

ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT

Városökológiai felújítás hatásának vizsgálata távérzékelési és földi szenzorok felhasználásával Városliget példáján

OE-AMK

2024

Hallgató neve: Józsa Borbála

Hallgató törzskönyvi száma: T000855/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Józsa Borbála

Szakdolgozat száma: SZD2402050937471043

Törzskönyvi száma: T000855/FI12904/A-G

Neptun kódja:

Szak: geoinformatikai szakember

Specializáció:

A dolgozat címe: Városökológiai felújítás hatásának vizsgálata távérzékelés és földi szenzorok felhasználásával Városliget példáján

A dolgozat címe angolul: Examining the impact of urban ecological regeneration using remote sensing and ground sensors in the example of City Park (Városliget)

A feladat részletezése:

1. A szakirodalom alapján ismertesse a városökológiai alapjait, különös tekintettel a távérzékelés szerepére a városökológiai felmérésekben!
2. Mutassa be a vizsgálat területét és területnek fejlődését 2000 és 2024 közötti időszakban!
3. Adatok, adatforrások és módszerek ismertetése
 - a.) a vizsgálathoz felhasznált adatok részletes jellemzése
 - b.) az adatelemzés módszereinek bemutatása
4. Eredmények bemutatása
5. Következtetések

Intézményi konzulens neve: Verőné Dr. Wojtaszek Malgorzata Mária

A kiadott téma elévülési határideje: 2026. 07. 10.

Beadási határidő: 2024. 05. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2024. 04. 09.

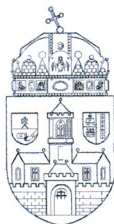


Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2025. 05. 15.

Verőné Wojtaszek
belső konzulens

külső konzulens



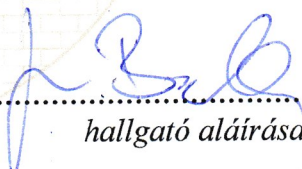
ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai/Mérnöki/
Természettudományi és Szoftvertchnológiai Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a dolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült dolgozatban található eredményeket az Óbudai Egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: Páty, 2024.05.14.


.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	2
2.	Városökológia ismertetése	2
3.	Távérzékelés szerepe a városi környezet felmérésében.....	4
3.1	A távérzékelés alapjai	4
3.2.	A távérzékelés rövid története.....	5
3.3.	Kopernikusz program.....	6
3.4.	Felszínborítási adatok típusai	7
3.5.	Lokális komponens	8
3.6.	Távérzékelés a városökológiában	8
4.	Távérzékelte adatok bemutatása	10
5.	Mintaterület bemutatása – a Városliget fejlődéstörténete.....	12
6.	Adatok és módszerek	26
6.1.	Földi szenzorok	26
6.2.	Talajnedvesség mérő	27
6.3.	Vízminőség mérő	28
6.4.	Földi adatok feldolgozása	29
6.5.	Képfeldolgozás távérzékelési eszközökkel	33
7.	Összefoglalás	41
8.	Irodalomjegyzék	42

1.Bevezetés

Akik Budapesten a Városliget környékén élnek, és/vagy dolgoznak, az utóbbi években rendkívül nagy változást tapasztalhattak. Fővárosunk egyik, ha nem a legnagyobb parkja hatalmas változásokon megy át. A változás mondhatni állandó, hiszen mióta létezik a Liget – kb az Árpádháziak óta – a terület jelentős szerepet tölt be a város történetében. A mindenkori városvezetés ezt a területet egy olyan parknak tekinti, ahova az emberek kijöhetnek sétálni, piknikezni, játszani. Helyt adott, vagy még mindig ad különféle programoknak – majálisok, rendezvények, cirkusz, állatkert. Ennek következtében fontos volt mindig is az igényesség, gondozottság, a változás, vagy mondhatjuk úgy is, hogy fejlődés.

E szakdolgozat célja, hogy bemutassam két időpontot összehasonlítva a Városliget felszínborítottsági változását, hogyan alakult a mesterséges területek nagysága és elhelyezkedése, és ugyanígy a fás és a nyílt területnek is.

Céлом emellett bemutatni azt is, hogy a jelenlegi zöld állapotot (ebbe mind a fás, a mező, a cserjés, a virágágyások) milyen technikával igyekeznek monitorozni, információkat gyűjteni a kihelyezett szenzorokból, és ennek alapján fenntartani.

Bár az egészen kezdeti időkből sajnos nincsenek légifelvételek, hiszen akkor még csak 1200-as éveket írunk, a két választott időpont felvételei között is hatalmas különbségek vannak. Az első 1992-ben készült, amikor még az űrfelvételek minősége közel sem járt a maihoz képest. A második, későbbi felvétel viszont már 2022-ben készítették, melyre ma azt mondjuk, hogy lényegesen pontosabb, átláthatóbb. De ki tudja milyennek fogjuk ugyanezt látni újabb 30 év múlva....

