

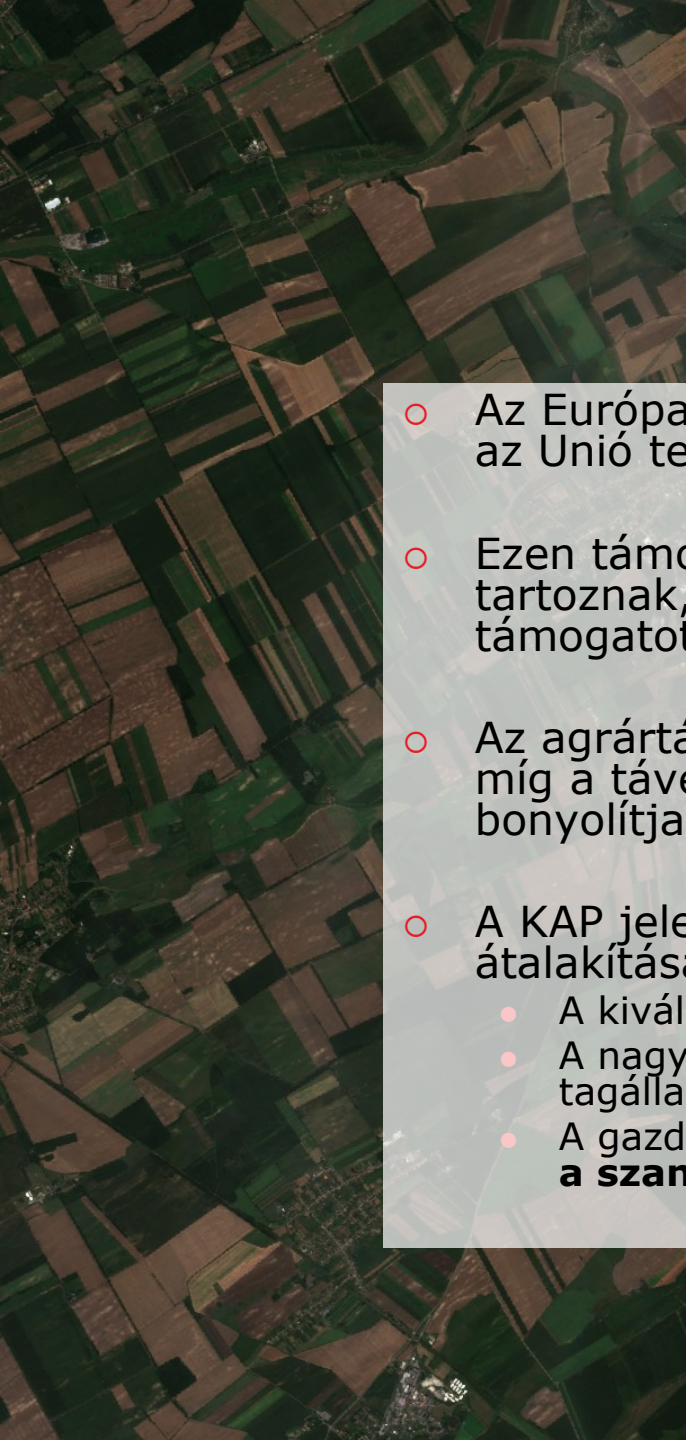
Mezőgazdasági támogatások előzetes ellenőrzése Sentinel-1 és Sentinel-2 műholdfelvételek segítségével

Kuczy Csaba, Zlinszky András, Henits László, Kovács Tamás,
Szokol Dávid, Szlovák Gergely, Tóth Balázs, Gojdár Emese

Ulyssys Kft



zlinszky.andras@ulyssys.hu



Agrártámogatások ellenőrzése

- Az Európai Unió Közös Agrárpolitikája (KAP) keretében finanszírozott agrártámogatások az Unió teljes költségvetésének legjelentősebb kiadását jelentik
- Ezen támogatások kifizetéséhez minden más támogatásnál komolyabb ellenőrzések tartoznak, pl lassan két évtizede a területalapú támogatásigények távérzékeléssel támogatott ellenőrzése
- Az agrártámogatásokat a Magyar Államkincstár kezeli, mint úniós kifizető ügynökség, míg a távérzékeléses ellenőrzést a FÖMI jogutódjaként a Nemzeti Földügyi Központ bonyolítja le
- A KAP jelenlegi reformjának egyik célja a támogatások távérzékeléses ellenőrzésének átalakítása. A megváltozott fókusz „monitoring” jelleg jellemzi:
 - A kiválasztáson alapuló ellenőrzés helyett 100%-os lefedettség
 - A nagyobb lefedettséget kisebb felbontású (VHR helyett Sentinel) felvételekkel érheti el a tagállam
 - A gazdák értesíthetők a talált eltérésekről, azaz **a cél a hibák menet közbeni kiküszöbölése a szankciók helyett**



KAP előzetes ellenőrzés pilot 2020-2021

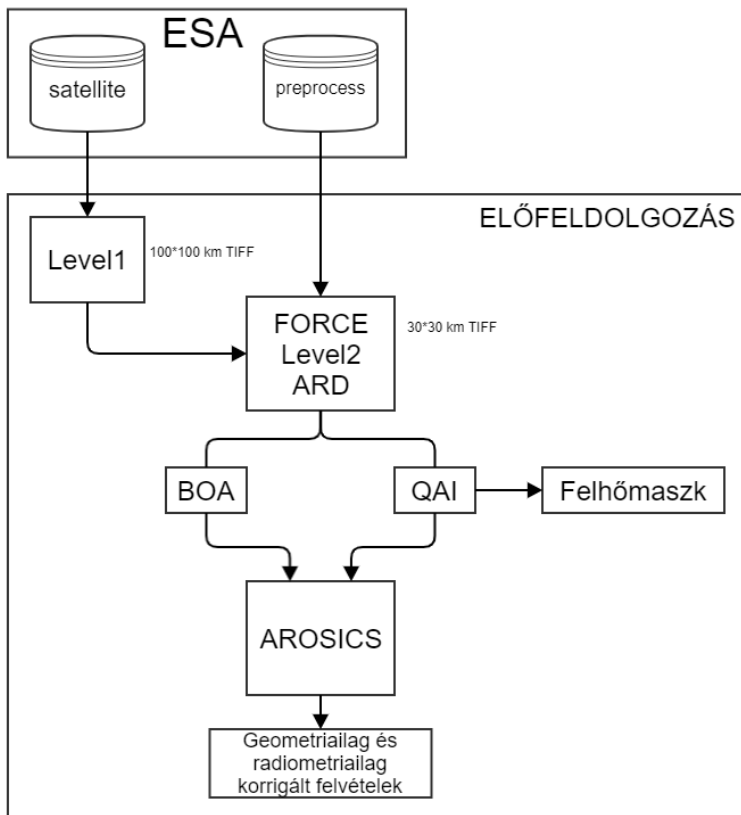
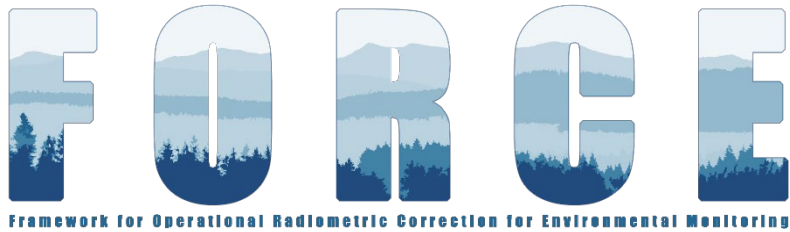
- A Magyar Államkincstár pilot projektet indított a monitoring alapú távérzékelés bevezethetőségének vizsgálatára
- A pilothoz szükséges szoftverek fejlesztését és a kutatások módszertani kidolgozását valamint informatikai feladatait cégünk, az Ulyssys Kft. végezte 2020-21-ben
- A pilot fókusztérülete az ún. előzetes ellenőrzés volt, melynek során a támogatásigénylő gazdákat 2020-ban és 21-ben a Kifizető Ügynökség nem csak numerikus számítások alapján, hanem immár távérzékeléses adatokat felhasználva is figyelmezteti az esetleges hibákra, melyek javíthatók
- A feladat nehézségét többek között az adja, hogy a támogatásigényléseket összességükben kell értékelni, és az ellenőrzés akkor futtatható hatékonyan, amikor már minden agrárgazdálkodó benyújtotta az adott évi támogatási igényét (ld. pl. parcellaátfedések)
 - június 20-ig módosíthatók azok a kérelmek, akik értesítést kaptak

Előzetes ellenőrzés pilot célja

- Az igénylések durva hibáinak szűrése, a gazda figyelmeztetése a szankciómentes időszakban, **június 20 előtt** (értesítési határidő!)
 - Hibás parcellahatárok
 - Téves igényelt növény (kategória)
- Vagyis: **találjuk meg a ~ 10 000 leghibásabb parcellát**
 - Ezek között ne legyen olyan, ahol a mi algoritmusunk téved, se pozitív irányba, se negatív irányba



Sentinel-2 adatok automatizált előfeldolgozása



- FORCE python könyvtár alapján automatizált atmoszférikus korrekció, felhőmaszkolás, csempékre tagolás
- Spektrális indexek számolása pixelenként
- A spektrális indexek átlagainak számítása parcellánként
- Ezekből idősor előállítása

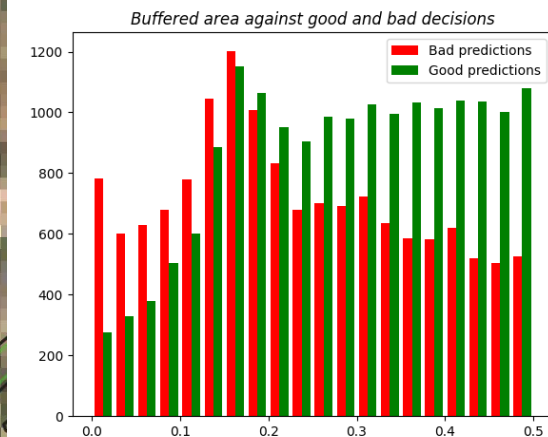
Sentinel-1 radar adatok használata az osztályzásban

- Nincs elérhető standard analysis ready data workflow, ki kellett dolgozni és implementálni egy sajátot
 - ESA SNAP Python könyvtár alapon
- Cserébe stabilan hetente 5 felvétel akkor is, ha felhős az idő
 - VV és VH visszaverési intenzitás



Minimum parcella méret meghatározása

- 2020-as adatokon parcella méret szerint vizsgáltuk a helyes és hibás osztályzások gyakoriságát
- Minimum: 5 méteres negatív buffer után minimum 0.15 ha terület
 - Vagyis legyen 15 olyan pixel, ami nem a parcella szélén van
 - 46 000 túl kicsi parcella kizárva az 1.2 millióból

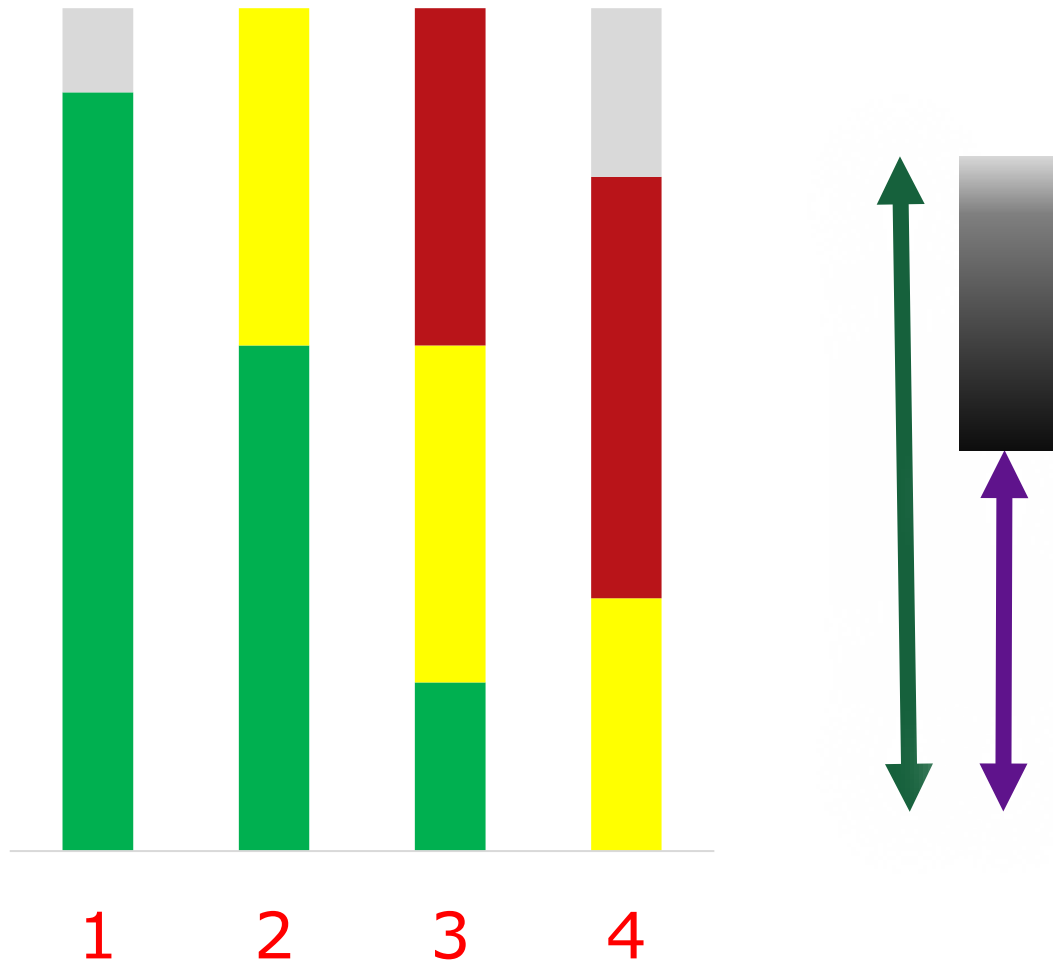


Növénytypus osztályzás – random forest

- Random Forest alapú, aktív tanulásos osztályzás Sentinel 1 és 2 alapon
- 22 növénykategória
- Fuzzy pontosságelemzés
- Utolsó műholdfelvételek:
2021 május 27 Sen-2;
2021 május 28 Sen-1



