



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

**HABILITÁCIÓS
TÉZISFÜZET**

**VERŐNÉ DR. WOJTASZEK MALGORZATA (EGYETEMI
DOCENS)**

**Műholdas távérzékelés alapú
adatnyerés a természeti erőforrások
fenntarthatóságának támogatására**

**BIZTONSÁGTUDOMÁNYI
DOKTORI ISKOLA**

Budapest, 2025. 06. 25.



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

HABILITÁCIÓS TÉZISFÜZET

Tartalom

1.	Bevezetés és a kutatás előzményei.....	3
2.	Új tudományos eredmények.....	11
3.	A kutatás és a bemutatott eredmények hatása, visszhangja....	34
4.	Irodalmi hivatkozások listája	38
5.	A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények	43
6.	További tudományos közlemények	46

**BIZTONSÁGTUDOMÁNYI
DOKTORI ISKOLA**

Budapest, 2025. 06. 25.

1. Bevezetés és a kutatás előzményei

A 21. században a társadalmak számos komplex és egymással összefonódó globális problémával néznek szembe, mint például a népességnövekedés, a gyors urbanizáció, a természeti erőforrások túlhasználata, az éghajlatváltozás, valamint az extrém időjárási események gyakoriságának növekedése. E kihívások kezeléséhez megbízható, naprakész, helyhez kötött információkra van szükség, amelyek előállításában a távérzékelés kulcsfontosságú szerepet tölt be.

A műholdas és légi távérzékelés lehetőséget nyújt a földfelszín rendszeres, objektív és kvantitatív megfigyelésére. A távérzékelési technológiák nemcsak a környezeti, hanem a gazdasági és biztonsági döntések megalapozásában is egyre fontosabb szerepet kapnak – a városfejlesztéstől kezdve az élelmezésbiztonságig. A távérzékelés tehát nem csupán technológiai újítás, hanem stratégiai jelentőségű információforrás, amely nélkülözhetetlen a fenntartható fejlődési célok eléréséhez és az adatvezérelt döntéshozatalban.

Kiemelten fontos ez a gyors ütemű városnövekedés által érintett térségekben, ahol a felszínborítás és földhasználat [19], a zöldterületek aránya (Pham, 2024; Agustiyara, 2025) [20] a vízháztartás vagy az antropogén hatások állandó nyomon követése (Lynch et al., 2020) elengedhetetlen a fenntartható várostervezéshez (Zhou et al., 2014; Weng, 2012). A városi hősziget-hatás (Almeida et al, 2021, Wang et al., 2022), a légszennyezés és a felszíni vízelvezetés problémái mind jól monitorozhatók távérzékelte adatok segítségével (Voogt - Oke, 2003).

A mai mezőgazdaságot súlyos kihívások érik: a növekvő népesség élelmiszerigénye mellett csökken a művelhető terület, miközben a talajdegradáció és a klímaváltozás (aszályok, heves esőzések) tovább nehezítik a fenntartható termelést (FAO, 2017; IPCC, 2021). Az élelmiszerbiztonság és a fenntartható földhasználat így központi célokká váltak.

A mezőgépesítés 2.0 korszakában a termelés intenzifikálása – főként a műtrágya- és vegyszerhasználat révén – környezeti problémákhoz vezetett (Tilman et al., 2002). A 20. század végére nyilvánvalóvá vált, hogy a

termelés növelése csak technológiai innovációval és az erőforrások hatékonyabb használatával lehetséges. A 3.0–5.0 technológiai forradalmak (precíziós, smart és robotizált gazdálkodás) már nemcsak fejlett gépeket jelentenek, hanem egy olyan digitális agrárrendszert is, amely az adatgyűjtésre, -elemzésre és döntéstámogatásra épül, elősegítve az erőforrások optimális használatát és a környezettudatos gazdálkodást.

A precíziós mezőgazdasági technológiák bevezetéséhez és eredményes alkalmazásához elengedhetetlen egy korszerű, naprakész szántóföldi információs rendszer kialakítása, amely adatokat szolgáltat a talajról, a termesztett növények állapotáról és fejlődéséről (Sishodia et al., 2020), [17]. Ezek az adatok pl. a hozam-előrejelzést (Kaur, 2023), a káresemények (aszály, árvíz) gyors felismerését és értékelését (Atzberger, 2013), [3]. segíthetik.

A távérzékelés kiemelkedően hatékony eszköz a földfelszín aktuális állapotának felmérésére, földhasználat és a változások követésére [21], valamint az ok-okozati összefüggések vizsgálatára. Az ilyen adatokból származó

tematikus információk előállítása és integrálása ma már technikailag megoldott, azonban a technológia fejlesztésével járó változások az adatelemzés területén is folyamatos fejlesztést igényel (Eko et al., 2024). A hatékony döntéstámogatáshoz szükség van gépi tanulási algoritmusokra, adatfúzióra (UAV, in-situ, műhold), valamint valós idejű feldolgozást biztosító eszközökre. Ezek a fejlesztések kulcsfontosságúak ahhoz, hogy a nyers adatokból hasznos, a fenntartható gazdálkodást támogató információ szülessen.

1.1 Kutatásom szakterületei

Több mint három évtizedes kutatói pályám során a távérzékelte adatok elemzésével, a különböző forrásból származó adatok integrálásával és gyakorlati alkalmazásával foglalkoztam. Olyan módszerek és modellek fejlesztésére összpontosítottam, amelyek tematikus információt szolgáltatnak a döntéshozók számára. Fő kutatási területem a távérzékelés, különös tekintettel annak agrár- [18] és városökológiai alkalmazásaira [9]. Eredményeim – melyeket a tézisfüzet részletesen bemutat – hozzájárulnak a természeti

erőforrások fenntartható használatához, az agrártermelés optimalizálásához, valamint élelmiszerbiztonság növelése és a környezetterhelés csökkentésének egyidejű elősegítéséhez. A klímaváltozás fokozódó hatásai miatt a hozamváltozások és a termelési kockázatok mérséklése kiemelt fontosságúvá vált; ehhez nyújtanak alapot a fejlesztett távérzékelési módszerek [7, 19]. Az ismertetésre kerülő kutatási eredmények innovatív lehetőségeket kínálnak döntéstámogató rendszerek fejlesztéséhez, különösen a kockázatelemzés és a monitoring területén.

A következőkben – a tézisek tematikájához igazodva – bemutatom három fő kutatási területet, amellyel foglalkozom és azok előzményeit.

1.1.1 Talajnedvesség becslés távérzékelési módszerekkel

Az első kutatási téma és a hozzá kapcsolódó tézisek a távérzékelés-alapú talajnedvesség-becslésre vonatkoznak. Több mint öt évig tartó kutatásom célja annak feltárása volt, hogy a távérzékelési adatok miként alkalmazhatók a talajnedvesség változékonyságának térképezésére,

különös tekintettel a táblán belüli variabilitásra [13, 14]. A vizsgálatokat közel 500 hektárnyi, különböző domborzati és talajtani adottságokkal rendelkező mezőgazdasági területen végeztem. A kutatás részeként terepi talajnedvesség-méréseket is végeztem, amelyeket referenciaadatként használtam a statisztikai elemzésekhez [11].