2. A városökológia ismertetése

A városökológia egyre nagyobb szerepet kap napjainkban, hiszen a társadalom és földrajzi környezete közötti konfliktusok jellegzetes találkozási pontja a település. Ahogy ez a résztudomány is fejlődik és az idő haladtával számos adat áll rendelkezésünkre, úgy sok megállapításait az életminőség méréséhez is használják. Talán ennek is köszönhető, hogy a nyugat-európai országban nagyobb hangsúlyt fektetnek a településeken belüli nagyobb, és-vagy több zöldterületek kialakítására.

A városökológia egy igen összetett fogalom, ezért is érdemes több oldalról is megvizsgálni. Mindenekelőtt az ökológia oldaláról érdemes megvizsgálni. Az ökológia azt vizsgálja, hogy az élővilágra és az általuk alkotott ökoszisztémára milyen külső és belső tényezők kapcsolatából álló együttesek hatnak, és ezek hogyan határozzák meg a vizsgált rendszer viselkedését, térbeli eloszlását, funkcióit, anyag- és energiaáramlását.

Ahogy azt napjainkban is tapasztalhatjuk, fontos a politikai megközelítése is a városökológiának. A hatalomra vágyó személyek kampányaikban sokszor hivatkoznak az elért zöld eredményekre, mivel azok talán a leglátványosabb eredmények, ami minden ember szeme előtt van.

Nem szabad figyelmen kívül hagynunk a tervezői, mérnöki és kivitelezési részét sem, ahol a kutatásokon túl megvalósulnak a kitűzött célok is.

Az ökológus Adam (1988) szerint a városökológiának a városi ökorendszer alábbi részeinek elemzésére kell összpontosítania:

- a városökológiai paraméterek (klíma, vízháztartás, vegetáció, zaj, stb.) analízise és értékelése,
- környezeti kataszter felállítás („multifaktorális” értékelés),
- az ökológiai alapú városfejlesztéshez javaslatok kidolgozása.

A városökológia egy interdiszciplináris tudomány, mely egymásba foglalja, majd aztán kifejti a városok lakossága és egyéb, a bioszféra elemeit érintő környezeti ártalmak, konfliktusok ok-okozati összefüggéseinek, azok társadalmi mechanizmusainak, valamint a szociális és pszichikai reakcióknak a térszerkezeti törvényszerűségeit. A város az ökológiai környezetének olyan átalakítását tervezi (revitalizálás, rekonstrukció), amely tájökológiai, területhasználati és ökotecnológiai szempontból a városi és a várossal kölcsönhatásban lévő természetközeli ökoszisztémák ökológiai egyensúlyát is szem előtt tartja. (Dr. Angyal Zsuzsanna – Településökológia c. ea)

Ezek alapján a városökológia természettudományi szempontból a geo- és/vagy bioökológiai funkciók összefüggéseit, kapcsolódásait vizsgálja a városi ökológiai rendszerben (élettérben), melynek sajátos abiogén és biogén tényezői vannak.

Társadalomtudományi oldalról a városökológia a városon belüli társadalmi összefüggéseket elemzi.

A városökológiai kutatás főként Európában jellemző, de még helyesebb, ha középeurópai specialitásnak mondjuk. Ezek után az már csak kis megszorításnak tűnik, hogy a városökológia mindig nagyvárosokra vonatkozik. Szükséges ugyanis bizonyos nagyságú terület, hogy a sajátos városi jelleg pl. az éghajlatban, az ökológiai mintázatban kialakulhasson. A nagyváros az irodalom alapján kb. 50.000-es várost jelent. Ez az a városméret, amit föllépve mérhető összefüggések alakulnak ki a városnagyság és az életminőség között, amit Wentz 1976-ban nagyon attraktívan kimutatott. A városökológiának sok arca van. Ez a fogalom legegyszerűbben a tájökológiából vezethető le, ennek a kategóriának része. A város sajátos prototípusa az urbán-ipari ökorendszereknek, pontosabban annak az emberi tevékenység hatása alatt álló és sajátos funkciókkal rendelkező ökorendszer-komplexumnak. Utal rá, hogy nehéz helyzetbe kerül azonban az, aki ezek alapján az angol nyelvű irodalomban az „urban ecology” címszó alatt keres forrásanyagot. Az angol nyelvterületen ugyanis a városökológia nem természettudományi fogalom, hanem történeti okok miatt jellemzően - és elég merev határokkal - a társadalomtudomány, pontosabban a szociológia fogalomkörébe tartozik.

3. Távérzékelés szerepe a városi környezet felmérésében

A városökológia definiálása után ismertetni szeretném a távérzékelés alapjait, melynek segítségével elemzem és összehasonlításokat végezek a továbbiakban.

3.1. A távérzékelés alapjai

A távérzékelés gyűjtőfogalmával többek között azokat a vizsgálati módszereket nevezhetjük, amelyekkel a közelünkben vagy tágabb környezetünkben található tárgyakról, vagy jelenségekről úgy gyűjtünk adatokat, hogy az adatgyűjtő (általában szenzornak nevezett) berendezés nincs közvetlen kapcsolatban a vizsgált tárggyal vagy jelenséggel. Ilyen például a fényképezés, mely tipikusan távérzékelési adatgyűjtés, a tárgytól vagy jelenségtől meghatározott távolságra lévő fényképezőgép az objektíven keresztül beeső fényt (elektromágneses sugárzást) egy fényérzékeny lemezre (filmre)

vetítette régen, ahol meghatározott kémiai folyamatok következtében kép keletkezett (Manual, 1983). Ma ezt már digitális módszerekkel végzik, mely így gyorsabbá, könnyen kezelhetőbbé teszi ezt a módszert.