Növénytípus osztályzás - bizonyosság



- Random Forest alapú, aktív tanulásos osztályzás Sentinel 1 és 2 alapon
- 22 növénykategória
- **Fuzzy pontosságelemzés**
- Utolsó műholdfelvételek:
2021 május 27 Sen-2;
2021 május 28 Sen-1

Eredmények - pontosság

- 90% fölött: GYEP, OSZK, REP, RIZS
- 80%-90%: KUK, SZOL
- 50%-70%: ERDO, FAS, LUC, NAP
- Overall accuracy 76%

Normalized confusion matrix - Acc: 76.58%

Reference classes	Predicted classes																					
	CSRJ	CUKR	ENER	ERDO	FAS	GYEP	GYFU	KUK	LUC	NAD	NAP	OSZK	PIH	REP	RIZS	ROST	SZOJ	SZOL	SZZL	TAK	TAV	ZOL
CSRJ	9%	0%	0%	0%	15%	21%	0%	6%	4%	0%	1%	2%	11%	0%	0%	0%	0%	30%	0%	0%	0%	0%
CUKR	0%	30%	0%	0%	0%	0%	0%	59%	0%	0%	6%	1%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	1%	1%	0%	0%
ENER	0%	0%	13%	0%	3%	70%	0%	0%	6%	0%	0%	0%	8%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
ERDO	0%	0%	0%	56%	11%	21%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	6%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%
FAS	0%	0%	0%	1%	67%	16%	0%	4%	1%	0%	0%	1%	4%	0%	0%	0%	0%	5%	0%	0%	0%	0%
GYEP	0%	0%	0%	0%	1%	90%	0%	1%	3%	0%	0%	2%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
GYFU	0%	0%	0%	0%	5%	10%	13%	25%	6%	0%	3%	9%	11%	0%	0%	0%	0%	2%	3%	0%	1%	12%
KUK	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	84%	0%	0%	10%	2%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
LUC	0%	0%	0%	0%	1%	17%	0%	6%	63%	0%	2%	5%	3%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	1%	0%
NAD	0%	0%	0%	4%	3%	43%	0%	4%	0%	40%	1%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
NAP	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	41%	0%	0%	55%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
OSZK	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	1%	0%	0%	0%	95%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PIH	0%	0%	0%	0%	4%	24%	0%	16%	4%	0%	5%	7%	33%	0%	0%	0%	0%	4%	0%	0%	1%	1%
REP	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	2%	1%	95%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
RIZS	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	0%	1%	0%	94%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
ROST	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	70%	1%	0%	7%	3%	5%	0%	0%	10%	0%	1%	0%	0%	0%	1%
SZOJ	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	57%	0%	0%	4%	1%	1%	0%	0%	0%	35%	0%	0%	0%	0%	0%
SZOL	0%	0%	0%	0%	2%	4%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	88%	0%	0%	0%	0%
SZZL	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	35%	1%	0%	5%	2%	5%	0%	0%	0%	0%	1%	40%	1%	1%	6%
TAK	0%	0%	0%	0%	1%	18%	0%	21%	8%	0%	4%	9%	7%	1%	0%	0%	0%	2%	2%	23%	5%	1%
TAV	0%	0%	0%	0%	1%	4%	0%	23%	2%	0%	7%	15%	6%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	1%	41%	0%
ZOL	0%	0%	0%	0%	4%	2%	0%	43%	1%	0%	5%	2%	8%	0%	0%	0%	0%	4%	3%	1%	1%	27%

10

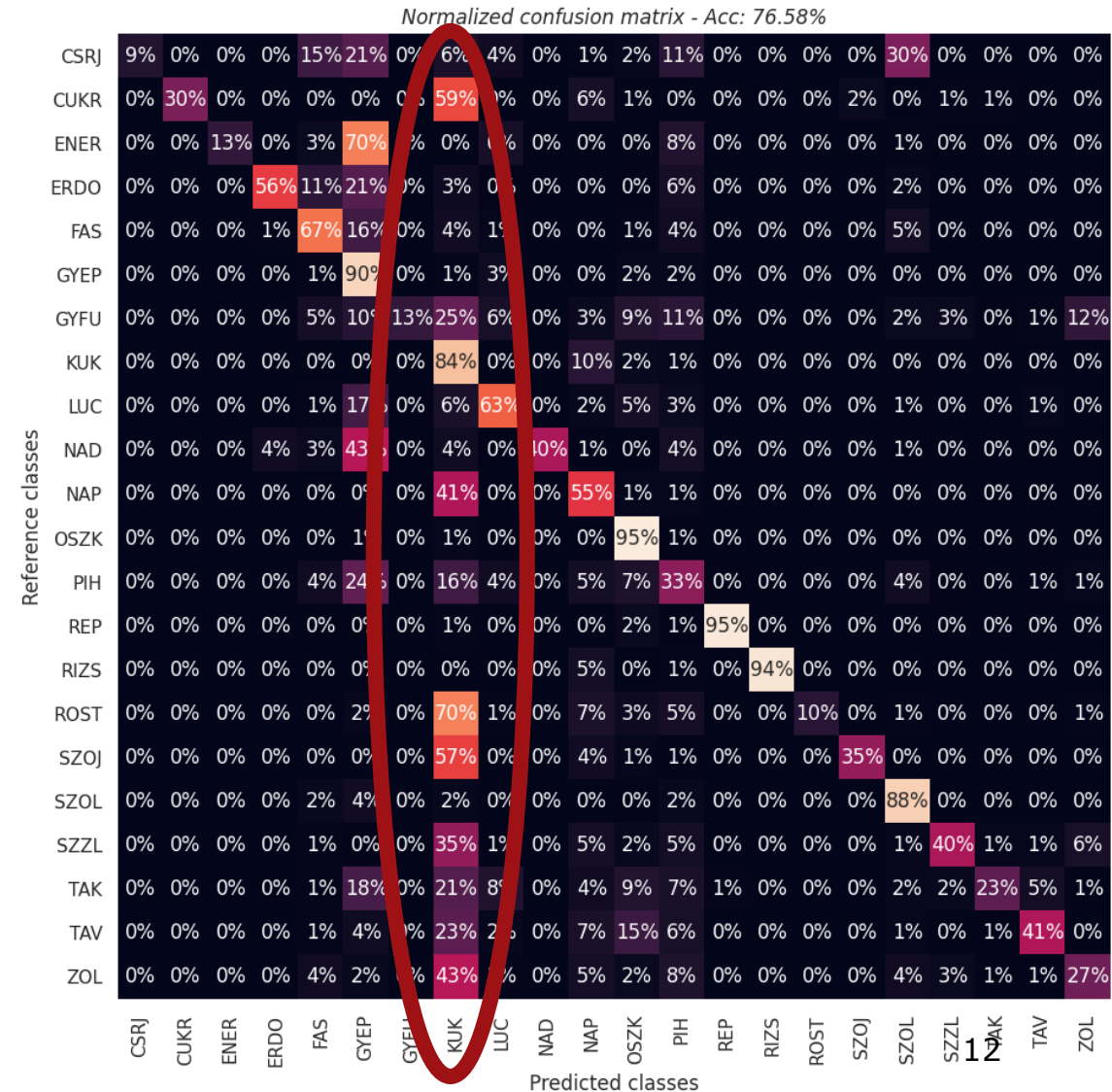
Eredmények - pontosság

- A leggyakoribb tévesztések (darabszáma)
 - Kukorica-napraforgó (75 000 db)
 - Lucerna-gyep (17000 db)
 - Gyep-pihentetett terület (15 000 db)

		Confusion matrix																					
		CSRJ	CUKR	ENER	ERDO	FAS	GYEP	GYFU	KUK	LUC	NAD	NAP	OSZK	PIH	REP	RIZS	ROST	SZOJ	SZOL	SZZL	TAK	TAV	ZOL
Reference classes	CSRJ	349	0	0	8	621	860	1	256	153	0	31	66	427	4	0	0	0	1217	0	3	5	18
	CUKR	0	327	0	0	0	1	0	638	1	0	61	7	0	1	0	0	27	0	11	9	2	0
	ENER	0	0	15	0	3	83	0	0	7	0	0	0	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	ERDO	1	0	0	4178	828	1585	0	225	28	0	16	28	409	2	0	0	1	117	5	1	1	10
	FAS	30	0	0	323	25476	5969	0	1679	512	1	124	402	1520	24	0	0	8	1766	9	0	35	92
	GYEP	14	1	0	263	21261	72610	6	2117	6499	7	486	3336	3031	130	0	0	19	837	17	116	482	53
	GYFU	1	0	0	3	273	502	662	1278	327	1	148	454	556	15	0	0	1	121	147	20	52	632
	KUK	5	2	0	13	865	930	10	2133	721	0	26911	4901	2991	291	2	15	785	1235	347	179	482	522
	LUC	7	0	0	7	641	11198	9	42494	1731	0	1150	3566	1743	90	0	0	64	341	45	136	817	54
	NAD	0	0	0	13	9	134	0	11	1	125	2	1	14	0	0	0	0	2	0	0	0	1
	NAP	3	0	0	5	202	276	2	50450	243	1	66523	1580	1578	109	2	0	142	385	60	42	130	81
	OSZK	0	2	0	8	469	1785	7	3464	1106	0	912	3413	1680	561	0	0	43	186	42	106	1198	61
	PIH	18	1	1	87	2100	12206	10	8147	2126	1	2358	3701	17182	251	8	0	59	2242	201	71	379	607
	REP	0	1	0	0	40	89	5	333	124	0	99	826	251	34690	0	0	6	24	3	27	39	11
	RIZS	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	31	0	5	0	584	0	0	0	0	0	0	0
	ROST	0	0	0	0	0	2	0	90	1	0	9	4	7	0	0	13	0	1	0	0	0	1
	SZOJ	0	0	0	0	8	25	0	5673	10	0	436	113	71	13	0	0	3510	23	8	7	29	0
	SZOL	2	0	0	6	836	1699	0	679	124	0	141	147	856	8	0	0	2	34101	3	0	11	37
	SZZL	0	4	0	1	105	42	26	3658	74	0	512	225	501	22	0	0	26	144	4250	149	148	631
	TAK	0	0	0	6	141	2634	11	3114	1239	0	603	1316	1003	153	1	0	24	234	302	3426	696	82
	TAV	4	0	0	5	183	865	2	5594	444	0	1624	3601	1504	72	2	0	34	293	48	134	10035	67