Az űrfelvételekből levezetett indexek (Aaronm et al., 2022) és modellek (OPTRAM, Sadeghi, 2015) értékei, valamint a terepen mért talajnedvesség-adatok közötti összefüggéseket regresszioanalízissel vizsgáltam. Az optikai trapézmodellt (OPTRAM) nemcsak lokális, hanem regionális szintű vizsgálatokhoz is alkalmaztam. [5, 17].

1.1.2 Táblán belüli heterogenitás térképezése

A precíziós mezőgazdaság célja a termelés optimalizálása és a környezeti terhelés csökkentése a mezőgazdasági inputanyagok (pl. műtrágya, növényvédő szer, víz) célzott felhasználásával (Mulla, 2013). Ehhez elengedhetetlen a táblán belüli heterogenitás feltérképezése és menedzsment zónák kialakítása, amelyek helyspecifikus beavatkozásokat tesznek lehetővé (Zarco-Tejada et al.,

2014; Li et al., 2020). A távérzékelés hatékonyan támogatja a zónák kialakítását, különösen multitemporális elemzések révén [5, 9]. Az adatok osztályozása és a gépi tanulás alapú modellezés segíthet a robusztus zónahatárok meghatározásában (Kitchen et al., 2005; Tian et al., 2021).

Kutatásaim célja olyan módszerek fejlesztése volt, amelyek alkalmasak a táblán belüli variabilitás térképezésére. Ennek során pixel- és objektumalapú osztályozást, valamint felügyelt (MINDIST, k-NN, fuzzy) és nem felügyelt algoritmusokat is alkalmaztam [8]. A vizsgálat vegetációs és vegetációmentes időszakokra is kiterjedt, feltárva a talajheterogenitás és a növényfejlődés összefüggéseit. A cél egy skálázható, megbízható térképezési eljárás kidolgozása volt a precíziós gazdálkodás támogatására.

1.1.3 A városi felszínborítás osztályozásának módszertani kérdései

Kutatásom célja a városi felszínborítás pontos és hatékony térképezésének módszertani megalapozása volt, különös tekintettel a különböző távérzékelte adatok integrálására és az osztályozási eljárások összehasonlítására. A

vizsgálatok során nagy- és szupernagy felbontású műholdképek, ortofotók és LIDAR-alapú magassági adatok integrálásával dolgoztam, lehetővé téve a spektrális, geometriai és magassági jellemzők együttes kiaknázását.

Az osztályozás során pixelalapú és objektumalapú megközelítéseket alkalmaztam, és többféle algoritmus eredményességét vizsgáltam egységes inputadatok mellett, valamint különféle adatintegrációs stratégiák alkalmazásával. A szegmentálási lépések módszertani finomítása és a paraméterek optimalizálása kiemelt szerepet kapott, mivel ezek jelentősen befolyásolják az objektumalapú osztályozás hatékonyságát. Emellett hierarchikus osztályozási megközelítések alkalmazásával azonosítottam a skálafüggő jellemzők szerepét az osztályozás pontosságának növelésében.

Az eljárásokat a városi beépítettség térképezésére, a zöld- és mesterséges felszín arányának meghatározására, valamint a felszínborítás kategóriáinak tematikus osztályozására alkalmaztam. Az eredmények rámutattak arra, hogy az adatforrások integrálása és a módszertanilag

megalapozott osztályozás kulcsfontosságú a városi környezet tematikus térképezési pontosságának javításában.

2 Új tudományos eredmények

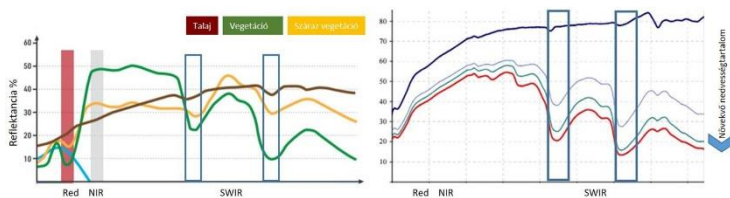
2.1 Távérzékelés-alapú talajnedvesség becslés (1. és 2. tézis)

2.1.1 A kutatások előzményei, részletes ismertetése

A talajnedvesség alapvetően befolyásolja a növények anyagcseréjét, különösen a fotoszintézist és a tápanyagfelvételt, így közvetlen hatással van a hozamra és a növényi stressztűrésre. Az aszályos időszakok gyakoribbá válása miatt a talajnedvesség térbeli és időbeli változékonyságának pontos térképezése kiemelt jelentőségű a növénytermesztésben, a fenntartható vízgazdálkodás és a célzott öntözés szempontjából (Milics, 2021).

A távérzékelésen alapuló módszerek lehetőséget nyújtanak a talajnedvesség és a növényzet vízellátottságának térképezésére. Az eljárások azon a

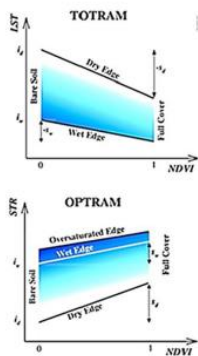
fizikai elven alapulnak, hogy a felszíni objektumok eltérő spektrális tulajdonságokkal rendelkeznek (Ravi, 1991; Lillasand et al., 2007;), ami szoros kapcsolatban áll biofizikai állapotukkal, így például a stresszhatásokkal vagy a vízhiánnyal (1. ábra). Kutatási eredmények és gyakorlati tapasztalatok alapján meghatározhatók azok a spektrumtartományok, amelyekben a vízellátás hatása legjobban detektálható (Haubrock et al., 2008).



1. ábra Zöld és száraz növényzet, valamint különböző nedvességtartalmú talajminták reflektancia görbéi.

Földfelszín nedvesség becslési eljárások legtöbbször a látható, közeli- és közép infravörös tartományokon alapulnak. Ezekben a tartományokban készült sávok kombinációiból számított vegetációs és vízindexek pl. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), NDWI (Normalized Difference Water Index), RDVI

(Renormalized Difference Vegetation Index), NDDI (Normalized Difference Drought Index) alkalmazása lehetővé teszi a vízhiány és a biomassza-változás monitorozását, számszerűsítését (Gu et al., 2007). A legegyszerűbb indexalapú módszerek mellett komplexebb modellek is kifejlesztésre kerültek. Ilyen a trapéz- vagy háromszögmodell, amely az optikai és hőmérsékleti adatok együttes értelmezésén alapul. A TOTRAM (Thermal-Optical Trapezoid Model) modell a talajfelszíni hőmérséklet és vegetációs index értékek alapján határozza meg a felszíni talajnedvességet. Ennek továbbfejlesztett változata, az OPTRAM (Optical Trapezoid Model), (Sadeghi et al., 2015). A modell paraméterei és a talajnedvesség közötti összefüggés matematikai leírását a 2. ábra mutatja.



