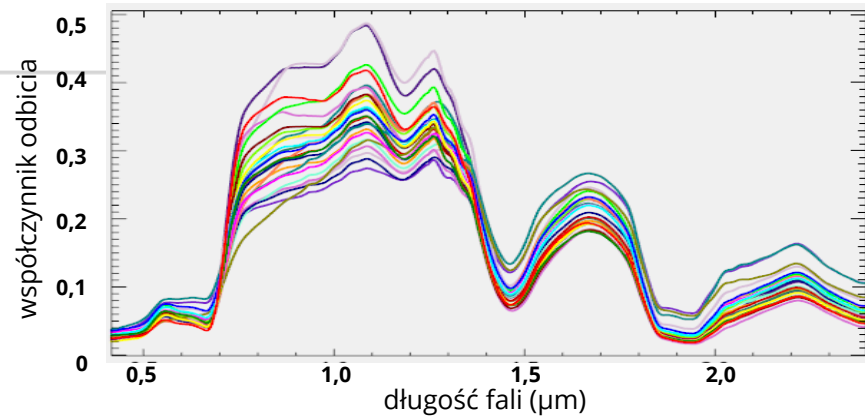


**(LJ3) Uroczyska Lasów Janowskich – Zaklików**



## HySpex

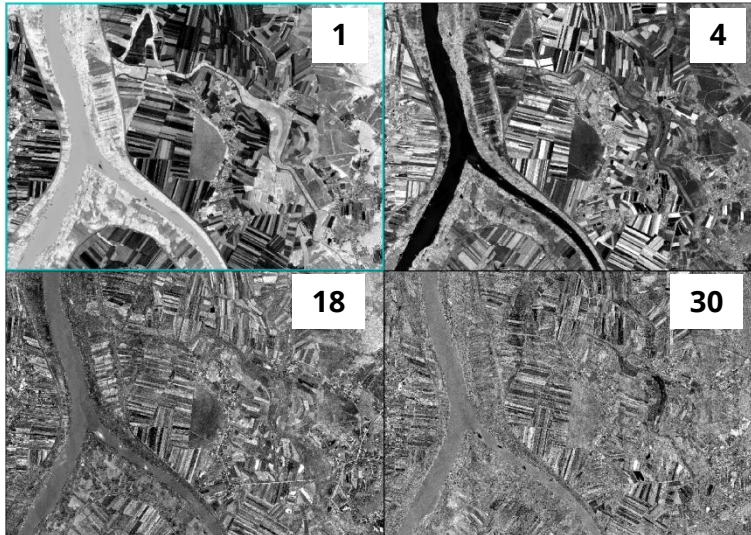
- rozdzielczość spektralna 451 kanałów:
  - VNIR 400-1000 nm,
  - SWIR 930-2500 nm,
- rozdzielczość przestrzenna (0,5)1 m.
- dane skorygowane geometrycznie, atmosferycznie, połączone w mozaiki dla obszarów.



Fragment obszaru RU1 (Wyżyna Katowicka)  
kompozycja RGB: 860, 649, 550 nm



- Transformacja *Minimum Noise Fraction* (MNF) 30 kanałów.
  - Minimalizowanie szumów,
  - redukcja wymiarów przestrzeni spektralnej (kompresja danych),
  - nowe kanały uszeregowane od największej do najmniejszej wariancji.