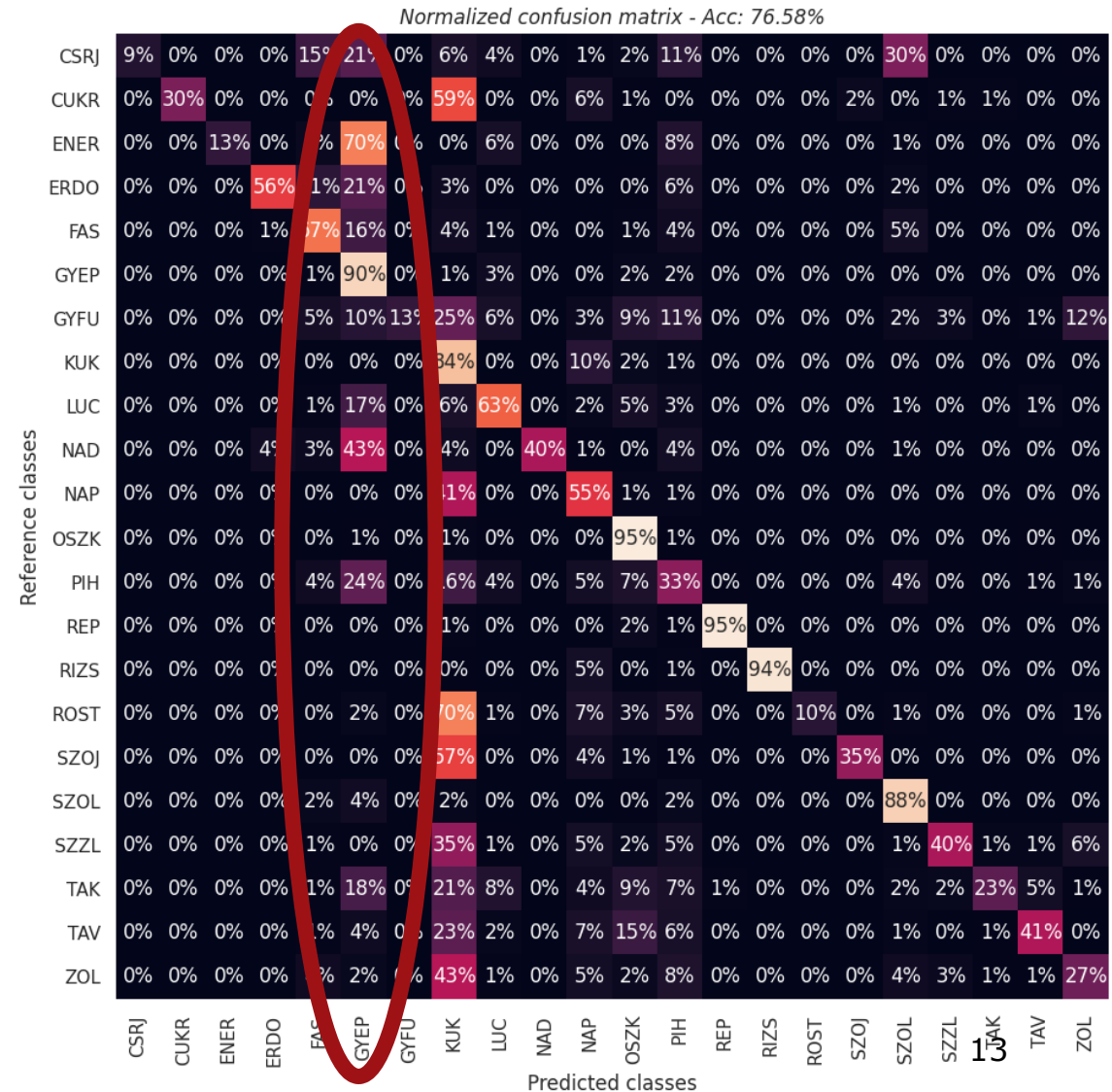
Mit jelent ez a gyakorlatban?

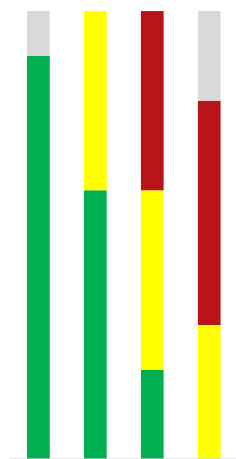
- A tavaszi kultúrákat rendszeresen összetévesztjük a kukoricával
 - Mert az a leggyakoribb tavaszi kategória
 - És a tavaszi kultúrák jelentős része jelenleg még szinte csupasz talaj



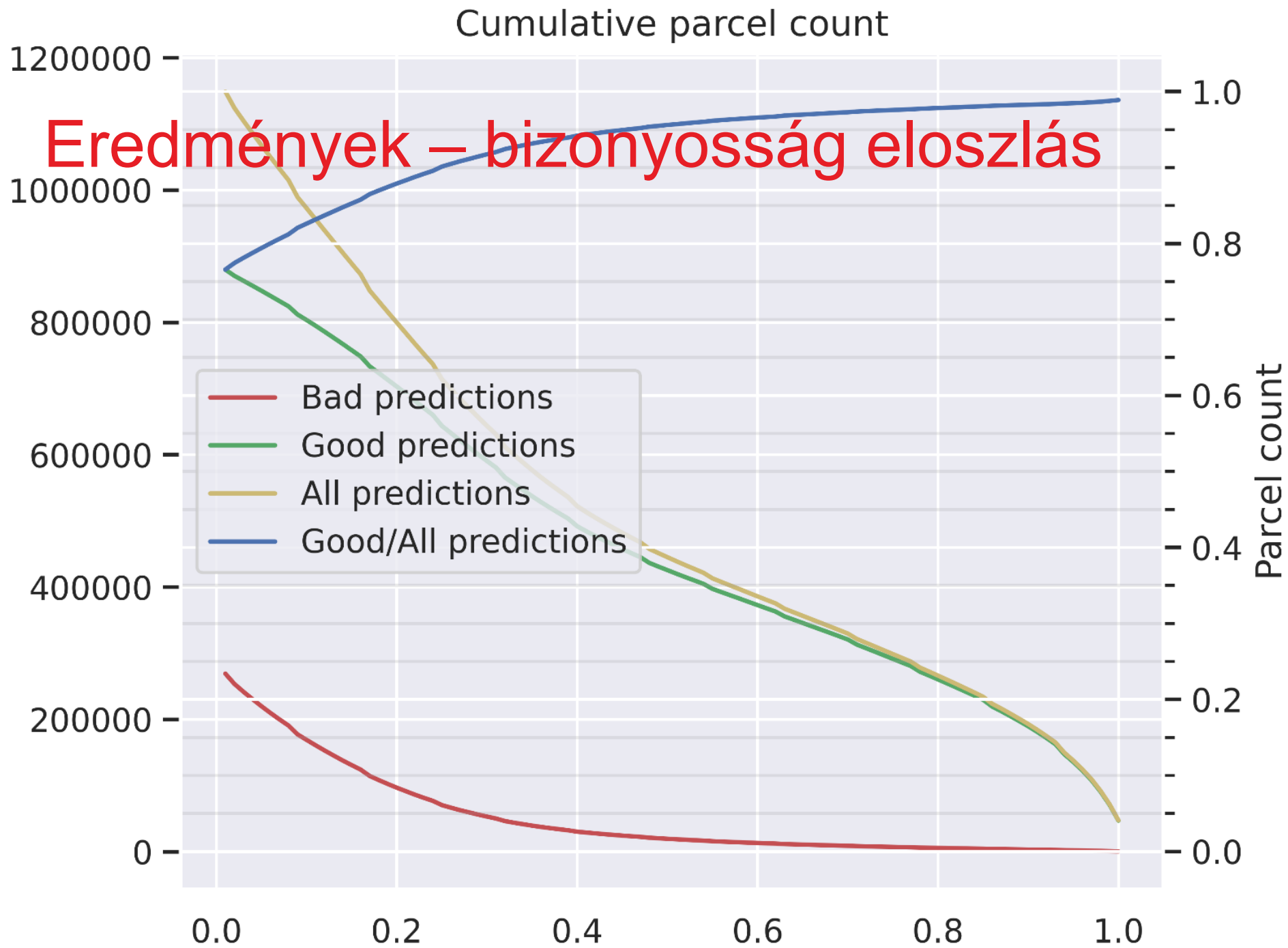
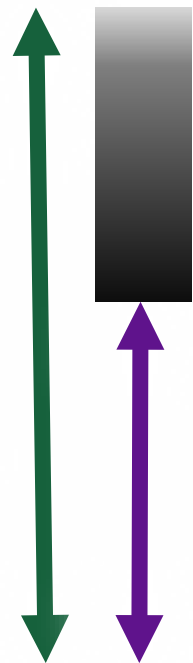
Mit jelent ez a gyakorlatban?

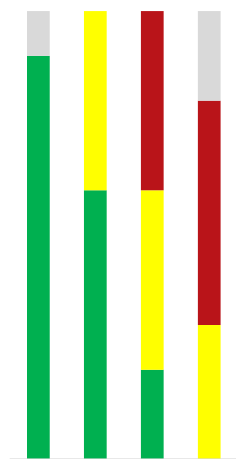
- Az állandó kultúrákat, takarmánynövényeket gyakran a gyepel tévesztjük össze
 - Mert ezek még korai növekedési fázisban vannak
 - Területi és gazdasági jelentőségét tekintve ez kisebb probléma



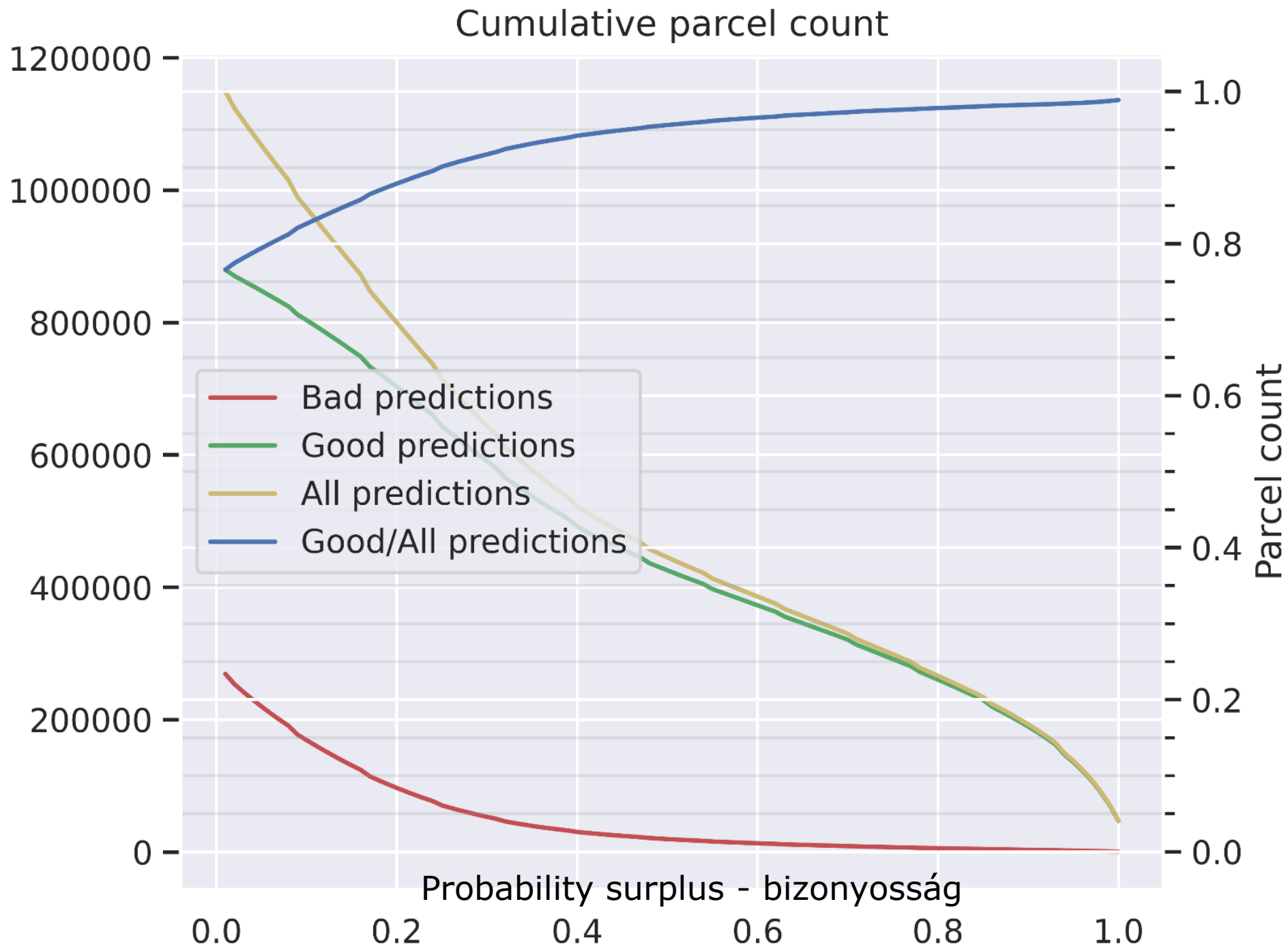
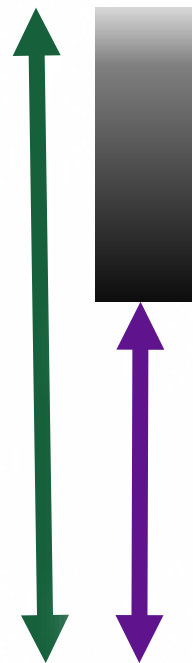