$$STR_d = i_d + s_d NDVI$$

$$STR_w = i_w + s_w NDVI$$

where STR_d and STR_w are the STR at θ_d and θ_w

θ_d : local minimum dry soil moisture content

θ_w : local maximum wet soil moisture content

$$W = \frac{i_d + s_d NDVI - STR}{i_d - i_w + (s_d - s_w) NDVI}$$

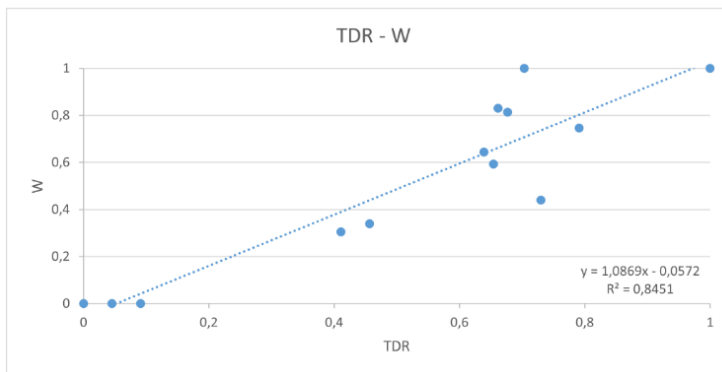
where i_d , s_d , and i_w , s_w are dry and wet edges parameters.

2. ábra TOPTRAM és OPTRAM modell elméleti háttere (szerkesztve Sadeghi et al., 2015 alapján)

Kutatásom során a talajnedvesség térképezésének lehetőségeit vizsgáltam mintegy 500 hektár szántóterületen. Az in situ talajnedvesség mérések és a távérzékelés alapú indexek, indikátorok értékei közötti összefüggések vizsgálatát statisztikai módszerekkel végeztem (3. ábra). Az in situ mintavételi pontokat táblán belüli zónák szerint választottam ki műholdas, domborzati és talajtani adatok alapján.

A kutatás regionális léptékű vizsgálatokra is kiterjedt, ahol az OPTRAM modellt meteorológiai állomások és talajnedvesség-érzékelők adatainak felhasználásával validáltam. A terepi és laboratóriumi vizsgálatok igazolták

a modell alkalmazhatóságát a talajnedvesség variabilitás térképezésében, és hozzájárulhatnak a precíziós öntözés és aszálymonitoring fejlesztéséhez.



3. ábra OPTRAM és a terepi talajnedvesség mérések közötti összefüggés (példa)

2.1.2 A kutatásokhoz kapcsolódó tézisek

1.TÉZIS:

Távérzékelés alapú egyszerű spektrális indexek alkalmasak a talajnedvesség térbeli és időbeli variabilitás kimutatására és változásainak követésére, de becslési pontosságuk nem elegendő a precíziós öntözés operatív tervezéséhez.

A talajnedvesség távérzékelés-alapú térképezése során gyakran alkalmazott két spektrális sávon alapuló vegetációs és nedvesség- vagy vízindexek (pl. NDVI, NDWI, NDMI, SAVI)* használata egyszerű és napra kész információt biztosít, azonban ezek becslési pontossága in situ adatokkal összevetve korlátozott ($R^2 \approx 0,50\text{--}0,60$). A statisztikai elemzések több száz mérési ponton, különböző talajtani adatságú szántó területeken és eltérő időjárási körülmények között végzett vizsgálatok alapján azt mutatják, hogy e módszerek önmagukban nem alkalmasak precíziós öntözési döntések támogatására. Ugyanakkor alkalmasak hosszú távú trendek és vegetáció-állapotbeli eltérések (pl. vízstressz) nyomon követésére, így a mezőgazdasági monitoring eszköztárának fontos elemei lehetnek.[1,3,4]

**NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), NDWI (Normalized Difference Water Index), NDMI (Normalized Difference Moisture Index), SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index)*

2. TÉZIS:

A komplex optikai távérzékelési modellek (pl. OPTRAM, VISDI) alkalmazásával a talajnedvesség térbeli és időbeli változékonyság nagy pontossággal becsülhető, így alkalmasak precíziós gazdálkodási döntéstámogatásra.

A hagyományos indexalapú becsléseknél lényegesen jobb eredmények érhetők el komplex modellek alkalmazásával, amelyek a látható (VIS), közeli (NIR) és közép infravörös (SWIR) tartomány információit együttesen használják fel. Az OPTRAM* és VISDI* modellek értékei és terepen végzett talajnedvesség mérések közötti összefüggés erőségét mutató R^2 értékei – különböző időpontok és területek esetén - a 0,76–0,85 közötti tartományba esnek, ami bizonyítottan magasabb becslési pontosságot eredményez. Ezek a modellek különösen alkalmasak a táblán belüli eltérések feltárására, így értékes eszközök lehetnek a helyspecifikus vízgazdálkodási beavatkozások tervezésében. Az OPTRAM modell kiemelkedik a vizsgált módszerek között, a gyakorlatban is jól paraméterezhető és megbízható eredményeket nyújt. [1,2]

**OPTRAM (Optical TRapezoid Model), VISDI (Visible and Shortware Infrared Drought Index)*

2.2 Táblán belüli heterogenitás térképezése a precíziós gazdálkodás támogatására (3. tétel)

2.2.1 A kutatások előzményei, részletes ismertetése

A precíziós mezőgazdaság egy adatvezérelt gazdálkodási rendszer, amely a talaj, a növényállomány és a környezeti tényezők térbeli és időbeli változékonyságának mérésén alapul (Nyéki, 2021), [15, 16]. Az ilyen típusú adatgyűjtés és -elemzés célja a szántóföldi növénytermesztés hatékonyságának növelése és a termelési inputok optimalizálása [7, 11, 18]. A termést befolyásoló, változékonnyá agronómiai tényezők mérését és térképezését egyre gyakrabban távérzékelési technológiákkal végzik. A távérzékelés előnye, hogy lehetővé teszi a nagy területek gyors, részletes (pixelenként) vizsgálatát, miközben pontos adatokat szolgáltat a vegetáció és a talaj állapotáról és alkalmas a növényeket érő környezeti stresszhatások –

például vízhiány, tápanyaghiány vagy betegségek – kimutatására. [11, 15].

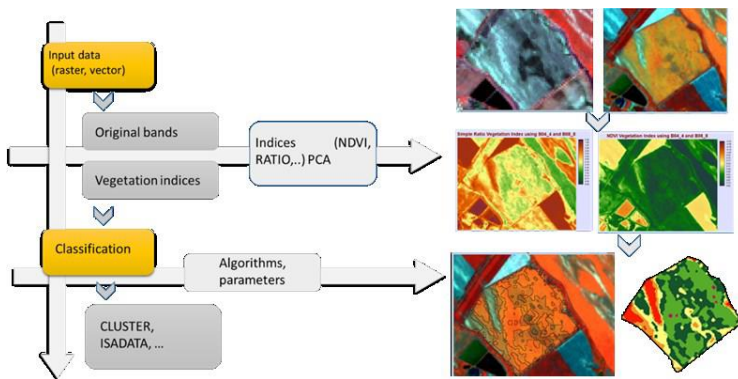
A precíziós mezőgazdaság koncepciója világszerte terjed, mint olyan rendszer, amely egyesíti a jövedelmező gazdálkodást a környezeti fenntarthatósággal és az élelmiszerbiztonsági követelményekkel.