A távérzékelés szót először mégis a földfelszínt pásztázó vagy fényképező műholdakra szerelt berendezések munkába állítása kapcsán kezdték használni, és csak ezután terjesztették ki a rokon adat-felvételezési technikákra is.

De emellett a távérzékelés fogalmába nem csak az adatok gyűjtését lehetővé tevő szenzorok, az adatok gyűjtésének folyamata, hanem a kapott adatok feldolgozása is beletartozik (Csornai et al. 1991).

A különböző hordozóeszközökön (repülőgép, helikopter, sárkányrepülő, műhold stb.) elhelyezett szenzorok úgy gyűjtenek adatokat, hogy a földfelszín tárgyai által különböző hullámhosszon visszavert vagy kisugározott elektromágneses energiát rögzítik. Az így rögzített adatok a feldolgozás után információval szolgálnak a vizsgált felszínrészről.

A rögzített elektromágneses sugárzás feldolgozásában alapvető szerepe van a felszínről rendelkezésre álló elsődleges tudásunknak. Az ún. referencia adatok alkalmazása elengedhetetlen feltétele a rögzített adatok elemzésének. A referencia adatok gyűjtése a kiértékelés alapvető mozzanata. Az adatok értelmezését nem csak a vizsgált területekre, hanem a teljes adatmezőre lehetővé teszi.

3.2. A távérzékelés rövid története

A műholdas távérzékelés akkor robbant be a városökológiai, a település- és népességföldrajz eszköztárába, amikor francia kutatók Afrikában nagy pontossággal meghatározták egyes nagyvárosok népességét a digitális űrfelvételek feldolgozásával, osztályozásával. Mivel ezek a régiók igen elmaradottak, és sem népszámlálási adatok, sem pontos térképek nem álltak rendelkezésre a távérzékelési mérések elsődleges adatforrást biztosítottak. A hihetetlen gyors globális változások, a nagyvárosok ugrásszerű növekedése még a fejlettebbnek mondott régiókban (Nyugat-Európa, Észak-Amerika, Japán) is megnehezítette az adminisztráció feladatát, a változások nyomon követését. Azóta rengeteg idő eltelt és a távérzékelés rohamosan fejlődött tovább.

Bár az emberek legalább 40 000 éve élnek Európában, a kontinens urbanizációja csak a 18. és 19. századi ipari forradalom idején kezdődött meg dinamikusabban. Azóta az emberek folyamatos áramlása a vidéki területekről a városi központokba azt eredményezte, hogy ma Európa területének több mint 250 000 négyzetkilométerét (~5%-át) mesterséges felületek borítják, és 2050-re várhatóan az európai lakosság még nagyobb része városi területeken fog élni. A városok környezeti hatásai túlméretezettek, mind pozitív, mind negatív értelemben. Egyrészt a városok terjeszkedése a természetes élőhelyekre hatol, és nagy mennyiségű szennyezést okoz. Másrészt az erőforrás-felhasználás általában hatékonyabb, és a nagyszabású infrastrukturális projektek alacsonyabb egy főre jutó környezeti terhelést eredményezhetnek.

Ezért a hatékony várostervezés fontosságát nehéz túlbecsülni. A városi területek földhasználatával kapcsolatos minden egyes döntés javíthatja az emberek életét és csökkentheti a környezetre gyakorolt hatásunkat, vagy éppen ellenkező hatást válthat ki.

3.3. Kopernikusz program

2014-ben a Sentinel műholdak (Sentinel család) fellövése óta az Európai Unió elindított egy folyamatot, amelynek célja, hogy 2030-ra közel 20 további műholdat juttassanak Föld körüli pályára és a Kopernikusz programnak szolgáltassanak adatokat.

A Kopernikusz az Európai Unió Föld-megfigyelési programja, amely megfigyeli bolygónkat és környezetét különböző források felhasználásával. Ez magába foglalja a földmegfigyelő műholdakat (űrszegmens) és az úgynevezett in-situ adatokat (földi szegmens). A felhasználói szegmens (services) a fenti adatok felhasználásával biztosít információt hat tematikus területen:

- szárazföld,
- tengerek,
- atmoszféra,
- klímaváltozás,
- katasztrófa-elhárítás,

- biztonság.

A programot az Európai Bizottság koordinálja és irányítja.

A szárazföld megfigyelése, ami minket ez esetben érdekel, (land monitoring) 4 fő összetevőre osztható:

- Űrfelvételek és referencia adatok - Ez a komponens foglalja magába jelenleg az EUROSTAT LUCAS felmérését is
- Globális komponens (Global Land Service)
- Lokális komponens - Ez a komponens monitorozza a nagyobb európai városokat (Urban Atlas), valamint az európai vízfolyás-hálózat mentén elterülő folyómenti területeket (Riparian Zones) és a NATURA 2000 területek részletes felszínborítását / földhasználatát.
- Páneurópai komponens - információk a felszínborításra és földhasználatra (LC/LU)

Az Űrfelvételek WMS szolgáltatásként érhetőek el.