1 2 3 4





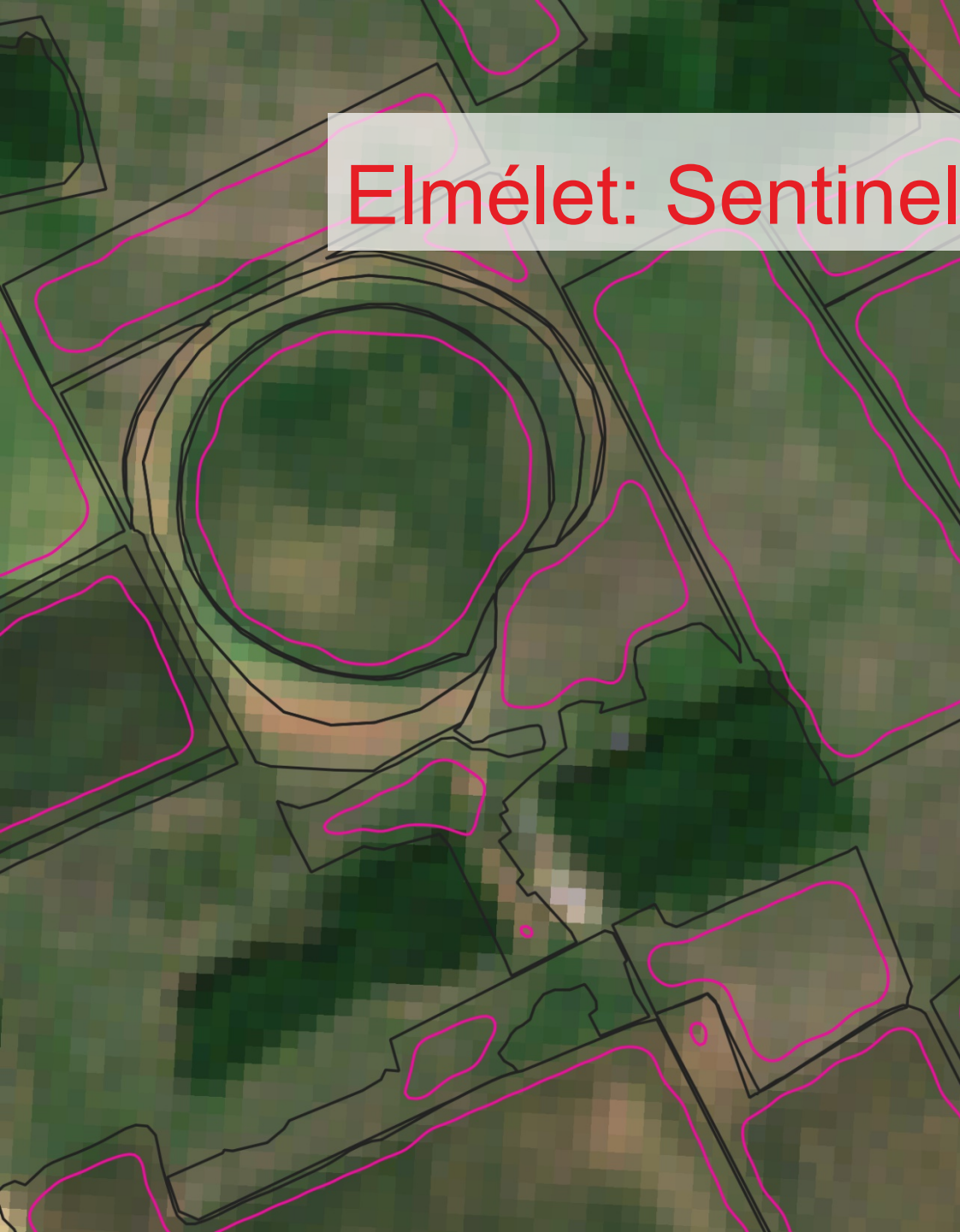
1 2 3 4



An aerial photograph of a forest. A circular area, representing a Sentinel-2 satellite footprint, is highlighted with a thin orange line. The forest is dense with green trees, and there are some lighter-colored areas that might be clearings or different types of vegetation.

Parcella lehatárolás – egy kis elmélet

- Az a feladat, hogy mondjuk meg Sentinel felvételek alapján, melyik gazdarajz geometriája hibás.
 - Mi kell ehhez?
 - Sentinel-2 alapú parcella körvonalak
 - Az egymáshoz tartozó gazdarajz és műholdas körvonal azonosítása
 - Az egymáshoz tartozó gazdarajz és műholdas körvonal közötti különbség számszerűsítése



Elmélet: Sentinel-2 alapú parcella körvonalak

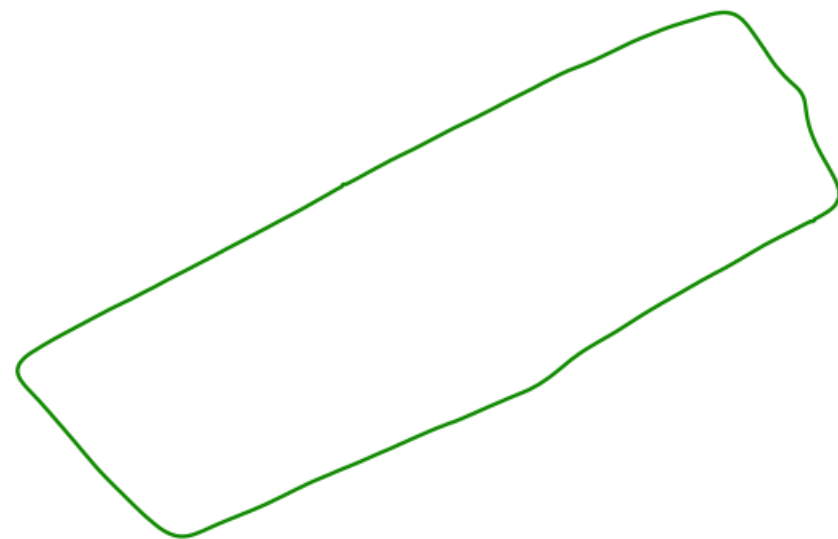
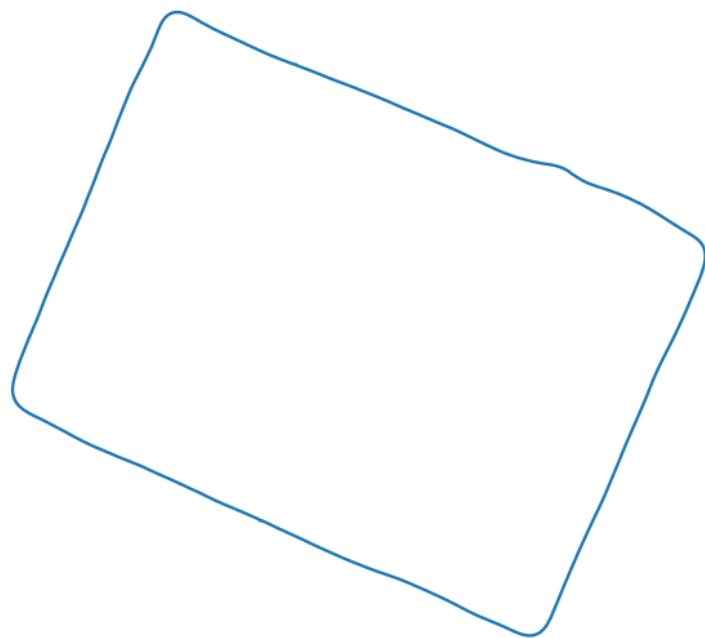
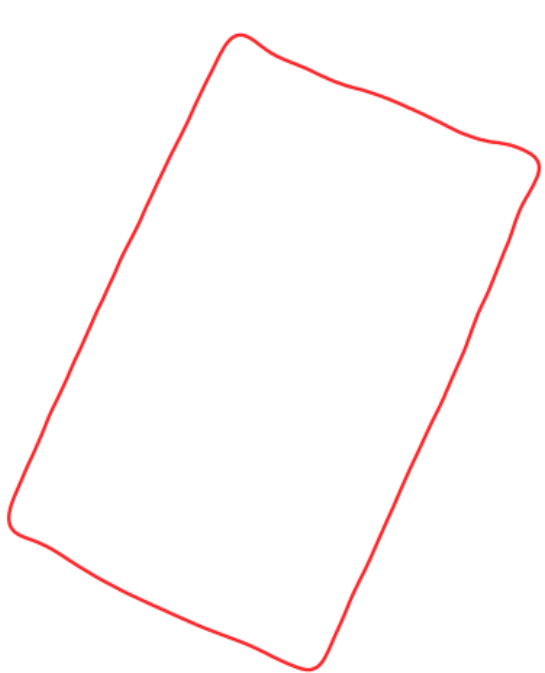
- „Melyik pixel tartozik parcella határhoz, és melyik parcella határ pixelek alkotnak összefüggő poligont?”
- Ebből következik, hogy
 - Egymáshoz 10 m-nél közelebb levő vonalakat nem különít el a rendszer
 - Minden parcellának a 10 m-re raszterizált alakját veszi figyelembe már a tanító adat is

An aerial photograph of a landscape, possibly a farm or estate, with various fields and buildings. Overlaid on the image are green and black outlines that define specific areas, likely representing land parcels or management zones. The green outlines are more irregular and follow natural features, while the black outlines are more geometric and define specific plots.

Elmélet: Egymáshoz tartozó gazdarajz és műholdas körvonal azonosítása

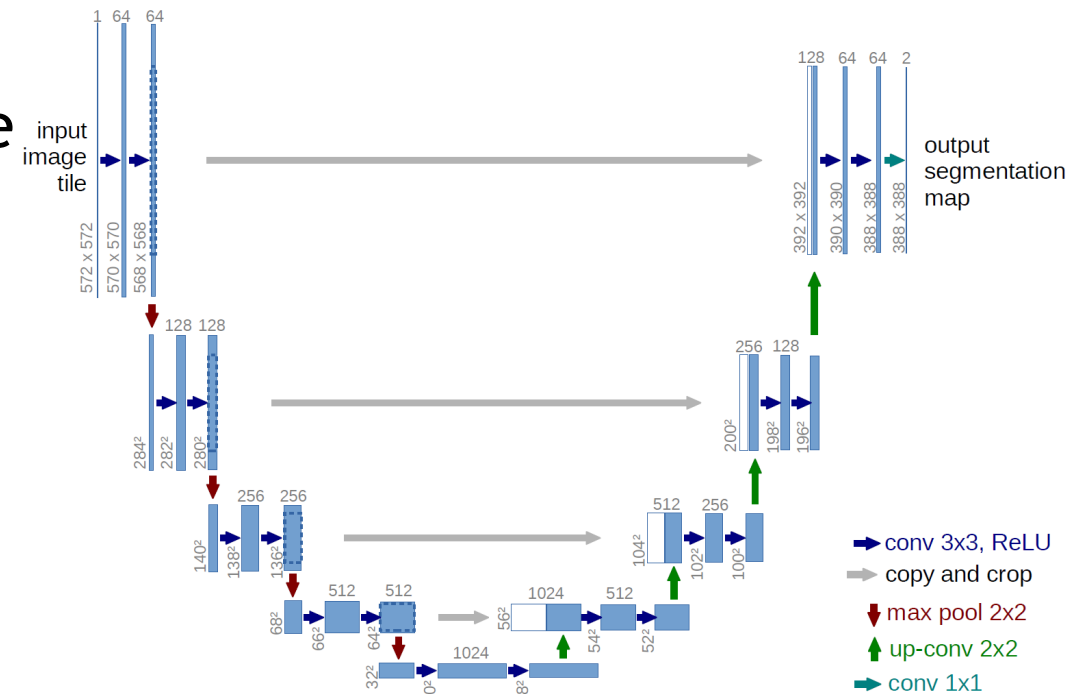
- Egymáshoz tartozik → kölcsönösen egyértelmű hozzárendelés
- Ez teljesül, ha a gazdarajz és a műholdas körvonal nagyrészt átfed (ezt tudjuk ellenőrizni)
- Egyéb lehetőségek: Több az egyhez hozzárendelés (egybenművelés); Egy a többhöz hozzárendelés (parcellán belüli határ)