Kutatásaim olyan módszertani fejlesztések kidolgozására irányultak, amelyek alkalmasak a táblán belüli variabilitás hatékony térképezésére nagyfelbontású távérzékelte adatok felhasználásával. Ennek érdekében két osztályozási megközelítést alkalmaztam: a hagyományos pixelalapú eljárást, és az objektumalapú képanalízist (OBIA: Object-based Image Analysis). A feldolgozás egyes szakaszaiban az eredeti sávok mellett vegetációs indexeket is alkalmaztam. A táblán belüli térképezés módszertanának fejlesztése során az automatikus és a tanítás-alapú (MINDIST, k-NN, fuzzy logikai) eljárásokat is bevontam a zónahatárok (homogin területek) meghatározásához.

Tanulmányaimban a táblán belüli heterogenitás térképezését végeztem vegetációs és vegetációmentes időszakokban. Az eltérő termőképességű zónák

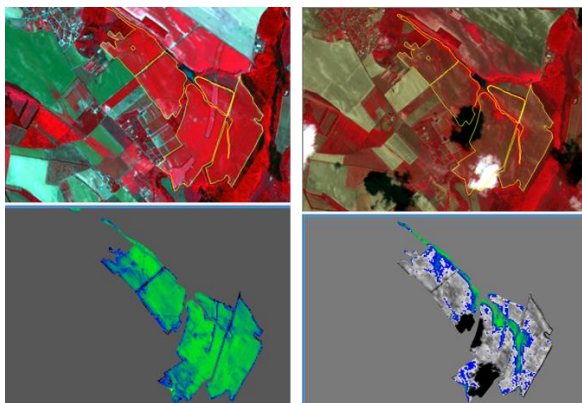
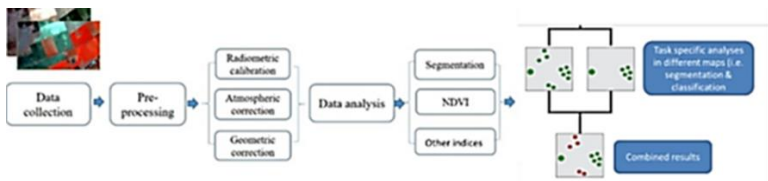
azonosításán túl multitemporális felvételek elemzésével azt is vizsgáltam, hogy a talaj heterogenitása milyen hatással van a növényállomány fejlődésére.

A táblán belüli osztályozás elvégezhető tanítás-alapú (felügyelt) és tanítás nélküli (felügyelet nélküli) módszerekkel is. Vizsgálataim alapján megállapítható, hogy az automatikus (nem felügyelt) eljárások a legtöbb esetben megfelelő eredményt adnak [3, 8] – például a termőképesség-térképezés, a stresszhatások vagy a fejlődési anomáliák detektálása esetén (4. ábra). A képfeldolgozó algoritmus kiválasztását és paraméterezését követően kizárólag a spektrális információk alapján történik a kategóriák kialakítása. A felhasználó meghatározhatja a kimeneti osztályok számát és az osztályokon belüli spektrális szórás határait. Ezeknél az eljárásoknál az osztályozást megelőzően nincs szükség referenciaadatokra, azonban a spektrális kategóriák tematikus kategóriákkal való megfeleltetéséhez szaktudásra, és bizonyos esetekben terepi mérésekre is szükség lehet.



4. ábra. Táblán belüli térbeli variabilitás térképezésének folyamatábrája felügyelet nélküli osztályozási módszerekkel.

Tanulmányaimban műholdas (Sentinel2) felvételeket alkalmaztam a termesztett növényállomány térbeli és időbeli változásának nyomonkövetésére aszályos (2022 évi) és nem aszályos időszakokban. Az elemzést tanítás-alapú osztályozási eljárással végeztem. A felvételek egyes sávjaiból számított vegetációs indexek statisztikai kiértékelése lehetővé tette a növényfejlődésben mutatkozó eltérések detektálását, amelyek a talaj termőképességére és vízellátottságára, különösen az aszály-hatásokra vezethetők vissza. Az 5. ábra szemlélteti az aszály hatását a kukorica fejlődésére.



5. ábra. 2022.06.21-én és 2022.28.07-én készült Sentinel2 felvételek és tanítás-alapú eredmények. A 0,35-nél nagyobb NDVI-értékkel rendelkező területek színnel vannak jelölve.

2.2.2 A kutatásokhoz kapcsolódó tézis

3.TÉZIS:

Táblán belüli heterogenitás térképezése automatikus és hibrid osztályozási módszerekkel a precíziós gazdálkodás támogatására

Az automatikus osztályozási módszerek – például a klaszterezés vagy az ISODATA algoritmus – gyorsan alkalmazható, jól paraméterezhető eszközt biztosítanak a táblán belüli variabilitás térképezésére. Az algoritmus típusa és a paraméterek kiválasztása azonban jelentős mértékben befolyásolja az osztályozás pontosságát és megbízhatóságát. A hierarchikus elemzési struktúra, valamint különböző algoritmusok kombinált alkalmazása lehetővé teszi eltérő eljárások előnyeinek kihasználását és ezzel javítható az osztályozási eredmények megbízhatóságát. A kombinált osztályozási megközelítés hatékony döntéstámogatást nyújt a precíziós mezőgazdaságban, hozzájárulva az optimális gazdálkodási gyakorlatok kialakításához, a termésbiztonság növeléséhez és a termőterület fenntarthatóságához. [5, 8]

2.3 Objektum-alapú (OBIA) osztályozási módszerek és adatintegrálás a városi környezet térképezésében (4. és 5. tézis)

2.3.1 A kutatás előzményei: urbanizáció és környezeti kihívások – aktuális problémák és kutatási irányok

A városok gyors terjeszkedése és az urbanizáció folyamatai komoly környezeti terhelést jelentenek, elsősorban az eredeti ökoszisztémák megbontása és az intenzív területhasználat-változás révén. Az urbanizáció globális szintű hatásai közé tartozik a mesterséges területek növekedése, a vízkészletek túlhasználata, az infrastruktúra túlterheltsége, valamint a felszín alatti vízbázisok szennyeződése [7]. A hirtelen nyári záporok okozta felszíni lefolyások és villámárvizek, valamint a csatornarendszerek túlterheltsége egyre gyakoribb probléma. Ezzel párhuzamosan növekszik az energiafogyasztás, a közlekedési terhelés és az üvegházhatású gázok kibocsátása, ami hozzájárul a klímaváltozáshoz és a városi hőszigetelés kialakulásához [10]. E problémák következtében kiemelten fontossá vált

a városi környezet monitoringja. A főbb kutatási témák közé tartozik: az urbán területek terjeszkedése, a felszínborítás térképezése, a zöldterületek térképezése és funkcióinak vizsgálata, a felszínhőmérséklet-alapú hősziget-hatás elemzése, a felszíni lefolyások modellezése és előrejelzése.