Nagy felbontású (HR: 10-30m) Űrfelvételek: Sok Copernicus terméknek és szolgáltatásnak az alapját jelentik. A rendelkezésre álló, az érintett 39 EEA ország (EEA39) területét lefedő képsorozat (LANDSAT-7, SPOT-4/5, IRS, RapidEye felvételekkel) biztosította a lehetőséget a színiegyenlített, a páneurópai és az ortokorrigált Űrfelvétel mozaikok előállításához. A nagyfelbontású Űrfelvétel mozaik idősor négy elemből áll: Image 2000, Image 2006, Image 2009 és Image 2012.

Nagyon nagy felbontású (VHR) Űrfelvételek: A 2011. január és 2013. december között készült SPOT-5, SPOT-6 és FORMOSAT-2 felvételek felhasználásával készült mozaik 2,5 méteres térbeli felbontású fedést biztosít Európa területére.

3.4. Felszínborítási adatok típusai

- CORINE felszínborítás: A CORINE felszínborítás (CLC) adatbázis az 1990-es, a 2000-es, a 2006-os és a 2012-es referencia évekre vonatkozóan áll rendelkezésre. Az

állapot rétegek mellett az idősor változás-adatbázisokat is tartalmaz, amely a felszínborításban és földhasználatban bekövetkezett változásokat foglalja magába. A teljes országot lefedi, ami bárkinek elérhető.

- Nagyfelbontású felszínborítás rétegek (High Resolution Layers, HRL) 20 méteres raster alapú adatállományok, amelyek különböző felszínborítási kategóriákról biztosítanak információt. Az öt HRL a következő fő felszínborítási típusokra készült el: mesterséges felszínek (beépített területek), erdős területek (lombkorona fedettség és erdőtípus), természetközeli füves területek, vizenyős területek és állandó vízfelületek.

3.5. Lokális komponens

A Lokális komponens az EEA által koordinált összetevő, amelynek célja specifikus és nagyobb felbontású információk biztosítása a Páneurópai komponens kiegészítéseként. A Lokális komponens különböző, kiemelt figyelmet érdemlő területekre (hotspot) fókuszál, amelyek fokozottan érzékenyek különböző környezeti kihívásokra és problémákra. Elkészítésének alapját szuper nagy felbontású (VHR) űrfelvételek (2,5 m) adják egyéb, nagy és közepes felbontású felvételekkel kiegészítve. A három lokális komponens az Urban Atlas, a Folyómenti területek (Riparian Zones) és a NATURA 2000 felszínborítás adatbázis

3.6. Távérzékelés a városökológiában

A távérzékelés a városökológia felmérésében és tervezésében kiváló segítséget nyújt. A területhasználat (land use) a táj antropogén használatának formáit (rekreációs, mezőgazdasági, erdészeti, kereskedelmi, lakó, ipari stb.) jelenti. Ezzel szemben a felszínborítás (land cover) az adott terület borítottságát jellemzi - pl. beépített terület, tó, erdő, gyepek, nádas stb.

Az Európai Unió tagállamai az 1990-es évektől kezdődően egységes elvek, egységes módszertan szerint készítették el a városi felszínfedettség, illetve területhasználat kategóriák lehatárolását. Az Európai Unió Központi Statisztikai Hivatala által koordinált EUROSTAT CLUSTERS adatbázis a városi területhasználat kategóriák (úgynevezett

„urbán morfológiai zónák”) lehatárolására szolgál. Elkülöníti egymástól a lakott és közszolgáltatások által elfoglalt területeket, illetve az egyéb (ipari és kereskedelmi tevékenységek, szabadidős tevékenységek, infrastruktúra, stb.) által elfoglalt területeket. Az 1: 25 000 méretarányú adatbázis készítői az egyes fő kategóriákon belül a területhasználat jellege, illetve a beépítettség sűrűsége alapján további alkategóriákat különítettek el. A négy adatszintből álló területhasználat adatbázis előnye, hogy nagy méretarányban, egységes elvek szerint készült így összehasonlíthatóak általa a tagországok városainak területhasználatára. Másik nagy előnye, hogy műholdfelvételek automatizált elemzésével készült, azaz a területhasznosítás kategóriák térképezése az egységes elvek alapján bármilyen mintaterületre elkészíthető. Hátránya viszont, hogy a távérzékelési adatok alapján lehatárolt kategóriák nem mindig tükrözik a valós területhasználatot, és a legkisebb területhasználati egységeken belül további részegységek elkülönítésre nincs mód. Európai Unió finanszírozásával megvalósuló CORINE program. Az egységes tartalmi felépítésű CORINE LAND COVER adatbázis bár elvileg felszínfedettséget jellemző digitális térképi adatokat tartalmaz, ám helyenként a területhasználat jellegzetességeire is utal. Például a településeken belül elkülöníti egymástól a közlekedési infrastruktúrát, a kereskedelmi, ipari és lakóterületeket. Az adatokat három szinten jelenítik meg a Landsat TM műholdfelvételek vizuális interpretációja alapján elkészített digitális térképek. A 1: 100 000 méretarányban elkészített digitális (shape formátumú) térképek azonban – a területi felbontás korlátai miatt – csak a felszínfedettség (helyenként területhasználatra is utaló) jellemzőinek z általános leírására alkalmasak (Dr Ronczyk L., Dr.habil Szilassi P., 2013)