Parcellahatárok megállapítása mesterséges neurális hálókkal



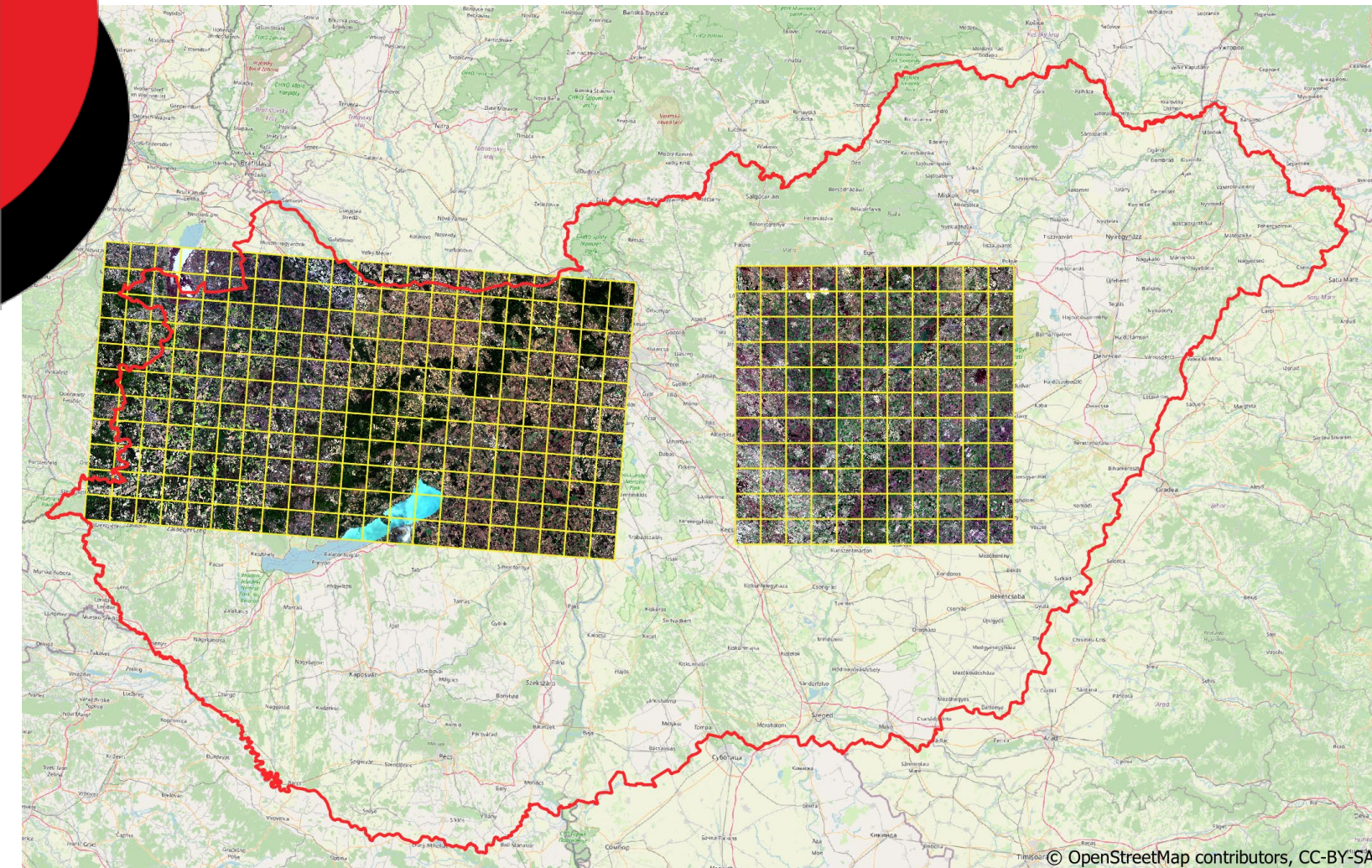
Konvolúciós neurális hálók alkalmazása

- A bevitt adatok alapján többszintű absztrakciót és detektálást végez, majd az eredményt visszakonvertálja
- ResUNet háló, amelynek eredményei:
 1. A parcellához tartozás valószínűsége
 2. A parcellahatárhoz tartozás valószínűsége
 3. Távolság a legközelebbi parcellahatártól

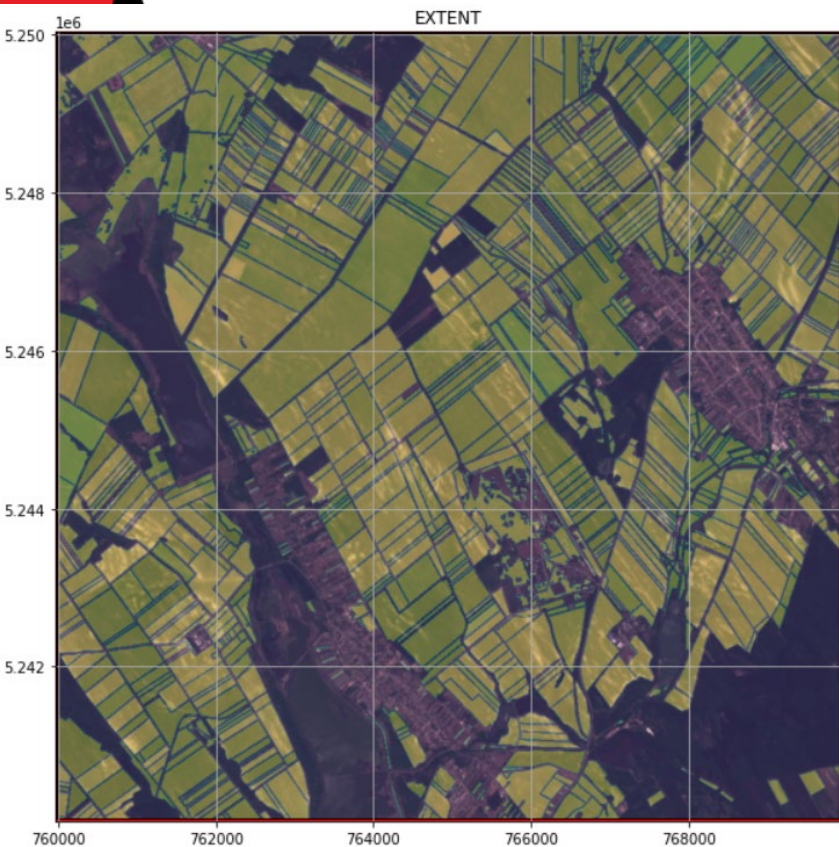


A neurális háló tanítása

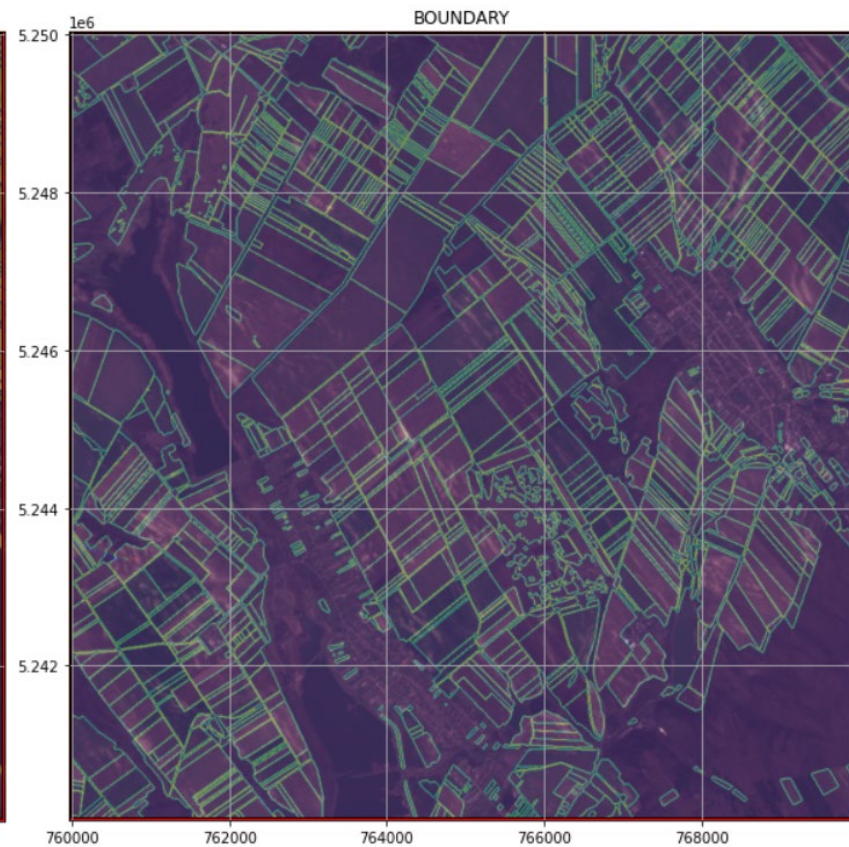
- Három Sentinel-2 tile
- Felhőmentes képek 2020-ból (március-május)
- Kék, Zöld, Vörös és Közeli infravörös sávok (10 m)
- Tanítóadat parcellák a 2020-as igénylésből
- 406 534 db parcella



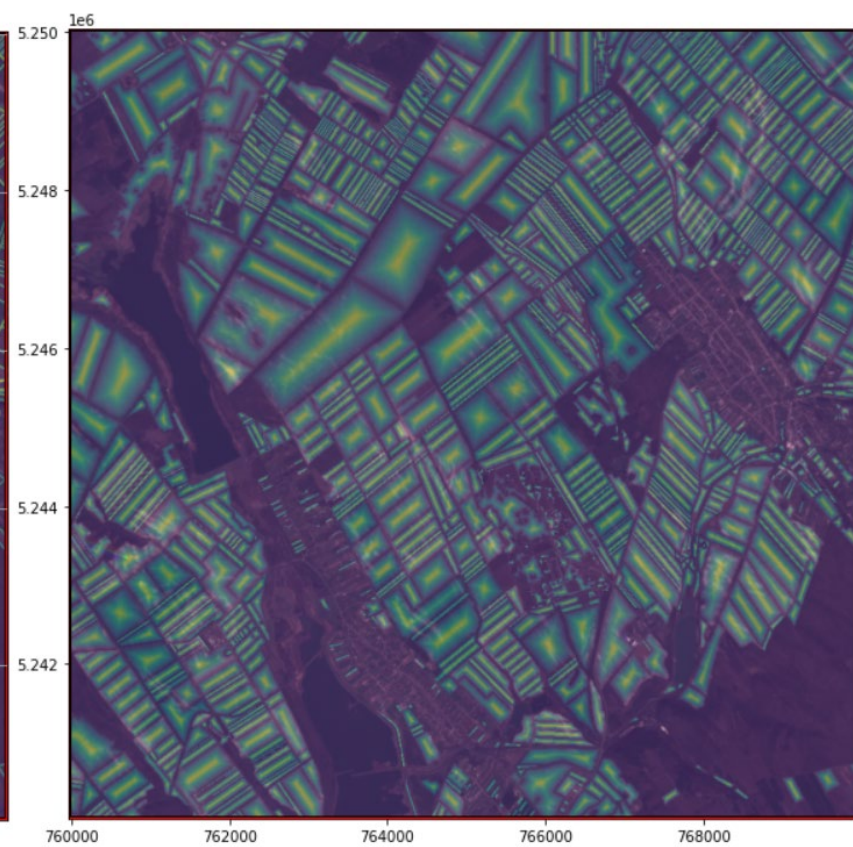
Tanításhoz használt rétegek



Parcella kiterjedése

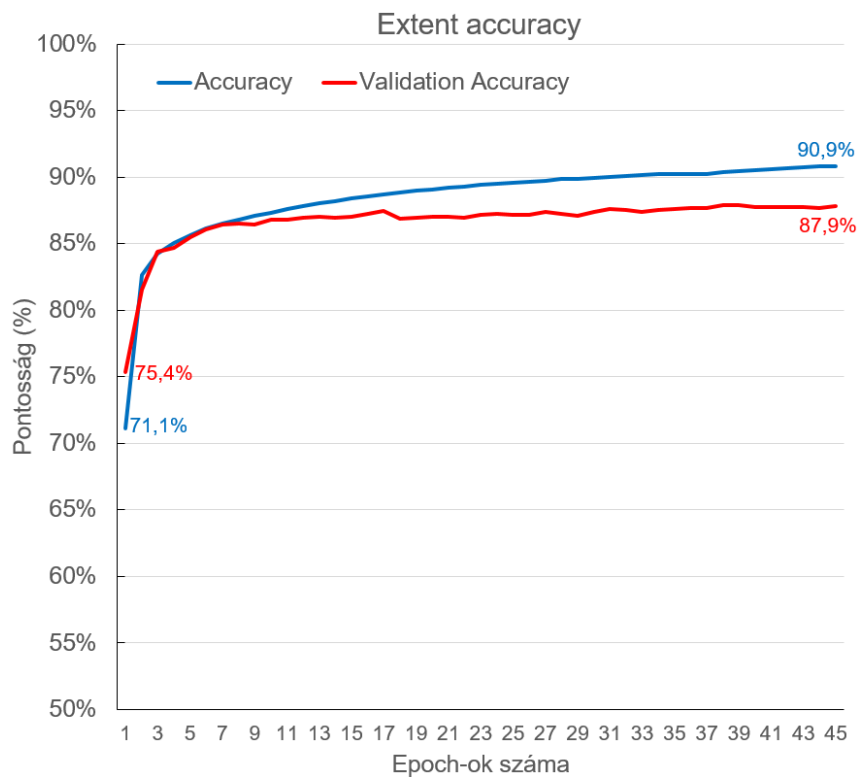


Parcella határa

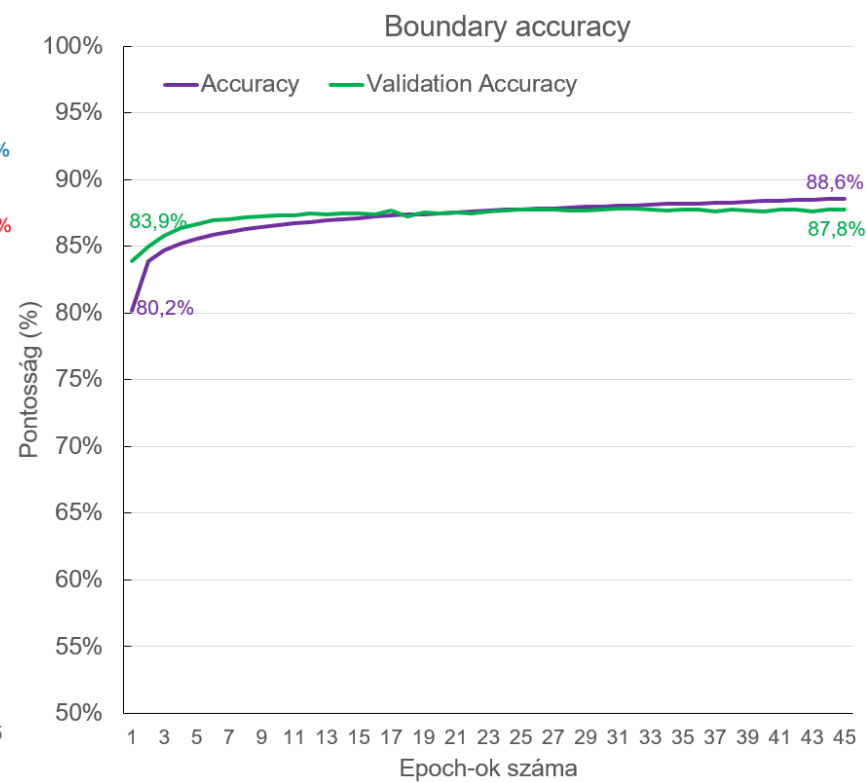


Parcella határától való távolság

A betanított modell (45 epoch)