Fragment obszaru SA1 (Kotlina Sandomierska), kanały po transformacji MNF



kompozycja RGB 321 kanałów MNF



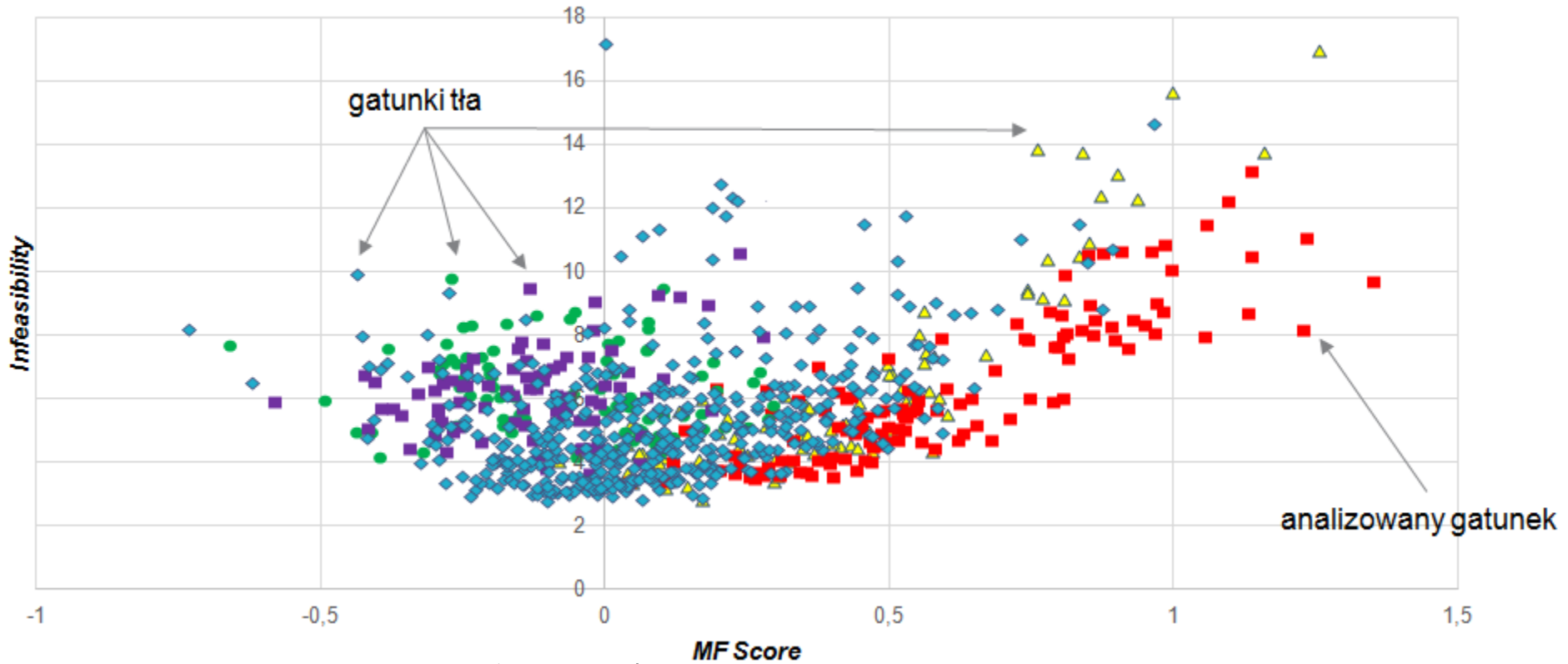
- **Nazwa gatunku/tła,**
- **współrzędne,**
- **udział % gatunku w poligonie**  
(pokrycie pędów żywych i martwych),
- **gatunki współdominujące,**
- faza rozwoju,
- udział nagiej ziemi,
- udział martwej materii organicznej,
- ...



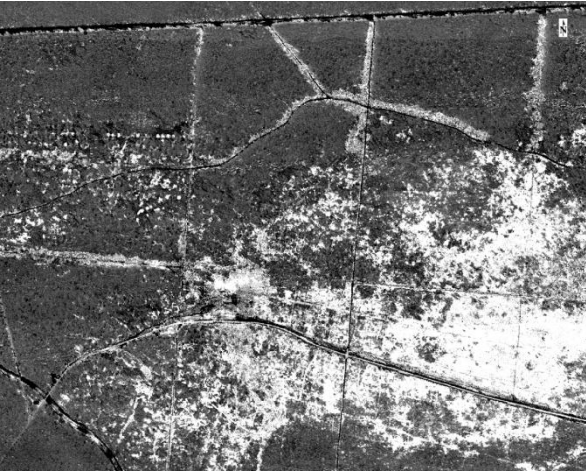
- metoda hybrydowa **detekcji** oparta na dwóch modelach: dopasowanej filtracji (MF, *Matched Filtering*) oraz liniowego rozmieszczenia spektralnego (LSU, *Linear Spectral Unmixing*),
- poszukuje obiektów według określonych wzorców (*endmembers*), którymi są czyste spektralnie piksele obiektu,
- wynikiem są dwa obrazy:
  - *MF Score* (podobieństwo piksela do wzorca)
  - *Infeasibility* (niepewność algorytmu)