Az 1:100 000 méretarányú EOTR topográfiai térképen ábrázolandó növényzet és talajnemek (szántó, ipari növények, gyümölcsös, szőlő, füves terület, fasor, erdő, ritka erdő, bozót, vízinnövények, mocsaras terület, növényzet nélküli homokos terület) a műholdképen megjelenő különböző felszínrészekre jellemző spektrális visszaverődési értékek (színek, textúra) alapján azonosíthatók.

Igen nagy biztonsággal elválaszthatók a különböző spektrális tulajdonságú területek, de minősítésük sok esetben teljes bizonyossággal csak a terepen végezhető el (ez nem különbözik a légifényképek terepi minősítésétől).

Az 1:100 000 méretarányú topográfiai térkép a települések különálló házait összevonva, a település jellegzetes beépítési képét megtartva, háztömbökként ábrázolja. A térkép ábrázolja az egyedülálló épületeket is, ha azok külterületen vannak.

Az 1:10 000 méretarányú topográfiai térkép tartalmi elemei geometriai pontosságának vizsgálata megkívánná egy részletesebb és pontosabb térkép (pl. 1:4 000 méretarányú földmérési alaptérkép) bevonását.

4. Távérzékelt adatok feldolgozása

A távérzékelt képek feldolgozásában, és általában, a digitális képfeldolgozásban több megoldás ismert a képpontalapú osztályozás előbb említett tulajdonságának kiküszöbölésére. A térbeli kapcsolatok kihasználásának legkézenfekvőbb módja a szegmentálás, melynek következtében egyes pixeleket összevonunk ún. szegmensekbe, és ezekre alkalmazzuk az osztályozás további lépéseit. A szegmens spektrálisan hasonló, szomszédos képpontok egybefüggő halmaza. A szegmentálás eredményeként egy ún. szegmenstérképet kapunk. Heterogén területen is megfigyelhető, hogy a szegmentálás jobban „egyben tartja” az egyféle felszínborításhoz, ugyanazon mezőgazdasági parcellához tartozó pixeleket. Ugyanakkor a különböző felszínborítások határánál, az átmeneti képpontok esetén - megfelelő paraméterek mellett – a területre jellemző heterogenitását a szegmensek mérete is tükrözi.

A távérzékelt felvételek feldolgozása során az eredeti sávértékekkel való számolás helyett használható a sávok különböző függvényeit, kombinációit, ún. spektrális indexeket. Ezek egy része az intenzitásértékek lineáris kombinációjával és eltolásával keletkezik, amely lényegében az intenzitástér (spektrális tér) transzformációját valósítja meg. A spektrális index az eredeti sávértékekből származtatott (skalár)mennyiség. Egy részüket vegetációs indexeknek nevezzük, amelyek magasabb értékei jelzik a fejlettebb növényzetet. Az index számítása előtt fontos a megfelelő radiometriai korrekció. Ahogy a fizikai alapoknál lett ismertetve, a jól fejlett növényzet esetén az elektromágneses sugárzás visszaverése a közeli infravörös sávban magas, míg a látható vörösben alacsony, így a hányados is magas lesz. A növényfejlődés és aszály felmérésében a leggyakrabban alkalmazott vegetációs indexek a különbségi és a normalizált különbségi vegetációs index (Difference Vegetation Index– DVI, illetve Normalized Difference Vegetation Index–

NDVI). Számításuk a következőképpen történik: $DVI = NIR - RED$; $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$. A főkomponens-transzformáció (Karhunen–Loève-transzformáció) célja a spektrális sávok közötti korrelációra építve a távérzékelte adatok dimenziószámának csökkentése úgy, hogy az osztályozás pontossága minél kevésbé csökkenjen. Az eljárás arra épít, hogy a többsávós felvételek intenzitás vektorai nem egyenletesen oszlanak el a spektrális térben, a sávpárok között több-kevesebb korreláció áll fenn. Az eljárás új koordináta-rendszerbe transzformálja az adatokat, amelynek koordinátái már lineárisan függetlenek egymástól. Sajátossága, hogy az adatok legnagyobb változatossága, a legnagyobb információ-mennyiség az új koordináta-rendszer első tengelye mentén mérhető, és a sávinдекс növekedésével csökken az információ mennyisége. A tapasztalatok szerint az elterjedt multispektrális felvételekre végrehajtott főkomponens-transzformáció eredményeként az első 2-3 sávba koncentrálódik a felvételen tárolt információ túlnyomó része, csak elhanyagolható mennyiségű információ marad a többi sávra. A transzformáció közismert lineáris algebrai módszerrel számolható, ugyanis a transzformált koordináta-rendszer az adatokhoz illeszkedő sajátrendszer. A Tasseled Cap-transzformáció (Kauth–Thomas-transzformáció) matematikailag a spektrális téren történő elforgatásként és eltolásként értelmezhető. Segítségével a műholdfelvételek úgy alakíthatók át, hogy a dimenziószám csökkenése mellett a felszíntérképezés szempontjából lényeges részletek emelkednek ki. A multispektrális felvételekre vonatkozó megfigyelés, hogy a talaj képpontjai a spektrális térben a dimenziószámtól függően egy egyenes, illetve egy ellipszis vagy ellipszoid, az ún. talajvonal mentén helyezkednek el. A növények pedig erre merőlegesen: minél fejlettebb, minél jobban fedi a növényzet a talajt, annál távolabbra a talajvonaltól. Alapvetően ehhez a szerkezethez igazodva transzformálja a felvételt az eljárás. Az eredmény komponensei a konkrét intenzitásoktól elvonatkoztatott fizikai mennyiségek: fényesség (brightness), zöldesség (greenness), nedvesség (wetness), párásság (haziness). A zöldesség időbeli változása nagyon jól leírja a növények fejlődését. Az időgörbék jellegzetes pontjai megfelelnek a fontos növényfejlődési fázisoknak. A zöldességnek – de a többi vegetációs indexnek is – fontos szerepe van a növényfejlődés vizsgálatában, az aszály felmérésében és a várható termés előrejelzésében. A főkomponens-transzformáció és a Tasseled Cap-transzformáció hasonló jellegű, de van közöttük néhány alapvető különbség. A főkomponens transzformáció jellemzői a következők:

1. Minden felvételre külön számítjuk a transzformációs mátrixot a sajátvektorok és sajátértékek meghatározásával.
 2. Az előbbieket miatt számításigényesebb.
 3. Az eredmény új koordináta-rendszerének első néhány (2-3) tengelye meghatározó az információtartalomra nézve. Ilyen szempontból optimális a tengelyek megválasztása.
- A Tasseled Cap-transzformáció pedig a következő tulajdonságokkal rendelkezik:
1. Adott szenzorra egységes transzformációs mátrixot használhatunk.
 2. Emiatt egyszerűbb a kiszámítása.
 3. Az új koordináta-rendszer tengelyei „kézzelfogható” fizikai jellemzőknek felel meg. Megválasztásuk „átlagos” felvételeknél közel optimális az információtartalomra nézve.

5. Mintaterület bemutatása

- A Városliget fejlődéstörténete -

A Városligetnek igen messzire nyúlik vissza a története. Nem is gondolnánk, hogy már az Árpád-háziak korában is népszerű helynek bizonyult, és aztán némi hullámvölgyön keresztül haladva érte el mai arculatát. De a változása, ahogy maga a településökológia is, állandó.

1241. - „A Városligetet először Rogerius nagyváradi kanonok említi Carmen Miserabile (Siralmas Ének) című művében, mely a tatárjárás pusztításait írja le. A mű szerint IV. Béla a Rákoson, valamint a mai Városliget területén állomásozott seregével, melyet a tatárok ellen hívott össze. A vadakban, erdőben gazdag fás legelő egykor Újbécshez tartozott.” Két évszázadon keresztül amortizálták le a vidéket az országgyűlésre érkező nemesek szolgálói és a ligetes erdők helyét homoktenger és mocsár váltotta fel.

1259. - Az országgyűlésekre érkező urak szolgálóinak tábora lassan teljesen felélte a területet, mely által a vidék lassan elmocsarasodott. Némi javulást Mátyás király agaras-kertje (Agaras-tó) hozott.

1526. - II. Lajos erről a területről indította csapatait Mohácsra.

XVII. sz. - I. Lipót (1655–1705 között magyar király) Pest városának adta.

XVIII. sz. – A terület neve ekkoriban Ökrösdűlő, melyben volt legelő, homokpuszta, benne mocsárral és két szigettel.

1755. - A maláriaveszély miatt fűzfákat ültettek, azonban ezek a fák mind kipusztultak.

1770. - Mária Terézia Erdőrendtartása előírta, hogy ahol kiirtották a fákat, az erdőt újra kell telepíteni. Kevés legelő miatt Pest városa egyszerűen nem hajtotta végre a törvényt. Megjegyzendő, hogy ez a rendelet bizonyos formájában még ma is él.

1785. - A Városerdő csatornázását és újra fásítását tervezik. Stolcz János elsősorban akác és eperfa ültetésbe kezd (1785-1794), ám az eperfa nem igazán köti meg a homokot, nem úgy, mint az akác, így a telepítés csak részben sikeres.

Sétáló út épül a Városligeti fasortól az Erzsébet királyné útjáig. Az eddigi elmocsarasodás után végre lecsapolták a területet, amely visszaerdősült (az utolsó, Stolcz által telepített fűzfa 1913-ban pusztult el, 135 éves korában).

1794. Boráros János városbíró kidolgoztatja a „Városerdő mulató- és üdülőhely” tervét.

1799. - Batthyány Józsefnek 24 évre bérbe veszi a területet, aki egyúttal vállalta a fásítást és kiépítést. A város pedig vállalta azt, hogy az elkészült gazdasági épületeket és fogadókat a 24 év elteltével napi áron átveszi és megépíti az utat az „Angol királytól” a Városerdőbe, kétoldali fasorral.