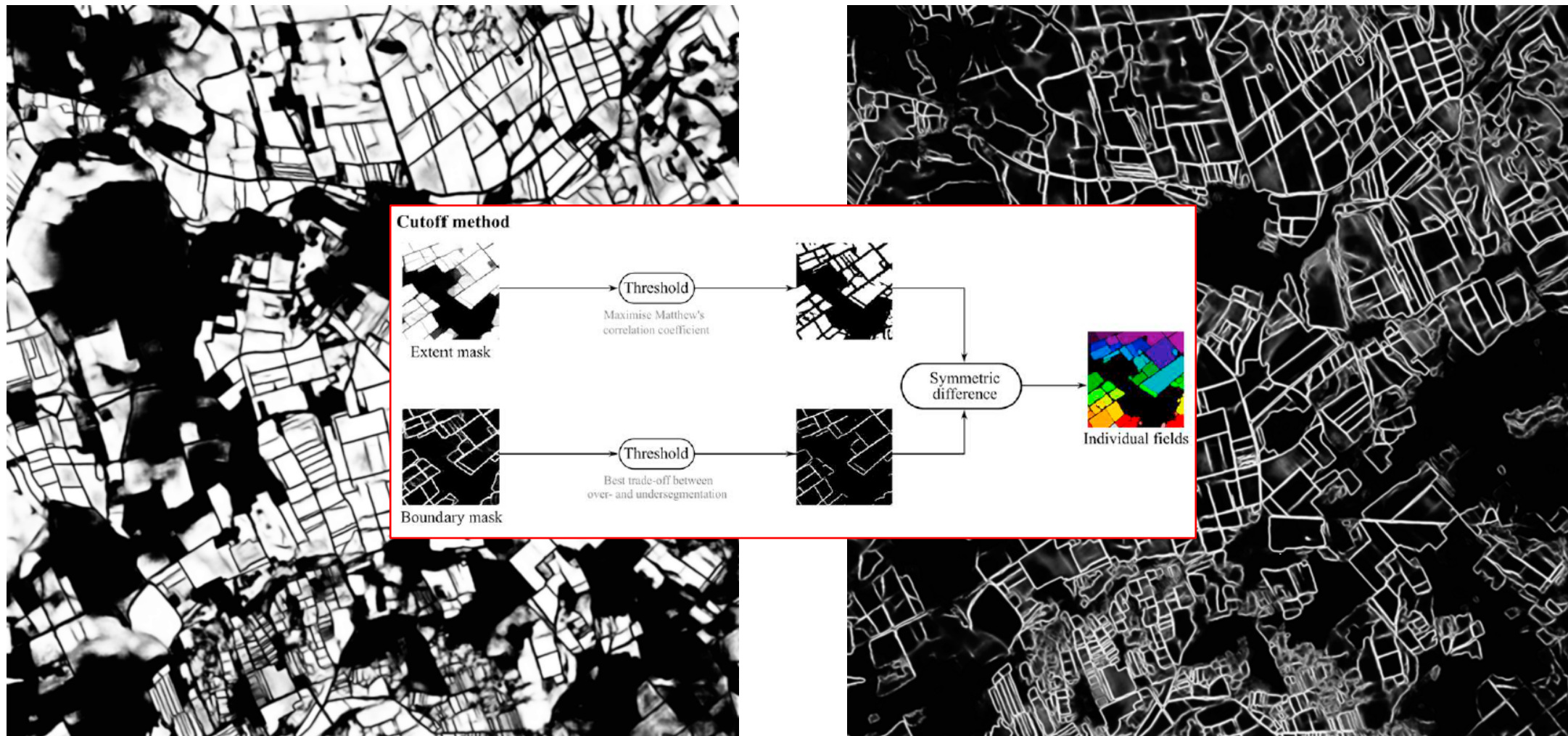


Pontosság: 87,9%



Pontosság: 87,8%

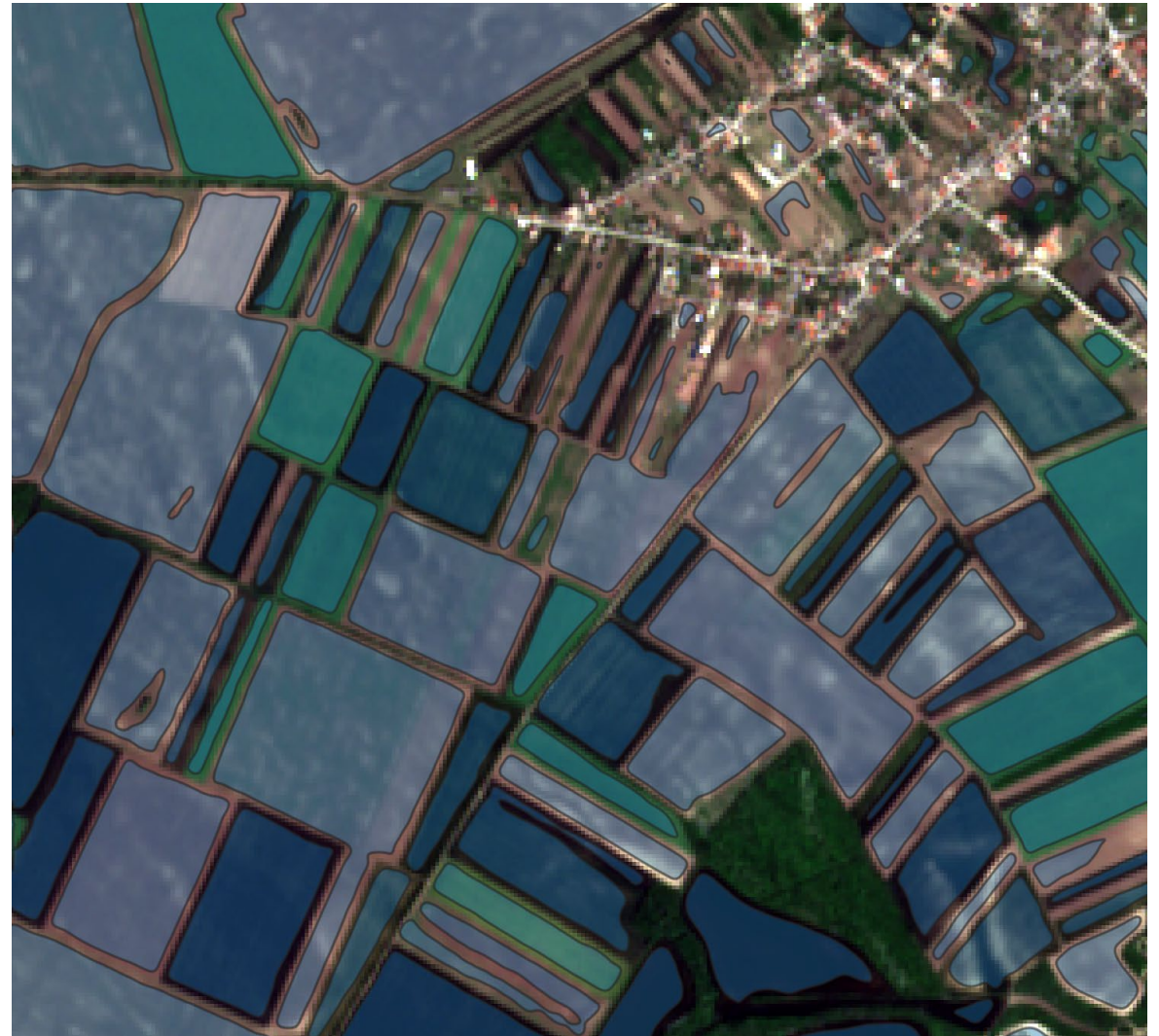
A tanítás kiértékelése a betanított modellel