Fragment obszaru SA1  
(Kotlina Sandomierska),  
detekcja *Solidago spp.*

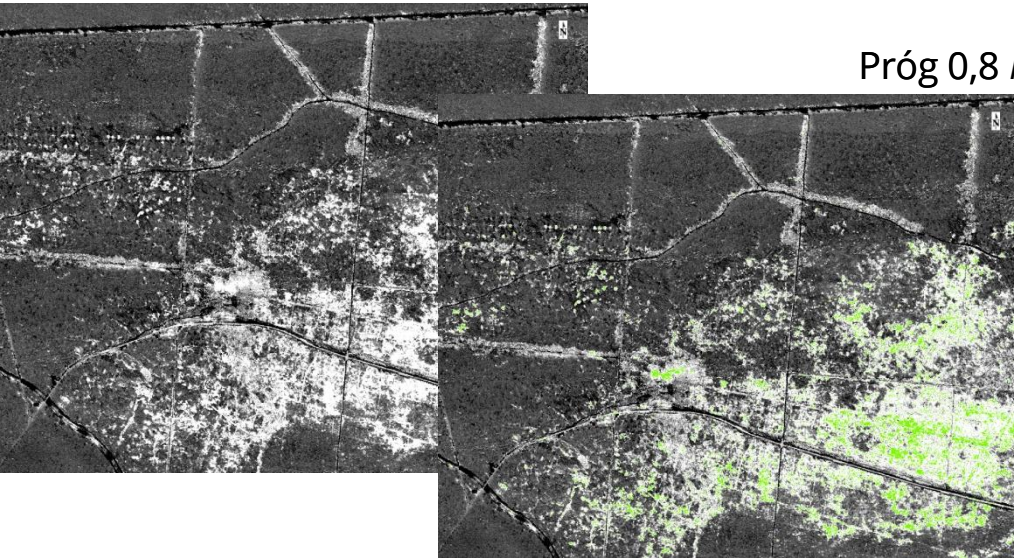


→ Poprawnie sklasyfikowany piksel :  $\uparrow$  MF Score,  $\downarrow$  Infeasibility