A városi ökológiai vizsgálatokban kulcsfontosságú a távérzékelés, mert globális, országos és lokális szinten is részletes, naprakész adatokat biztosít. A távérzékelési technológiák folyamatos fejlődése következtében egyre jobb minőségű és egyre több adat áll rendelkezésre. Ezekből az adatokból csak megfelelő osztályozási módszerekkel nyerhető megbízható tematikus információ, ami a képfeldolgozó szoftverek és osztályozási eljárások fejlesztésével lehetséges. A különböző felszínborítási kategóriák (zöldfelületek, beépített területek, víztestek stb.) és alkategóriák elkülönítése különösen nagy kihívást jelent a nagy- és szupernagy felbontású műholdas adatok részletessége és a városi környezet komplexitása miatt.

Az eredményes osztályozás egyik alapfeltétele a felszínborítási kategóriák és azok spektrális jellemzői

közötti összefüggések mélyreható ismerete, amely a távérzékelés számos részterületének központi témája (Yantao, 2019). A részletes információk iránti növekvő igény napjainkban olyan képosztályozási módszerek fejlesztését teszi szükségessé, amelyek alkalmasak a különböző forrásból származó, eltérő típusú adatok integrálására, valamint a különböző méretarányú térképezési feladatok támogatására. Az inputadatok összetettsége és a képelemzési algoritmusok technológiai fejlődése komoly módszertani kihívást jelent a szakterületen dolgozók számára.

Kutatásaim célja annak vizsgálata volt, hogy milyen mértékben javítható a klasszifikáció pontossága az objektumalapú képelemzési megközelítéssel (OBIA) a hagyományos, pixelalapú módszerekhez képest. A módszertani összehasonlítások mellett külön figyelmet fordítottam az eltérő forrásból származó adatok integrációját támogató eljárások fejlesztésére.

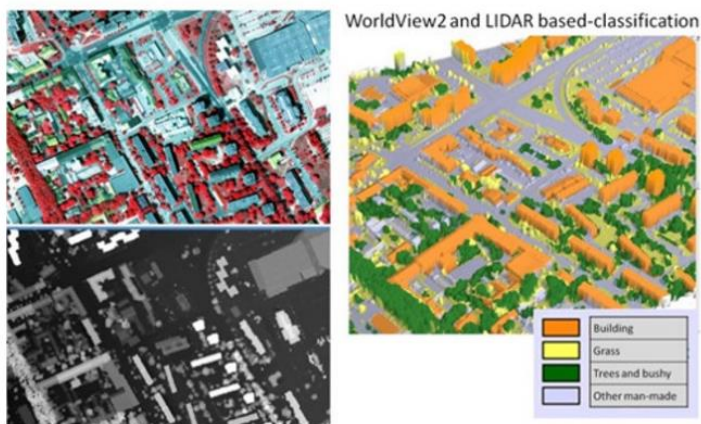
Különböző típusú és felbontású távérzékelte adatok (nagy- és szupernagy felbontású űrfelvételek, LIDAR adatok), történelmi és tematikus térképek (pl. kataszteri térképek)

felhasználásával a következő vizsgálatokat végeztem Székesfehérvár térségében:

- A város (a beépített területek) terjeszkedésének vizsgálata az elmúlt 200 év időszakára vonatkozóan,
- A városi felszínborítás térképezése és ez alapján – a szomszédsági kapcsolatok függvényében – statisztikai elemzések készítése (pl. zóna-statisztika)
- A földrészleten belüli beépítettség mértékének meghatározása

E vizsgálatok alapvető információt nyújtanak a városi környezet térbeli és időbeli változásainak feltárásához, a térbeli struktúrák meghatározásához, valamint különböző statisztikai elemzésekhez, mint például a zöldfelületek arányának, illetve a vízáteresztő és vízzáró felszínek eloszlásának vizsgálatához. Az ilyen típusú felmérések nemcsak magukban hasznosak, hanem alapadatként szolgálnak a városi térségek antropogén terhelésének becsléséhez, a megváltozott ökológiai feltételek és ezek hatásainak térképi megjelenítéséhez.

Kutatásaim során a városi felszínborítás osztályozási pontosságát befolyásoló tényezőket vizsgáltam, különös tekintettel az inputadatok bővítésére (pl. LIDAR-alapú magassági adatok integrálása a spektrális információk mellé, 6. ábra), valamint az alkalmazott osztályozási megközelítések eltérésére. A különböző képosztályozási módszerek eredményességét kvantitatív pontossági vizsgálatokkal hasonlítottam össze [7, 9, 10].



6. ábra. Multispektrális és magassági (LIDAR) adat-alapú osztályozás eredménye digitális felszínmodellen ábrázolva.

Az elvégzett vizsgálatok rámutattak, hogy a hagyományos, pixelalapú megközelítések nem biztosítanak kellő pontosságot a bonyolult szerkezetű,

heterogén városi környezetben. Ezzel szemben az objektumalapú képelemzés (OBIA) során a spektrálisan és morfológiailag hasonló pixelek szegmensekké történő aggregálása lehetővé tette a klasszifikációs jellemzők dimenzióbővítését, ami jelentősen csökkentette a téves osztályozás arányát [20].

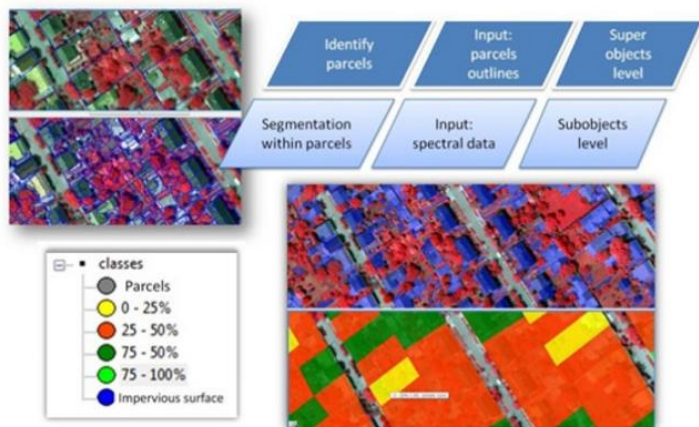
A tanítás-alapú osztályozási eljárások (pl. MINDIST, Maximum Likelihood, neurális háló alapú) eredményeinek összevetése alapján megállapítható, hogy az osztályozási pontosság javulása elsősorban nem az algoritmus típusából, hanem az alkalmazott megközelítésből – azaz az objektumalapú módszerből – adódik. Az OBIA különösen hatékony a szupernagy felbontású felvételek esetében, ahol a szegmensekre számított spektrális információn túl a formai, texturális és kontextuális attribútumok is integrálhatók az osztályozásba [6].