Predicted extent

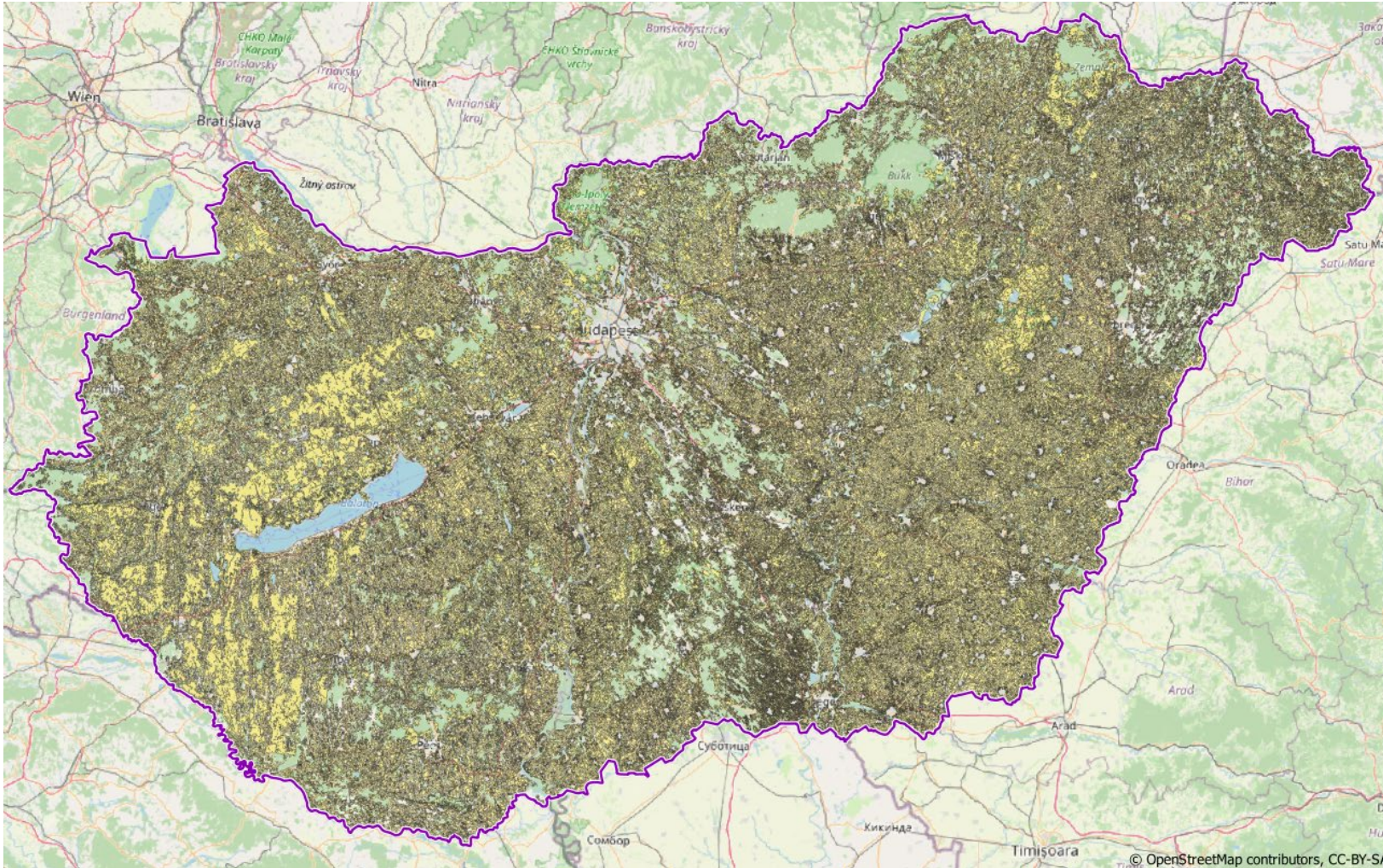
Predicted boundary

A tanítás kiértékelése a betanított modellel



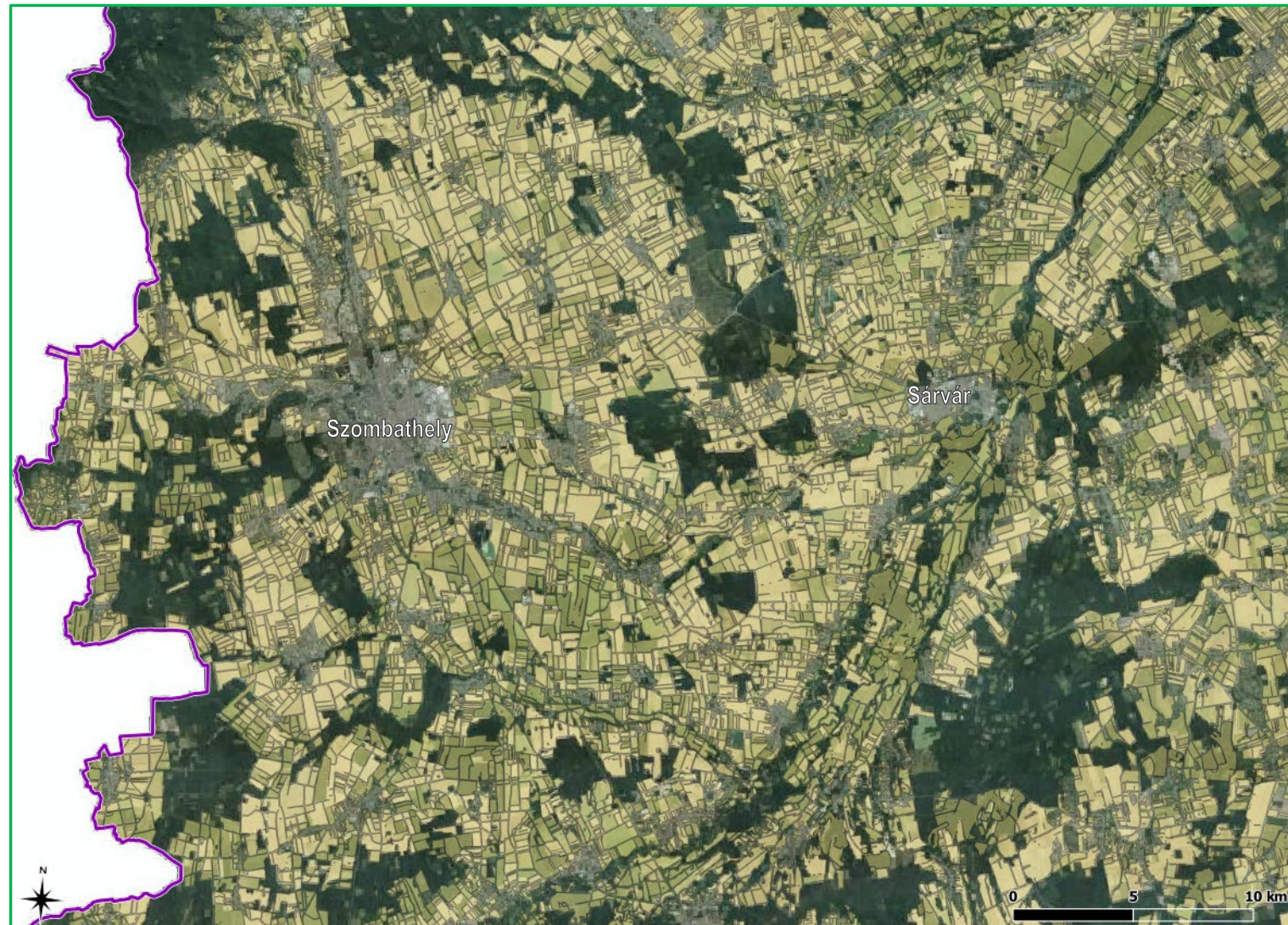
2021.05.09.

Az országos eredmény



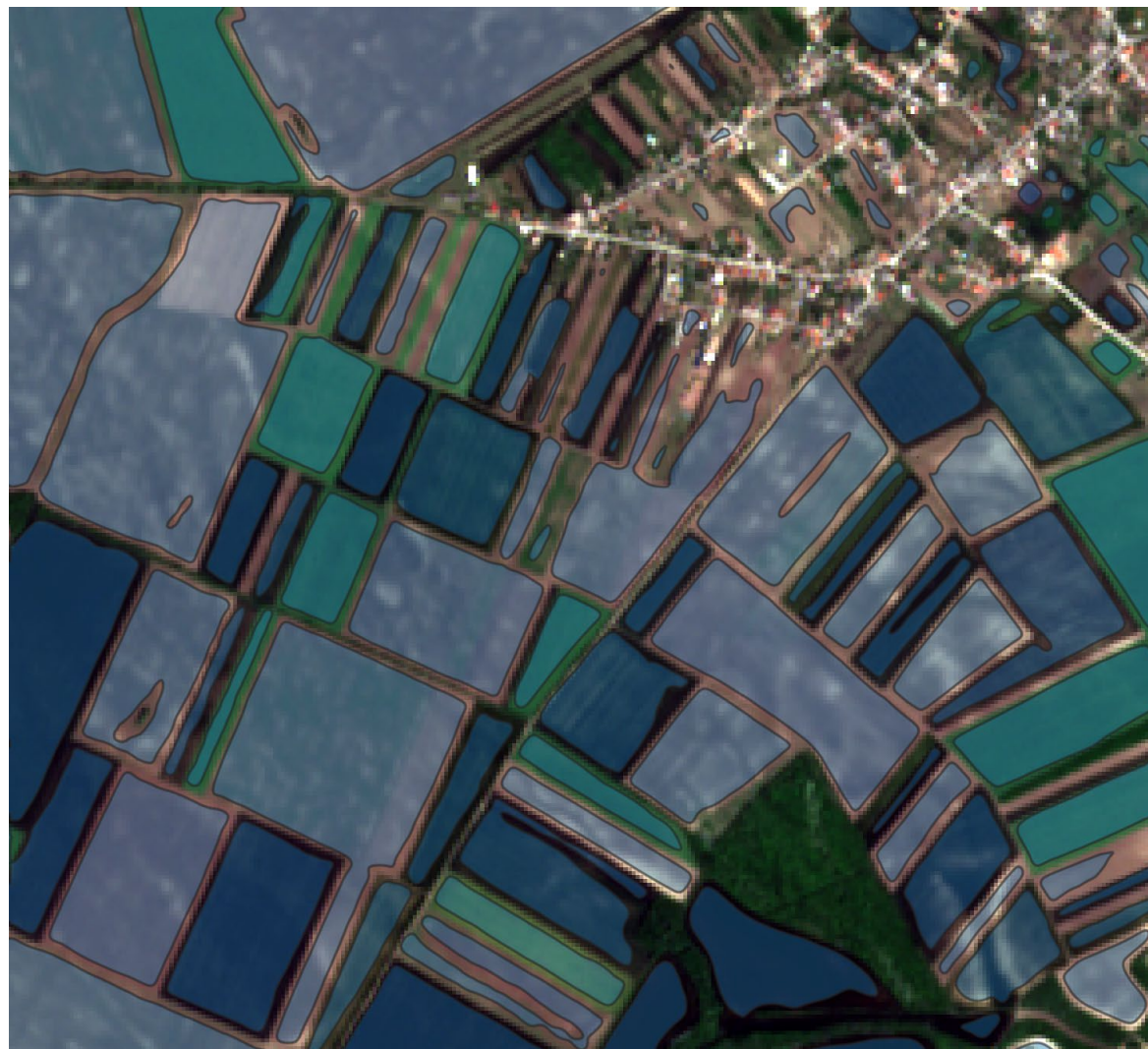
- Kiértékelés 2021-es Sentinel-2 képeken
- Kevés felhőmentes kép
- 2021.03.03. - 2021.05.11.
- A nyugati országrész felhős

Mintaterületek



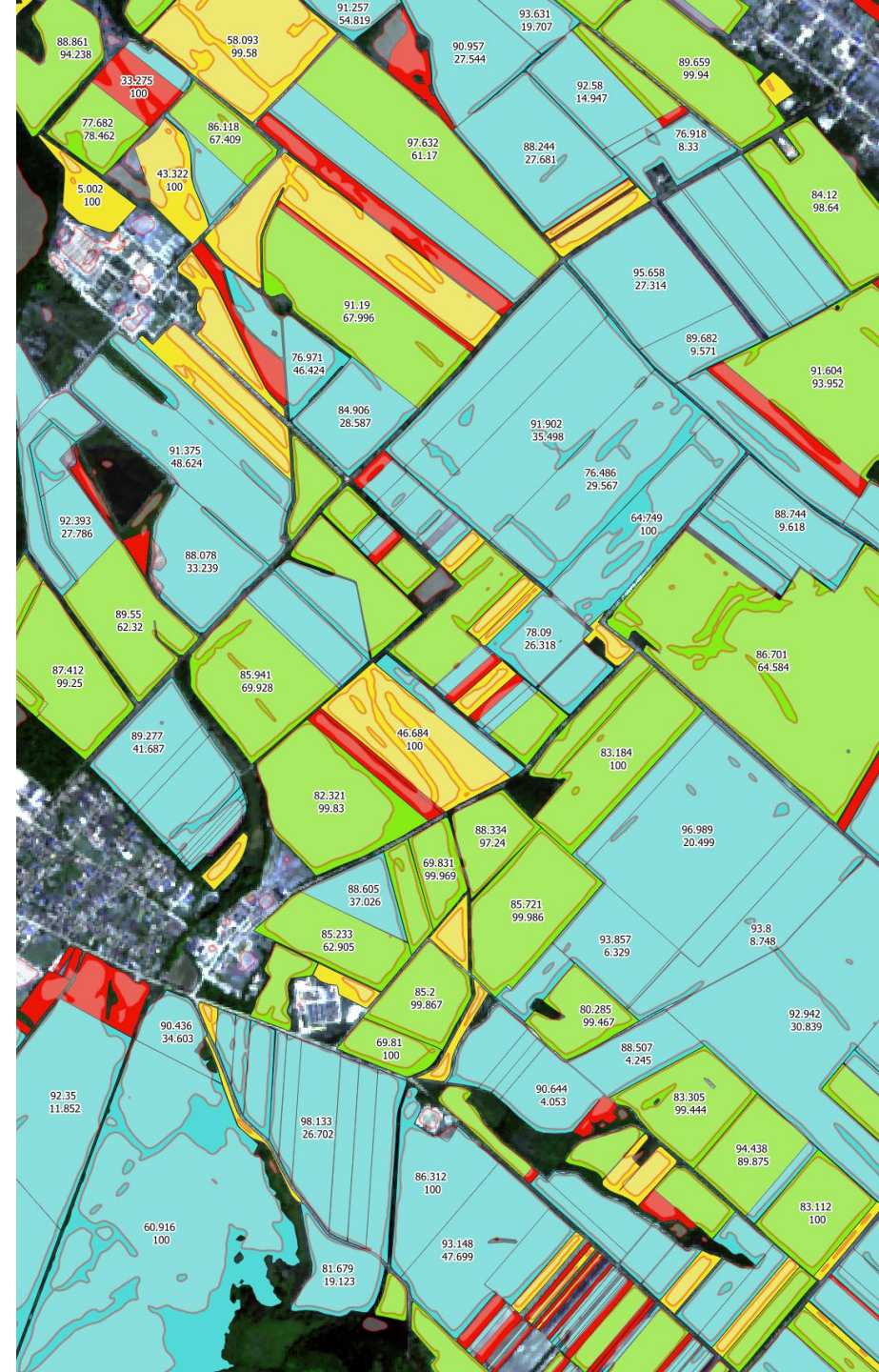
Eredmények: parcella lehatárolás

- A januártól májusig terjedő időszak elég ahhoz, hogy a parcellahatárokat meghatározzuk
- A parcellán belüli határokat jól megtalálja a rendszer, akár mesterségesek, akár természetesek
- A képek felbontása (10 m) miatt a legkeskenyebb parcellák körvonala zajos
- Negatív buffer a parcellák körül



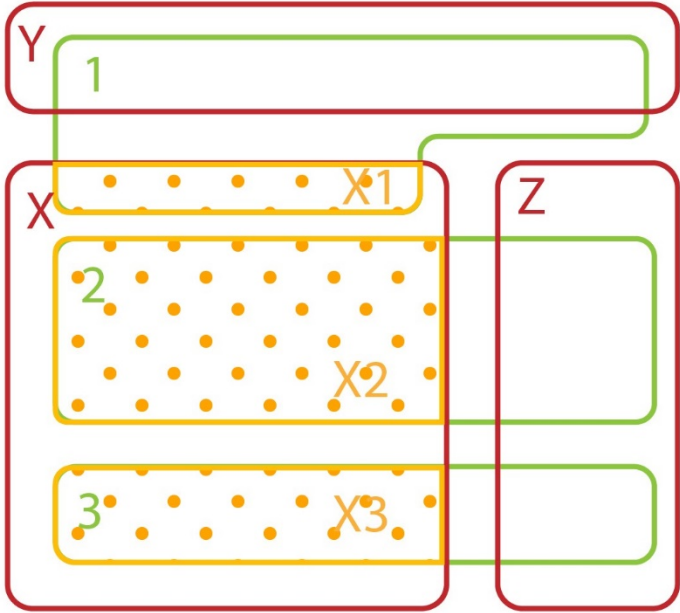
Kölcsönös megfeleltetés igényelt és műholdas körvonal között

- Alapesetben egy gazdarajzhoz pontosan egy, jól azonosítható műholdas körvonal poligon tartozik
- Ettől való eltérést okozhat
 - Egybeművelés
 - Kettéművelés
 - Gazdarajz hiba
 - Műholdas rajz hiba



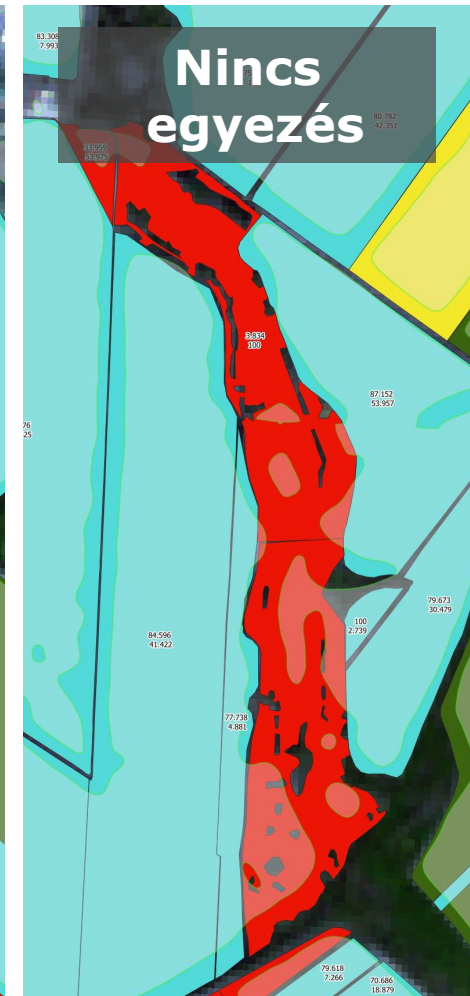
Hogyan találjuk meg ezeket az eseteket?