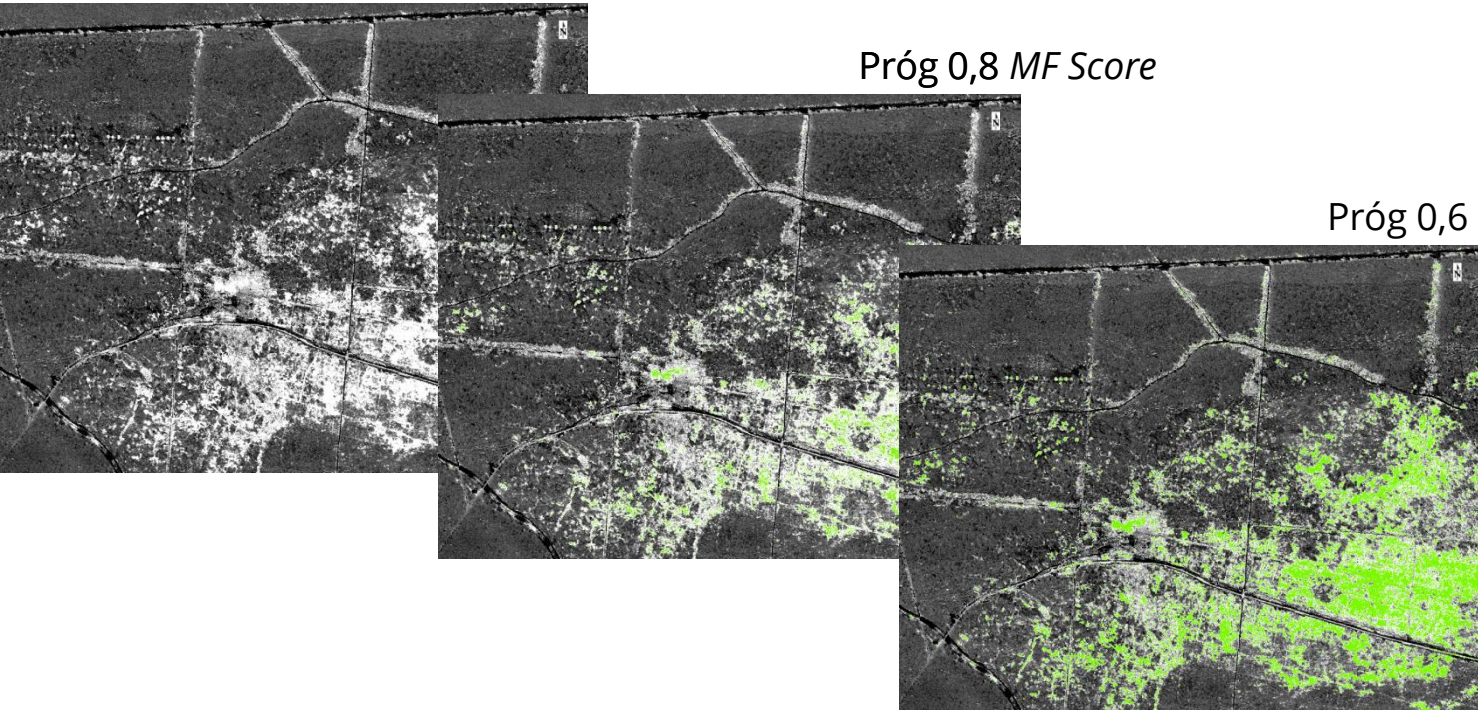


*Calamagrostis epigejos* – Uroczyńska Lasów Janowskich (LJ3)