Batthyány megbízta Witsch Rudolf mérnököt, bánáti német határőrezred földmérőjét, aki 10.000 négyszögöl (36.000 m²) területű, nyílt víztükrű tavat hozott létre. A kitermelt földből a mocsárban két-két szigetet töltöttek fel: - a Mocsár-szigetet, ami a mai Széchenyi gyógyfürdő helyén, és a Drót-szigetet, ami a mai Vajdahunyad vára helyén (1861. Széchenyi-sziget). kerül el.

1800. - Rumbach Sebestyén orvos, vastartalmú forrásra bukkant a Podmaniczky utca - Munkácsy utca sarkán fekvő telken. 1806-ban Pest első gyógyfürdőjeként nyitotta meg kapuit, melyhez szálloda és vendéglő is épült.

1805. - A Tanács a Városerdőt visszavette a gróftól.

1808. - Kiépült az 500 öl (~900 m) hosszú és 10 öl (18,96) széles „főallé”.

1806. - A tó vízszintjét szabályozó csatornát átépítette a Városi Tanács.

1808. - József nádor megalapította a Királyi Szépítő Bizottságot

1813. - Nemzetközi pályázatot írnak ki „a város minden osztálya” számára egyaránt hasznos és kellemes mulatóhely megtervezésére. Heinrich Christian Nebbien (1779-1841) műkertész elképzeléseit fogadták el, aki valódi népkertet kívánt teremteni.

1816. - A Városliget terve elkészült, ezáltal megszületett a világon az első Népkert terve.

1815. - „Aloys Schmidt egy kis épületet hozott létre mutatványai számára, mivel egyre több mutatványos és csepűrágó érkezett az István út (ma Ajtósi Dürer sor) és Aréna út (ma Dózsa György út) sarkához. Ez volt a Nebbien tervei szerint elkészült Rondóhoz (Rundó, Roundó) legközelebb.

A homok megkötése nem volt egyszerű. A mocsár helyén tavat formáltak és kiépítették a Páva-szigetet, majd Hattyú- és a Nádor-szigetet. Megépítették a Rondót, a Hattyú-szigeten pedig a majorságot.

1818-1830. - Platánokat telepítenek át József nádor alcsúti arborétumából.

1826. - Páva-szigeti híd: Anton Frigyes bécsi szitásmester elkészíti az első, vas tartószerkezetű hidat Pesten (22 m fesztávval, 1,8 m szélességgel). A függesztőműves szerkezet fapadlós pályáját kétoldalt két-két kábelre függesztették: a Dróthíd nevet kapta.

1827. - Dorffinger József András kamarai tisztviselő összefoglalója szerint, mely 24. pontban leírt „Városliget létrehozása szabályszerű terv alapján” értékelése alapján részben teljesítve lett.

1830. - József nádor engedélyezte a Fasor (Városligeti fasor) fáinak kivágását a rendkívül hideg miatt.

A reformkorban a Városerdő a pestiek kedvelt szórakozóhelye volt.

1840. - A Pesti Vízgyógy és Edző Intézetet Ivanovics András, Pécsről származó homeopátiás orvos építette fel a tó egyik szigetén. Ez a vállalkozása azonban veszteséges volt, ezért pár év múlva be is zárt.

1842. - Hermina Amália Mária főhercegnő emlékére, aki József nádor fiatalon elhunyt lánya volt, önkéntes adakozásból kedvenc sétahelyén, a Városerdő keleti oldalán kápolnát állítanak. Az épületet Hild József tervezte. A kezdeti lendület után azonban az adományok lassan gyűltek, a szabadságharc idején le is állt az építkezés.

1849. - A tavaszi hadjáratban Heinrich Hentzi, a budai vár parancsnoka május 5-én ágyúval kezdte támadni Pestet, miután a magyar csapatok megkezdték Buda ostromát. Az ágyútűz alá vett területek lakosai a Városligetbe menekültek, és ahogy az ostrom elhúzódott, kialakult a városligeti menekültváros. Merei-Schoepf Ágost ide költöztette ki a Pesti Kisded Kórházat is. Május 20-a után az emberek visszaköltöztek otthonaikba.

1854. – Elkészült a Hermina kápolna, melyet 1856-ban áldotta meg Scitovszky János hercegprímás.

1855. - dr. Fischhof Vilmos gyógyfürdőt nyit, a Priessnitz-féle hidroterápiás gyógymóddal (a mai Teleki Blanka Gimnázium és a Vakok Állami Intézete helyén).

1857. – Megszűnt a Szépítő Bizottmány

1861 - A Városliget tulajdonjoga visszaszállt a városra.