A városi felszíntípusok spektrális heterogenitása, valamint a városi terület komplex térbeli szerkezete miatt a hagyományos pixelalapú osztályozási módszerek korlátozottan alkalmazhatók (Lu et al., 2010, Yan et al.,

2022). Az objektumalapú megközelítés lényegesen pontosabb és megbízhatóbb eredményt nyújt a hagyományos módszerekhez képest. Ez a módszer nemcsak a városi környezet állapotértékelésében, hanem más földhasználati típusok térképezésében is alkalmazható, és így hatékony alternatívát kínál a környezeti vizsgálatokhoz. Ugyanakkor az alkalmazott algoritmusok paraméterezése, valamint a releváns jellemzők kiválasztása magasfokú szaktudást és tapasztalatot igényel – ez a kutatás egyik fontos gyakorlati tanulsága is.

Az eltérő, de hierarchikusan egymásra épülő szegmentálási szintek objektumai olyan rendszert képeznek, amely lehetőséget biztosít a vizsgált jelenség észlelésére, azonosítására, egyedi (optimális) léptékben. Például a földrészleten belüli beépítettség térképezése esetén a földrészlet azonosítása és kategorizálása kisebb léptékben, az ún. szuperobjektum szintjén oldható meg a legkönnyebben. A szuperobjektum szintje alá rendezett réteg – részletesebb, homogénebb objektumok révén – a

vegetáció és mesterséges felületek elemzését teszi lehetővé (7. ábra).



7. ábra. Hierarchikus szegmentálás folyamata és a földrészleten belüli mesterséges felszínborítás osztályozásának eredménye.

Megfelelő eredmény több algoritmus kombinálásával érhető el; a szegmentálás kritériumainak véglegesítése a kísérletezés és tesztelés útján lehetséges. Fontos megjegyezni, hogy ugyanazon kép esetében a szegmentálás paramétereinek beállításánál is célszerű figyelembe venni a vizsgálandó területek beépítési jellegét, valamint az input adatok a geometriai felbontását.

2.3.2 Objektum-alapú (OBIA) osztályozási módszerek és adatintegrálás a városi környezet térképezésében (4. és 5. tézis)

4. TÉZIS

A szupernagy felbontású távérzékelte adatok feldolgozásának kihívásai és az objektumalapú osztályozás előnyei városi környezetben

A szupernagy felbontású távérzékelte adatok városi környezetben történő feldolgozása során a hagyományos, pixelalapú osztályozási pontosságát jelentős mértékben korlátozza a spektrális heterogenitás, különösen az olyan mesterséges felszínborítási elemek, mint az épületek osztályozása esetében. Az objektumalapú képosztályozás (OBIA) ezzel szemben – azonos képi bemenet mellett – szignifikánsan pontosabb tematikus térképezést tesz lehetővé. A spektrális, morfológiai és szomszédsági jellemzők együttes használatával az OBIA-alapú eljárások több mint 10 %-kal is növelhetik az osztályozási pontosságot, különösen az épületek osztályozása esetében, a hagyományos pixelalapú módszerekhez viszonyítva. [7, 9]

5. TÉZIS

Integrált adathasználat és hierarchikus osztályozás a városi felszínborítás nagy pontosságú térképezéséhez

A városi felszínborítás osztályozási pontosságának növelése érdekében kiemelt jelentőséggel bír a multispektrális, LiDAR és kataszteri adatok integrált alkalmazása, valamint a különböző osztályozási módszerek – különösen a hierarchikus és objektumalapú (OBIA) eljárások – kombinációja. Az ilyen típusú integrált feldolgozás jelentősen javítja az osztályozási teljesítményt, amit az olyan mutatók, mint az átlagos pontosság (overall accuracy) vagy az épületosztályok „helyes besorolási” mutató értéke (egyes esetekben 90%-nál nagyobb) is alátámasztanak. Emellett lehetővé teszi a földrészlet-szintű beépítettség, valamint a biológiailag aktív felszínek azonosítását. A geometriai és tematikus pontossági követelmények teljesülése révén az így nyert adatok megbízható alapot nyújtanak a városökológiai vizsgálatokhoz és a területrendezési döntéshozatalhoz. [6, 10]

3 A kutatás és a bemutatott eredmények hatása, visszhangja

3.1 Publikációs eredmények és hivatkozások

Kutatásaimat folyóiratcikkekben és könyvfejezetekben, valamint hazai és nemzetközi konferenciákon mutattam be. Jelenleg (2025.06. 10.) 63 közleményem szerepel a Magyar Tudományos Művek Tárában, melyek közül 58 a kandidátusi fokozatszerzés óta jelent meg.

Az írásokra, melyeknek szerzője vagy szerzőtársa voltam 99 független hivatkozás érkezett, melyek közül 43 WOS-os, 55 Scopusos. Hirsh indexem 7.

A habilitációs téziszfüzetben kiválasztott tudományos közleményeim közül 1db Q1, 1 db Q2 és 3 Q4-es SCImago értékkel rendelkezik.

3.2 Pályázatokban való részvétel

A habilitációs téziszfüzetben bemutatott új tudományos eredményekhez kapcsolódóan 7 pályázatban vettem részt. Az eredményeket több hazai és nemzetközi konferencián mutattuk be, valamint több készült az adott témában:

2022-2025 (folyamatban): WREN (Water Resources in Efficient Networks), Klímaalkalmazkodást támogató monitoring és predikciós eljárás kidolgozása távérzékelte adatok alapján és földi szenzor-hálózat adatainak validációjával. Alapcélja: aszály monitoring és predikciós rendszer kifejlesztése, valamint saját CubeSat műhold fejlesztése. A projektben szakmai vezetői és kutató-fejlesztői feladatokat látok el. <https://wren.hu/obudai-egyetem/?lang=hu>. 3 publikáció készült a témában. [7,8,9]

2017-2021 IRSEL (Innovation on Remote Sensing Education and Learning), Erasmus+ Capacity Building in Higher Education, <http://irsel.eu/>. A projektben szakmai vezetői és tananyagfejlesztői feladatokat láttam el. 3 publikáció készült a témában.

2017_2021 DSinGIS, Doctoral Studies in GeoInformation Sciences, Erasmus+ Capacity Building in Higher Education <http://www.dsingis.eu/home/>. A projektben oktatási módszertani és tananyagfejlesztői feladatokat láttam el. 4 publikáció készült a témában.

2014-2015 és 2009-2010 TÉT Magyar-Kínai Kormányközi TÉT pályázatban részvétel. 3 publikáció készült a témában.

2010- 2012 „Szellemi, szervezeti és K+F infrastruktúra fejlesztés a Nyugat-magyarországi Egyetemen” kutatási projekt: TÁMOP 4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0006. Távérzékelési kutató csoportvezetői, kutató-fejlesztői feladatokat láttam el. 8 publikáció készült a témában.