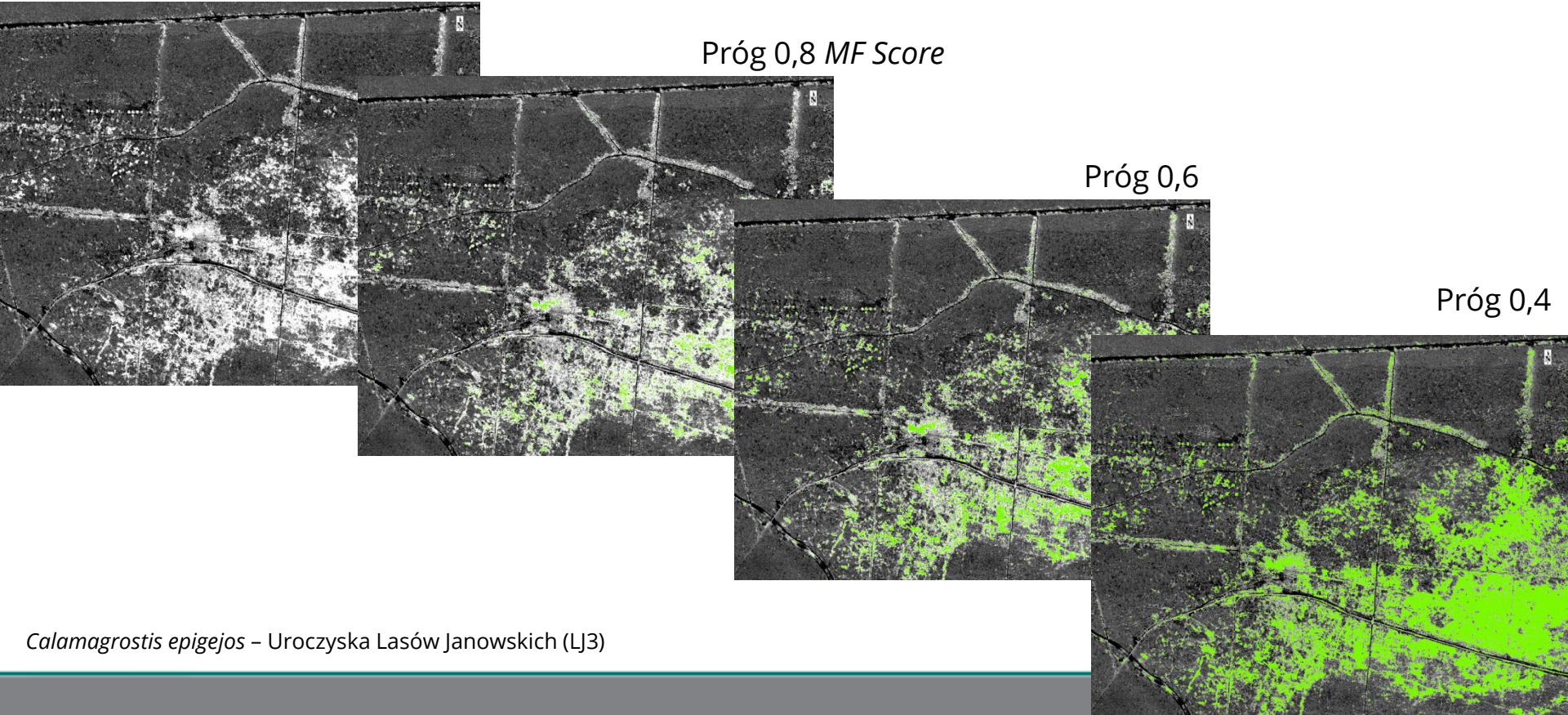


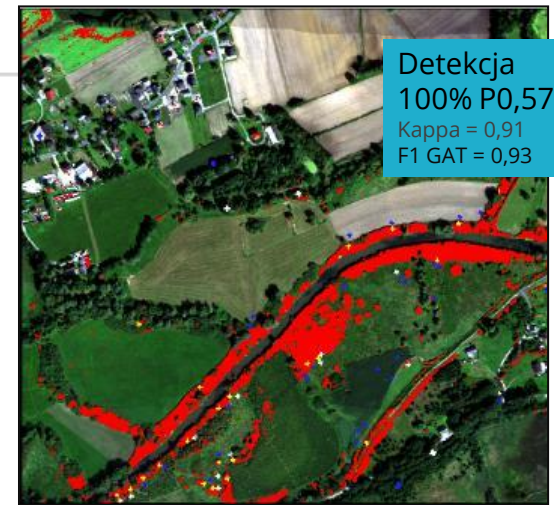
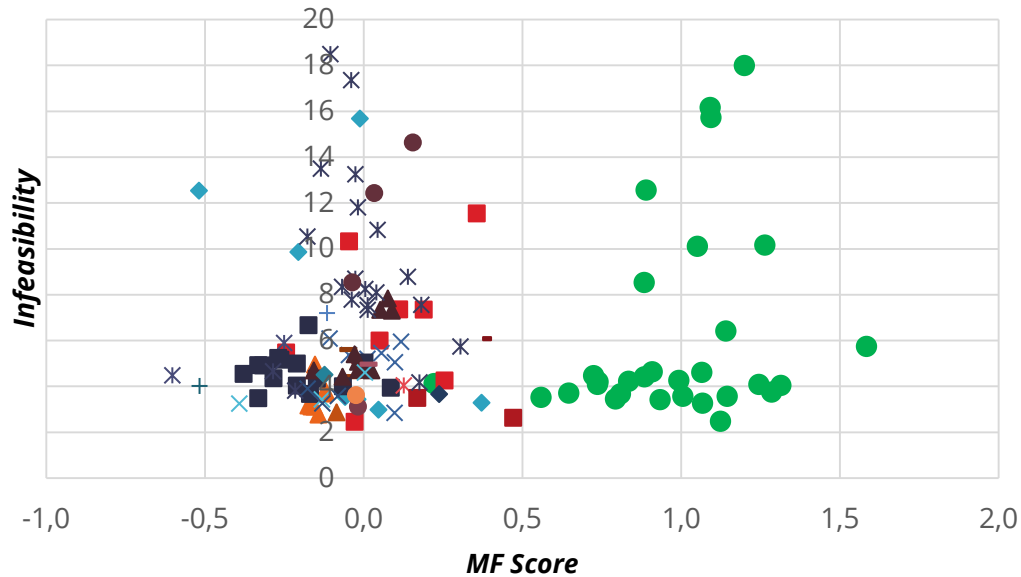
Próg 0,8 MF Score



*Calamagrostis epigejos* – Uroczyńska Lasów Janowskich (LJ3)