- Minden gazdarajzhoz lekérdezzük az összes műholdas körvonal poligont, amellyel metszésben van
- Kiszámítjuk a metszett területek arányát
 - A gazdarajz területéhez
 - Az adott műholdas körvonal területéhez

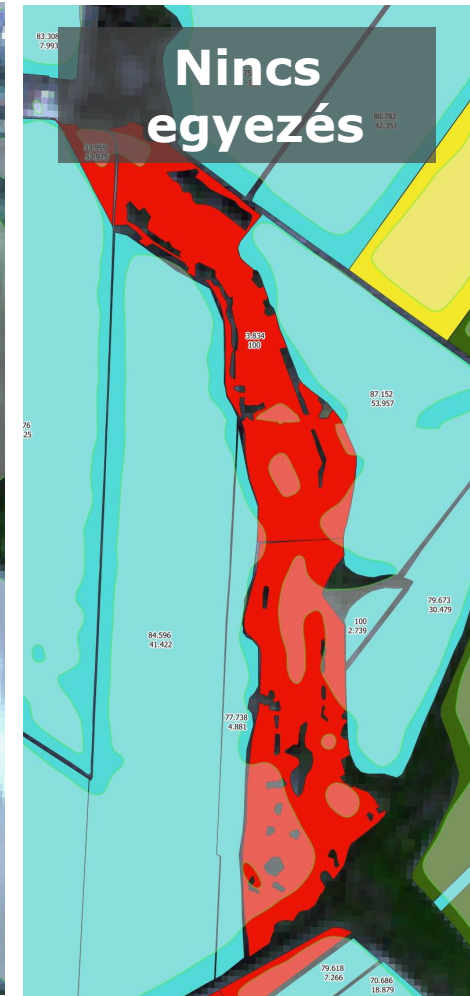


			>60%	>60%	Type
X	X1 AX1	AX1/AX	N	N	N
		AX1/A1			
	X2 AX2	AX2/AX	Y	Y	C
		AX2/A2			
	X3 AX3	AX3/AX	N	Y	U
		AX3/A3			

Kölcsönös megfeleltetés esetei

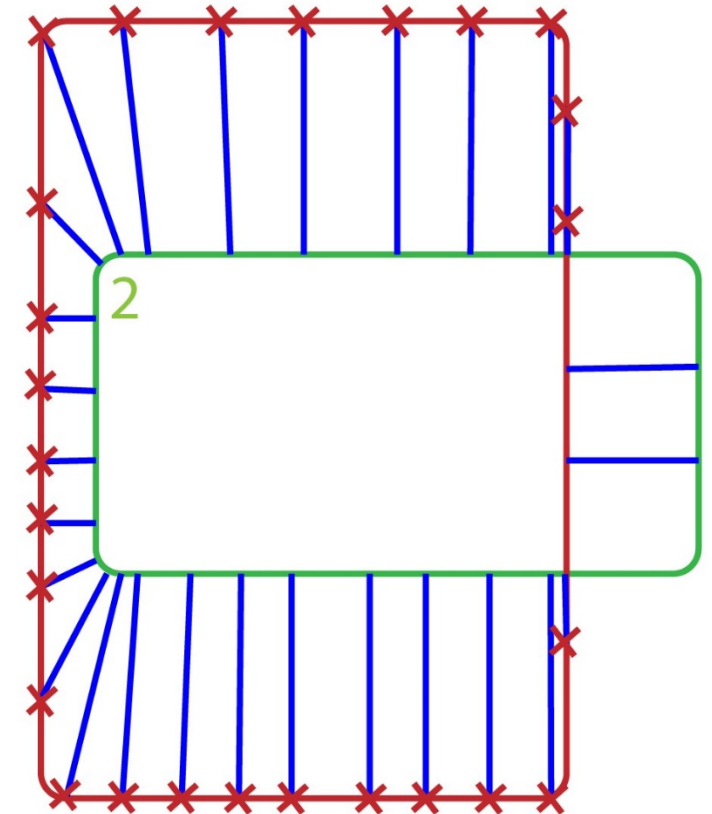


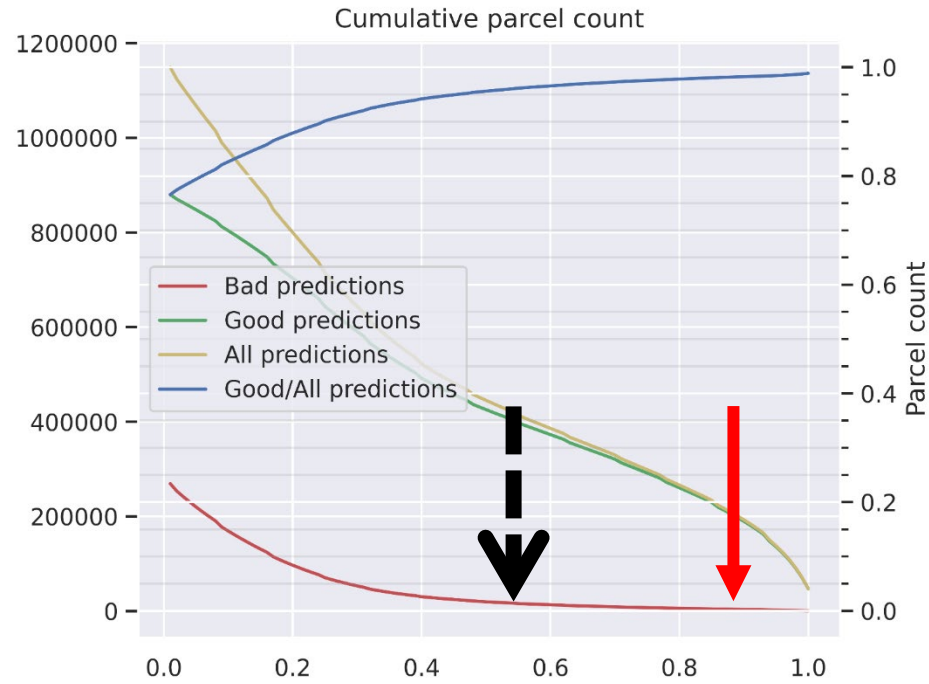
Kölcsönös megfeleltetés esetei



A gazdarajz hibájának kiértékelése match esetén

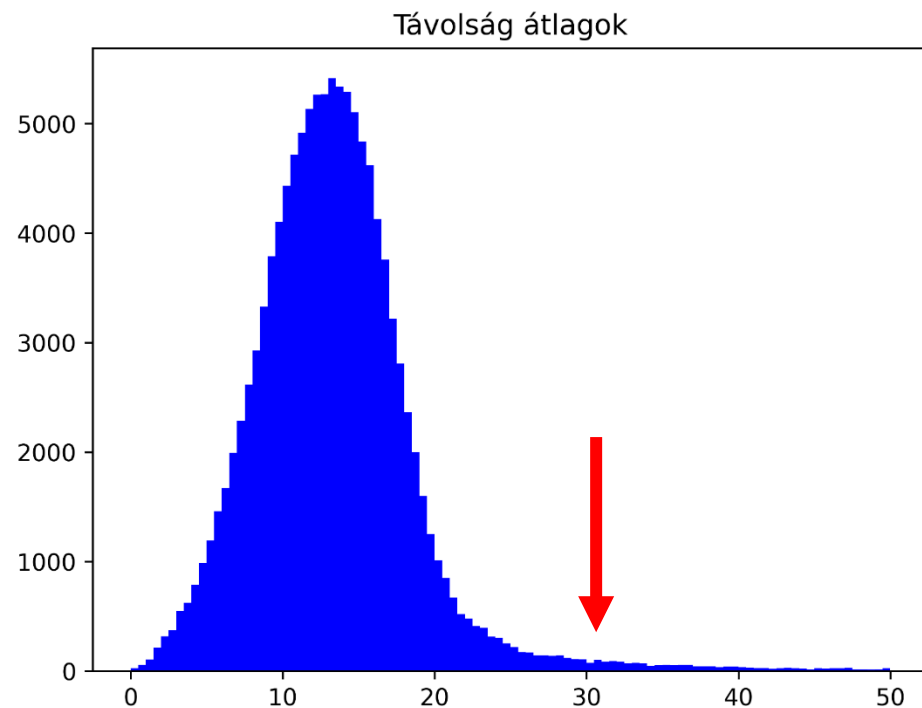
- Ha megvan az egyezés
- A cél:
 - hogy számszerűsítsük, mennyire tér el a gazdarajz a műholdas körvonalról
 - Azonosítsuk a hiba típusát (szegmens hiba, eltolás)
- Ehhez a sűrített gazdarajz vertexek és a műholdas körvonal távolságainak átlagát, szórását, 90-es percentilisét használjuk





Eredmények: értesítés szabályok

- Növény osztályzás: ha már levélen volt, akkor 0.55-ös bizonyosság fölött, ha nem volt más miatt levélen, akkor 0.9-es bizonyosság fölött
- Parcella határ: sikeres egyezés, 30 m fölötti átlag távolság



Speciális körülmények ebben az évben

○ Időjárás

- Kb. két hetet késik a növényzet az ilyenkor szokásos fejlődéshez képest (április-május)
- Szokatlanul felhős idő májusban

○ COVID

- Több a szokásosnál a pontatlan parcellarajz, a gazdák kevésbé találkoznak a falugazdászokkal



Késéssel fejlődnek a növények a szokatlan hideg miatt



Szabó Bea
meteorológus

🕒 2021. május 30. 10:27 | Frissítve: vasárnap 9:03

Két héttel le van maradva a növényvilág a fejlődésben az ilyenkor megszokotthoz képest.

Több hetes lemaradással kell számolniuk a magyar növénytermesztőknek. Csapadék ugyan bőségesen jutott a szántókra, de a hideg idő nem kedvezett a termőföldeknek. Az elmúlt hetekben az átlaghoz képest **3-5 fokkal hidegebb volt** a napi középhőmérséklet.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat **agrometeorológiai elemzése** szerint a hűvös idő miatt növényeink fenológiai fázisai mintegy **két héttel le vannak maradva** az ilyenkor szokásostól. A túlzottan alacsony hőmérséklet leginkább a **napraforgó és kukorica fejlődésében** okozott lemaradást. A gyomok viszont a sok csapadék miatt elszaporodtak, mely újabb problémákat vet fel a gazdák számára.

A hűvös, csapadékos idő a **gyümölcsstermesztésben is károkat okoz**, sok termés megbetegedett a május folyamán.

A közeljövőben nem, de **jövő hét második felétől már van remény a változásra**, az előrejelzési modellek friss adatai szerint [tartós felmelegedés kezdődik](#).



Fotók: Géczli Roland



További kutatási területek

- Kis parcellák hatása az osztályzás pontosságra
- MI alapú osztályzás hatása a pontosságra
- Parcella határ kiértékelés indexek beállításai
- Részletesebb műholdfelvételek alkalmazása a parcella lehatárolásban



ULYSSYS

Összefoglalás

- Sikeres előzetes ellenőrzés pilot futtatás 2021-re
 - A keskeny parcellák és a koregisztráció jelentik a legfontosabb hibaforrást
 - A fuzzy feldolgozás és az illeszkedés kiértékelése lehetővé teszi a leghibásabb parcellák azonosítását
- A gazdák többsége sikeresen módosított az értesítés nyomán, így megmaradt a támogatásra való jogosultsága

zlinszky.andras@ulyssys.hu