2010-2011 ”Tananyagfejlesztéssel a GEO-ért”, TÁMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0027 projekt

3.3 Kutatási eredmények beépítése a gyakorlatba és a transzlációs edukáció támogatásába

1. A távérzékeléshez kapcsolódó kutatásaim eredményét és ez idő alatt szerzett szakmai tapasztalataimat közvetlenül is használni tudtam az ÓE EKIK kutatási központ egységeként működő Precíziós Gazdálkodási Kutatóközpont (Prec_G) megalapításához szükséges dokumentáció és működési tevékenység kidolgozásához. A Prec_G kutatócentrum

- igazgatójaként (2020 óta) folytatom ezt a tevékenységet. <https://ekik.uni-obuda.hu/>
2. Kutatási eredmények felhasználása a translációs edukációban (esettanulmányok, gyakorlati példák): Precíziós gazdálkodási szakmérnök/szakember szakmérnöki képzés tantervének kidolgozása, szakvezetése (2017 óta). <https://amk.uni-obuda.hu/precizios-gazdalkodasi-szakmernok-szakember/>
 3. Szakmai együttműködés az Ifjú Gazdák Fejér Megyei Gazdaköre agrárszervezettel és az AXIAL Kft-vel: részvétel a szakmai programok szervezésében, előadások tartása. <https://fejerifjugazda.hu/node/248>
 4. Digitális Agrarakadémia e-Learnig „Műholdas távérzékelés” című tananyagának kidolgozása, előadások tartása. <https://digitalisagrarakademia.hu/e-learning-tananyagok/>

4. Irodalmi hivatkozások listája

Aaronm, L., Daigh M., and Peter Oduor, G. (2022): Soil Moisture Mapping with Moisture-Related Indices, OPTRAM, and an Integrated Random Forest-OPTRAM Algorithm from Landsat 8 Images. Remote Sens. 14(15), 3801; <https://doi.org/10.3390/rs14153801>

Almeida, C. R. d., Teodoro, A. C., & Gonçalves, A. (2021). Study of the Urban Heat Island (UHI) Using Remote Sensing Data/Techniques: A Systematic Review. Environments, 8(10), 105. <https://doi.org/10.3390/environments8100105>

Agustiyara, A., Mutiarin, D., Nurmandi, A., Kasiwi, A. N., & Ikhwal, M. F. (2025). Mapping Urban Green Spaces in Indonesian Cities Using Remote Sensing Analysis. Urban Science, 9(2), 23. <https://doi.org/10.3390/urbansci9020023>

Atzberger, C. (2013). Advances in remote sensing of agriculture: Context description, existing operational monitoring systems and major information needs. Remote Sensing, 5(2), 949–981.

Dataset. Quaternary, 6(2), 28. <https://doi.org/10.3390/quat6020028>

Eko Yuli Handoko et al 2024: Integrating Remote Sensing and GIS for Precision Agriculture: Leveraging Google Earth Engine for Enhanced Agricultural Management IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1418 012054

FAO. (2017). The future of food and agriculture – Trends and challenges. Rome.

Gebbers, R., & Adamchuk, V. I. (2010). Precision agriculture and food security. *Science*, 327(5967), 828–831. <https://doi.org/10.1126/science.1183899>

Haubrock, S.N.; Chabrillat, S.; Lemmertz, C.; Kaufmann, H.: (2008): Surface soil moisture quantification models from reflectance data under field conditions. *Int. J. Remote Sens.* 2008, 29, 3–29.

IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press.

Kaur, R., Tiwari, R. K., Maini, R., & Singh, S. (2023). A Framework for Crop Yield Estimation and Change Detection Using Image Fusion of Microwave and Optical Satellite

Kitchen, N. R., Sudduth, K. A., Drummond, S. T., et al. (2005). Development of a variable-rate nitrogen application decision aid for corn. *Precision Agriculture*, 6, 327–342.

Li, L., Zhang, Q., & Huang, D. (2020). A review of imaging techniques for plant phenotyping. *Sensors*, 14(11), 20078–20111.

Lillasand T. M.-Kiefer R. W.-Chipman W. J.: Remote Sensing and Interpretation. John Wiley and Sons, Inc. 2007

Lynch, P., Blesius, L., & Hines, E. (2020). Classification of Urban Area Using Multispectral Indices for Urban Planning. *Remote Sensing*, 12(15), 2503. <https://doi.org/10.3390/rs12152503>

Milics, G. (2021): A coupled impact of different management and soil moisture on yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in dry conditions at locality Mezőföld, Hungary, *JOURNAL OF HYDROLOGY AND HYDROMECHANICS* 69 : 1 pp. 76-86. , 11 p. (2021)

Mulla, D. J. (2013). Twenty-five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. *Biosystems Engineering*, 114(4), 358–371. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2012.08.009>

Nyéki, A. ; Kerepesi, C. ; Daróczy, B. ; Benczúr, A. ; Milics, G.; Nagy, J. ; Harsányi, E. ; Kovács, A. J. ; Neményi, M. (2021): Application of spatio-temporal data in site-specific maize yield

prediction with machine learning methods, *PRECISION AGRICULTURE* 22 : 5 pp. 1397-1415. , 19 p.

Pham, T. and Pham, D. "Development of a Methodology for Automatic Monitoring of the Urbanization Process in the Red River Basin (Vietnam)." *International Research Journal*, no. 6(144), Jun. 2024. doi: 10.60797/IRJ.2024.144.93

Ravi P. Gupta (1991): *Remote Sensing Geology*

Sadeghi, M., Jones S.B., and Philpot, W.D. (2015): A linear physically-based model for remote sensing of soil moisture using short wave infrared bands. *Remote Sens. Environ.* 164, pp. 66–76

Sishodia, R. P., Ray, R. L., & Singh, S. K. (2020). Applications of Remote Sensing in Precision Agriculture: A Review. *Remote Sensing*, 12(19), 3136. <https://doi.org/10.3390/rs12193136>

Tian, F., Maas, S. J., et al. (2021). Machine learning and remote sensing in precision agriculture: Current applications and future directions. *Computers and Electronics in Agriculture*, 190, 106412.

Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418, 671–677.

Voogt, J. A., & Oke, T. R. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment*, 86(3), 370–384.

Wang, Li, N., Yao, B., Chen, Y.L., Zhang, Z. (2022). Thermal Contribution of the Local Climate Zone and Its Spatial Distribution Effect on Land Surface Temperature in Different Macroclimate Cities. *Remote Sensing*, 14(16), 4029. <https://doi.org/10.3390/rs14164029>

Weng, Q. (2012). Remote sensing of impervious surfaces in the urban areas: Requirements, methods, and trends. *Remote Sensing of Environment*, 117, 34–49.

Yan, Z., Ma, L., He, W., Zhou, L., Lu, H., Liu, G., & Huang, G. (2022). Comparing Object-Based and Pixel-Based Methods for Local Climate Zones Mapping with Multi-Source Data. *Remote Sensing*, 14(15), 3744. <https://doi.org/10.3390/rs14153744>

Yantao, X., Yantao, X., Nguyen, X., Thinh Cheng L. (2019): Preliminary comparative assessment of various spectral indices for built-up land derived from Landsat-8 OLI and Sentinel-2A MSI imageries. *European Journal of Remote Sensing* 52(1):240-252, DOI: 10.1080/22797254.2019.1584737

Zarco-Tejada, P. J., Hubbard, N., & Loudjani, P. (2014). Precision agriculture: An opportunity for EU farmers–potential

support with the CAP 2014–2020. Joint Research Centre, European Commission.