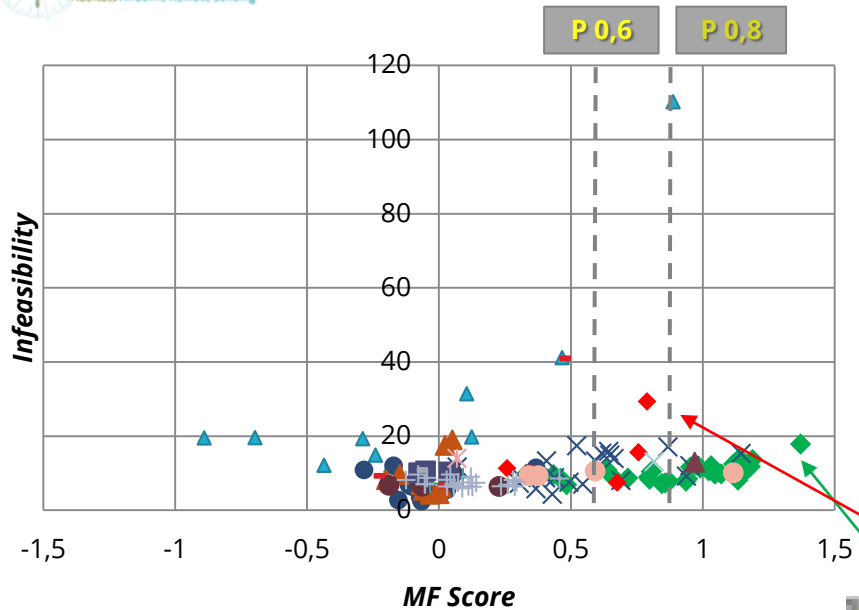


Detekcja  
100% P0,57  
Kappa = 0,91  
F1 GAT = 0,93

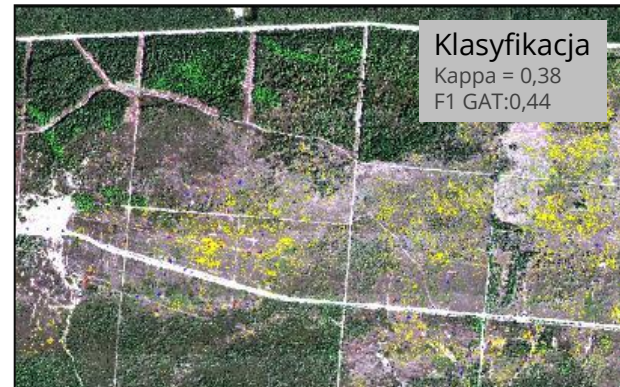
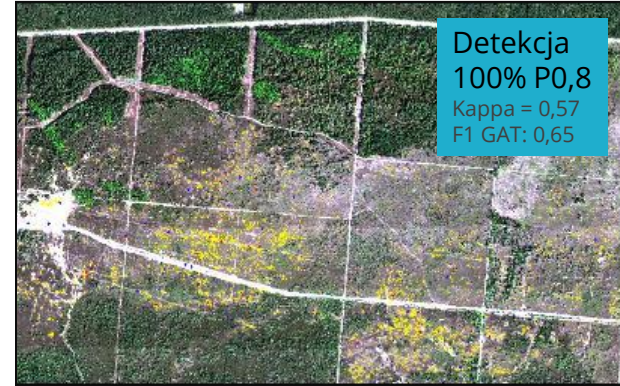
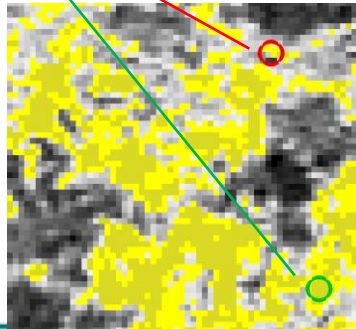


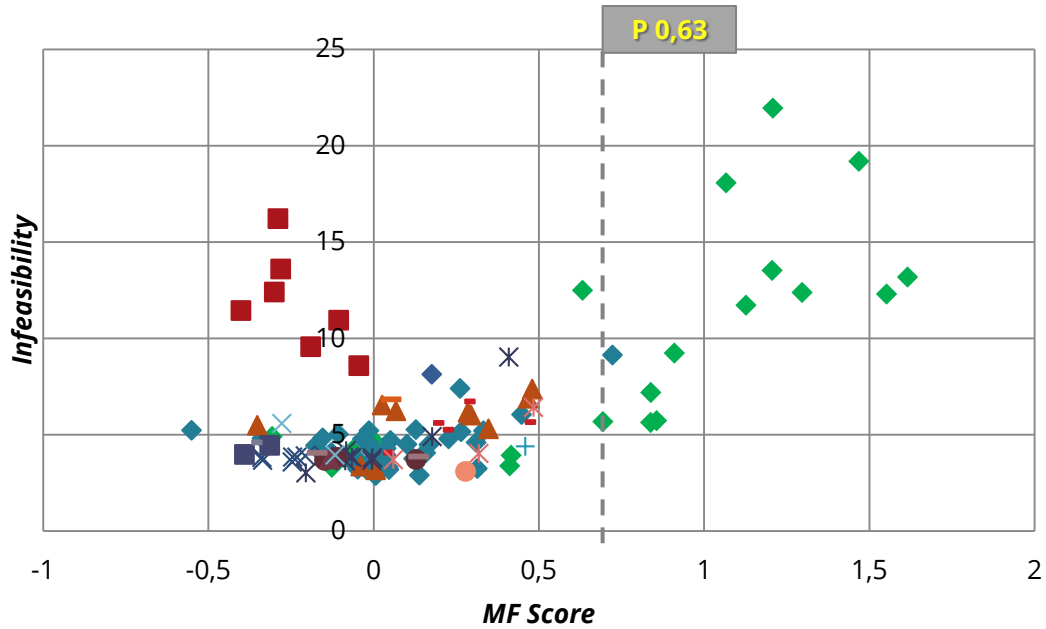
Klasyfikacja  
Kappa = 0,82  
F1 GAT = 0,85



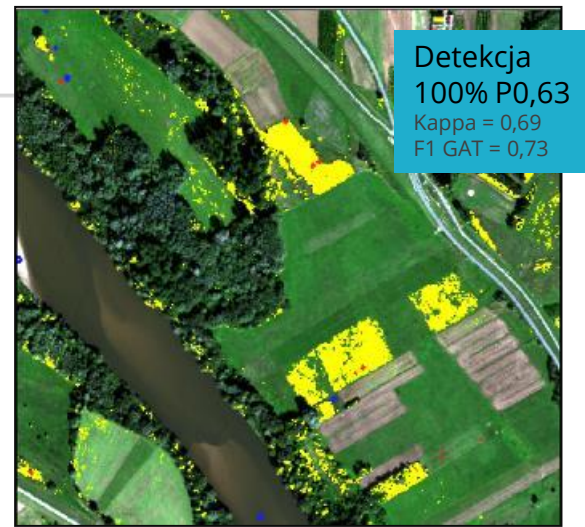


- |           |           |           |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ◆ Cal_epi | ▲ 5555    | ● 6666    | ▲ 8888    | × 9999    | ● Cal_vul |
| + Car_ela | - Car_las | ◆ Cor_can | - Rhy_alb | ■ Eri_ang | ▲ Fes_ovi |
| × Fes_pol | × Gly_max | ● Mol_cae | + Phr_aus |           |           |

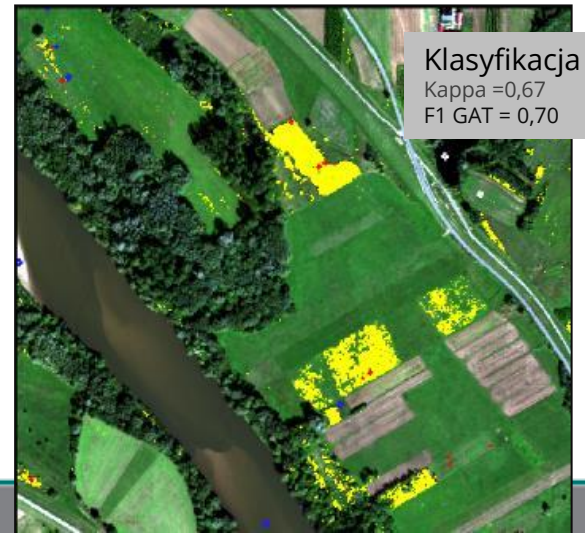




- ◆ Sol\_spp   ◆ 9999   ■ 5555   ▲ 6666   × 7777   × 8888   ● Alo\_pra   + Bet\_off   - Cal\_epi
- Car\_acu   ◆ Cir\_arv   ■ Dac\_glo   ▲ Lol\_mul   × Med\_sat   × Pha\_aru   ● Rub\_spe   - Tri\_aes   - Tri\_pra