Zhou, W., Huang, G., & Troy, A. (2014). Object-based land cover classification of high-resolution aerial photography. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 80(2), 123–132. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2021.103312>

5. A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények

- [1] Verőné Wojtaszek, M.; Vas, László (2025): Mapping of Soil Moisture Variability by Using Sentinel-2 data, Optical-trapezoid Approach, ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA 22 : 8 pp. 63-76. 14 p.
- [2] Verone Wojtaszek, M.; Adam, B.; Balazsik, V.; Borocz, B.; Gfellner M.; Katona, J.; Molnar, G.; Podor, A.; Nagy, G.: (2024): Remote Sensing Based Soil Moisture Assessment: Contributions to WREN project In: Petőné, Csuka Ildikó (szerk.) AIS 2024 - 19th International Symposium on Applied Informatics and Related Areas – Proceedings Székesfehérvár, Óbudai Egyetem (2024) 164 p. pp. 75-81.

- [3] Verőné Wojtaszek, M.; Noboa, E.; Eigner, Gy. (2022): Drought monitoring mapping by using satellite remote sensing: Study Case In: Petőné Csuka, Ildikó; Simon, Gyula (szerk.) AIS 2022 - 17th International Symposium on Applied Informatics and Related Areas – Proceedings, Székesfehérvár: Óbudai Egyetem, 180 p. pp. 8-11. , 4 p.
- [4] Wojtaszek, M.V., Abdurahmanov, I. (2021): Crop water condition mapping by optical remote sensing. INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOINFORMATICS 17 : 1 pp. 11-17. , 7 p. (2021)
- [5] Verőné Wojtaszek, M. (2019): Mapping of Spatial Variability within a Field by Using Remote Sensing, INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOINFORMATICS 15 : 4 pp. 53-58. , 6 p.
- [6] Verőné Wojtaszek, M., Ronczyk, L., Mamatkulov, Z., & Reimov, M. (2021). Object-based approach for urban land cover mapping using high spatial resolution data. E3S Web of Conferences, 227, 01001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/2021227010016> p.
- [7] Bauer, T., Immitzer, M., Mansberger, R. Vuolo, F., Wojtaszek M. Wojtaszek, Małgorzata Verőné, et al. (2021): The Making of a Joint E-Learning Platform for Remote Sensing Education: Experiences and Lessons Learned. REMOTE SENSING 13 : 9 Paper: 1718 , 15 p.

- [8] Verőné Wojtaszek, M.: (2019): Using remote sensing to map in-field variability: Clustering Approaches In: Orosz, Gábor Tamás (szerk.) AIS 2019: 14th International Symposium on Applied Informatics and Related Area, Székesfehérvár, Óbudai Egyetem (2019) pp. 1-4.
- [9] Verőné Wojtaszek, M. Balázsik V., Jancsó T., Horoszné Gulyás M., Meng Q. (2015): Comparison of Three Image Classification Methods in Urban Environment. JOURNAL OF GEOSCIENCE AND ENVIRONMENT PROTECTION (2327-4336 2327-4344): 2015 3 pp 54-59
- [10] Verőné Wojtaszek, M., Balázsik, V. (2014): Land cover detection in urban environment In: Orosz, Gábor Tamás (szerk.) 9th International Symposium on Applied Informatics and Related Areas-AIS2014 Székesfehérvár: Óbudai Egyetem pp. 67-71., 5 p.

6. További tudományos közlemények

- [11] Verőné Wojtaszek, M.; Szabó, V.; Kauser, J.; Kocsis, A.; Lippmann, L. (2021): Mapping of soil moisture variability within a field by the OPTRAM model. In: John, V. Stafford (szerk.) Precision agriculture'21 Wageningen, Hollandia : Wageningen Academic Publishers (2021) 984 p. pp. 459-466. , 8 p.
- [12] Verőné Wojtaszek, M. (2020): Mapping within-field soil water condition using Sentinel2. 15th International Symposiumon Applied Informatics and Related Areas organized in the frame of Hungarian Science Festival: AIS 2020 Székesfehérvár.; ÓE (2020) pp. 103-106. , 4 p.
- [13] Verőné Wojtaszek, M.; Szabó, V.; Kauser, J. (2020): A talaj és a növény vízellátottságának mérési lehetőségei távérzékelési módszerekkel. AGROFÓRUM - A NÖVÉNYTERMESZTŐK ÉS NÖVÉNYVÉDŐK HAVILAPJA 31 : 8 pp. 120-124. , 5 p.
- [14] Verőné Wojtaszek, M.; Szabó, V.; Kauser, J. (2020): A talaj és a növény vízellátottságának mérési lehetőségei távérzékelési módszerekkel 2. AGROFÓRUM - A NÖVÉNYTERMESZTŐK ÉS NÖVÉNYVÉDŐK HAVILAPJA 31 : 10 pp. 38-41. , 4 p.
- [15] Verőné Wojtaszek, M., (2019): Remote sensing application in site-specific farming. MEMORCHILIK VA QURILISH MUAMMOLARI/PROBLEMS OF

ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION MC pp. 37-42. Paper: 2901-5004, 6 p.

- [16] Verőné Wojtaszek, M., (2018): Remote Sensing Based Detection of Spatial Variability within a Field. JOURNAL OF GEOGRAPHICAL SOCIETY OF UZBEKISTAN 7 pp. 169-175.,p. 5
- [17] Mamatkulov, Z.J.; Verőné Wojtaszek, M.(2023): Development of Land Suitability Analyses by GIS technologies for Optimal Placement of Crops (an example of Surkhandarya Region).Way of Science 12:118 pp.16-21.
- [18] Verőné Wojtaszek, M. (2025): Műholdas távérzékelés a precíziós gazdálkodásban In: Balla, István; Milics, Gábor (szerk.) Precíziós gazdálkodás a szántóföldi növénytermesztésben. Jövedelmezőség és termésbiztonság a XXI. században. Gödöllő: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem 696 p. pp. 535-561. 10. fejezet, 26 p.
- [19] Verőné Wojtaszek, M.; Klujber, A.; Vécsei, E.: Comparison of Different Image Classification Methods in Urban Environment In: Neményi, M; Heil, B (szerk.) The Impact of Urbanization, Industrial and Agricultural Technologies on the Natural Environment : International Scientific Conference on Sustainable Development and

Ecological Footprint. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó (2012) Paper: VWKV , 6 p.

- [20] Verőné Wojtaszek, M. & Ronczyk, L. (2012). Object-based Classification of Urban Land Cover Extraction Using High Spatial Resolution Imagery. In: Neményi, M. & Heil, B. (eds.), The Impact of Urbanization, Industrial and Agricultural Technologies on the Natural Environment, pp. 171–181.
- [21] Verőné Wojtaszek M. (2015): Land Cover Change Detection by Remote Sensing In: Orosz, Gábor Tamás (szerk.) 10th International Symposium on Applied Informatics and Related Areas (AIS 2015): AIS 2015 .Székesfehérvár. Óbudai Egyetem (2015) Paper: P09 , 3 p.