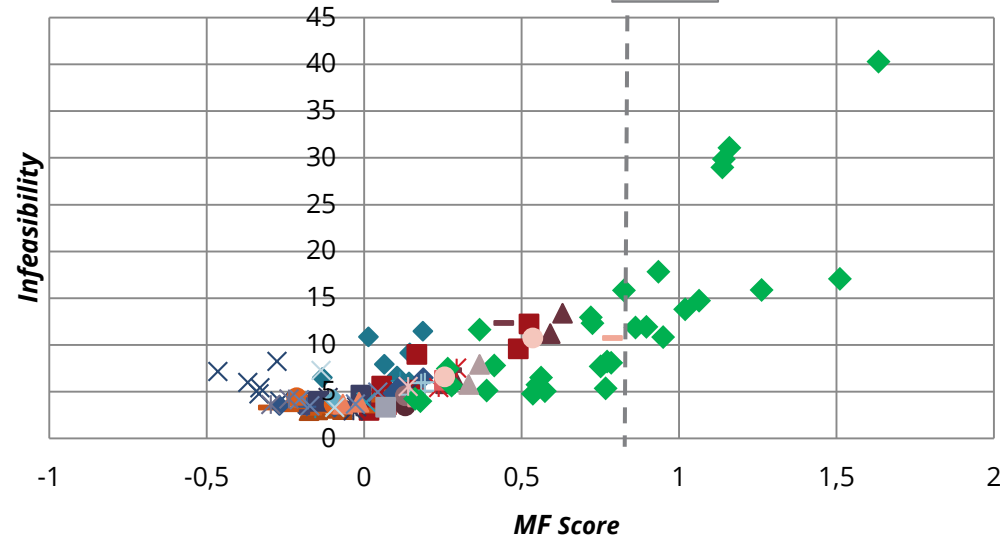


**Detekcja**  
100% P0,63  
Kappa = 0,69  
F1 GAT = 0,73

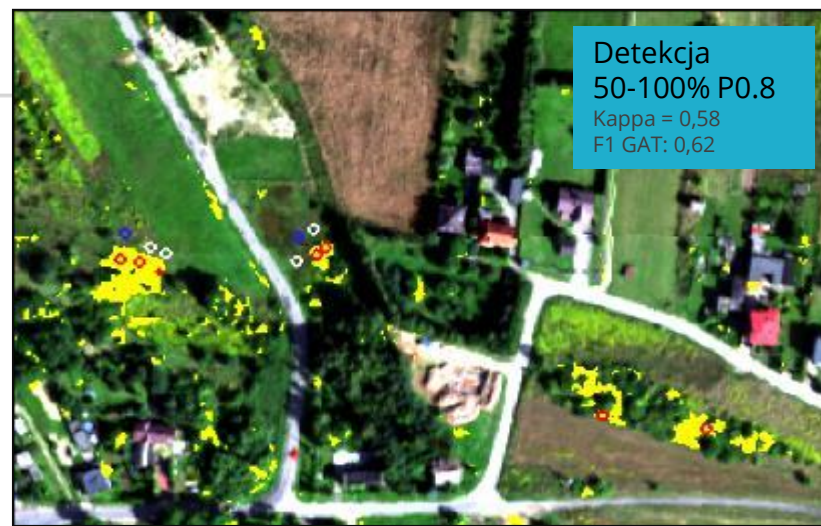


**Klasyfikacja**  
Kappa = 0,67  
F1 GAT = 0,70

P 0,8



- |           |           |           |           |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ◆ 5555    | ■ 6666    | ▲ 7777    | × 8888    | × 9999    | ● Agr_pro | + Agr_sto |
| - Ang_syl | - Arr_ela | ◆ Bro_ine | ■ Cal_epi | ▲ Car_spe | × Cir_arv | × Cir_riv |
| ○ Des_cae | + Ely_rep | - Fes_spe | - Fil_ulm | ◆ Ger_pra | ■ Lot_cor | ▲ Lys_vul |
| × Pha_aru | × Phl_phl | ● Phl_pra | + Phr_aus | - Pic_hie | - Pte_aqu | ◆ Rub_spp |
| ■ Rum_ace | ▲ Sci_syl | × Sol_spp | × Tri_fla | ● Urt_dio |           |           |



Detekcja  
50-100% P0.8  
Kappa = 0,58  
F1 GAT: 0,62



Klasyfikacja  
Kappa = 0,49  
F1 GAT: 0,53



- Lotnicze dane teledetekcyjne mogą być wykorzystywane do wykrywania gatunków inwazyjnych oraz ekspansywnych ze względu na zastosowanie **obiektywnej metody** i możliwą **ciągłość obserwacji**,
- **detekcja** może być stosowana jako **alternatywa** do podejścia klasyfikacyjnego, jej większa prostota pozwala na większą **operacyjność**,
- do jej stosowania najlepiej sprawdzają się **poligony o największym pokryciu** % gatunkiem,
- do treningu potrzeba **tylko wzorców szukanego gatunku**, duża liczba wzorców może być wykorzystana do walidacji wyniku,
- analiza wykresu rozproszenia pozwala wskazać, z czym **przy zadanym progu** gatunek się **miesza**, wskazuje na przeszacowanie/ niedoszacowanie gatunku,
- **klasyfikacja** jest **skuteczniejsza** w przypadkach, gdy gatunek jest zbyt podobny do tła – potrzeba użycia **wzorców tła w treningu**.



**DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ**

Adriana Marcinkowska-Ochtyra  
Uniwersytet Warszawski

[adriana.marcinkowska@uw.edu.pl](mailto:adriana.marcinkowska@uw.edu.pl)