1863. – Újra szabályozták a tavat és jelentős mennyiségű növényeket ültettek Petz Ármin főkertész vezetésével

1865. - Pest városa évi egy arany bérleti díj fejében harminc évre átengedte az Állatkerti Részvénytársulatnak a Liget egy jelentősen nagy részét állatkert építése céljából. Petz Ármin és Reitter Ferenc csatornázási mérnök tervei szerint 1866-ban alakították ki az állatkerti Nagy-tavat (ami mai formáját 1912-ben nyerte el). Az 1860-as évek végén a mutatóványosoknak át kellett költözniük a Rondó környékéről a Bethesda kórházzal szembe, a Hermina út mellé, az akkor Tűzijáték térnek nevezett területre. Itt verte fel sátrát a híres cirkusztulajdonos Barocaldi, és ekkor indult Hincz Gusztáv bábszínháza. Öt évre kapott működési engedélyt Vasváry - Kovács József, akinek a városi közgyűlés engedélyezte a Hattyú-tó és a Tűzijáték tér között „egy közmulattatásra szánt útvesztő (labyrinth) felállítását”.

1868. - Zsigmondy Vilmos bányamérnök indítványozta, hogy Pest városa artézi kút fúrásába fogjon a mai Hősök terén, a városligeti tó és az Aradi utca között, a tótól 30

ölnyire távolságra. A 970 m-es mély kút 1878-ban készült el. Ez volt akkor Európa egyik legmélyebb fúrása, amiből napi 1200 m³ 73,8°C-os víz tört fel. A kút fölé épített egyszerű bódét Zsigmondy „fúrháznak” nevezte. 1884-ben ezt lebontották, és helyette Ybl Miklós tervei alapján egy díszkutat építettek. A Gloriette nevű építmény 2,5 m magas, hatszögletű, ballusztos korláttal kerített terasz volt, amire két oldalról lépcső vezetett fel. A közepén egy 24 m magas zászlótartó rúd állt.

1869. – Megalakult a Pesti Korcsolyázó Egylet (Kresz Géza és 15 társa). A városi tanács díjtalanul engedélyezte nekik, hogy a Városligeti tó egy részét korcsolyapályává alakíthassák. Saját költségükön egy kis, fából készült melegedőt építettek, és korcsolyázók 1870. január 29-én ünnepélyesen megnyitották a városligeti pályát, a mai Műjég elődjét.

A melegedő 1874-ben sajnos leégett, majd hamarosan pályázatot írtak ki egy kőépületre. Ezt Lechner Ödön nyerte meg.

1880. - Budapest megpályázza és meg is nyeri a világkiállítás rendezését, és annak helyszínét a Ligetben alakítják ki. A terep rendezéséhez több mint 800 fát vágtak ki.

1881. – Az Artézi Fürdő Zsigmondy-féle fúrás vizét hasznosította. A földszinten 20 fürdőszobát és egy társas fürdőt alakítottak ki, amit egyszerre 20-25 fő használhatott – délelőtt a férfiak, délután a nők. A vizét nem csak fürdőzésre használták, de azt itták is gyomorhurut, májbajok, krónikus bélhurutok kezelésére, valamint a reumatikus panaszok, pl. az ízületi merevség enyhítésére. A fürdő igen népszerű volt, megnyitásától kezdve végig nyereséges volt. Ennek következtében a városvezetés 1884-ben hozzáfogott egy végleges fürdő előkészítéséhez. Annak tervezésével Czigler Győzöt bízták meg. Ő a fürdőt a városligeti híd tengelyébe szeretne volna felépíteni, de ezt nem engedélyezték, mert ott a már megépült Andrássy út tervezett meghosszabbításának útjában állt volna.

1885. - Országos Általános Kiállítás felépítése miatt a csepürágóknak el kellett költözniük a Tüzijáték térről is, és ezúttal a mai Széchenyi fürdő helyére telepedtek le.

A kiállításra felhúzott épületek közül a rendezvény bezárása után hármat tartottak meg: - a Műcsarnokot (ma Magyar Alkalmazóművészek Háza, más néven: Alföldi Palme Ház; tervezte: Kauser Gyula), - az Iparcsarnokot (tervezte: Ulrich Keresztély) a hajdani Petőfi Csarnok

helyén és - a Király pavilont a Magyar Alkotóművészek Házával szemben (Gerbeaud Cukrászda volt, lebontva)

1889. - Wulff Ede német-holland cirkuszigazgató az általa vasvázás hullámbádogból épített csarnokban a Fővárosi Nagycirkusz elődjét.

1892. – A magyar állam megvásárolta a Fischhof-féle ingatlant, és a fürdő helyén felépítette a Vakok Állami Intézetét.

1895. – Műjég épülete neobarokk stílusban megépült (id. Francsek Imre tervei), valamint a tavat újra szabályozták.

1894. – Megépül a Vampetics-vendéglő (1910 óta Gundel étterem) Zrumeckzy Dezső tervei alapján

1895. – Átadják a Műcsarnokot, az ország legnagyobb kiállítótermét.

1896. - A Millenniumra készült el:

- Műcsarnok (1.kép)



1. kép. Fortepan – Budapest Főváros Levéltára – Klösz György, 1896

Műcsarnok

- Millenniumi Földalatti Vasút

- A földalatti vasút felszínen vezetett pályája feletti vasbeton híd: Wunsch Róbert cement-technikus tervezte
- Millenniumi emlékmű a Hősök terén (1898-1929 tervezte: Zala György; építette: Schickedanz Albert). Az emlékmű közepén, az oszlop előtt a Zsigmondy-féle fúrással ráépített Magyar Hősök Emlékköve Gebhardt Béla munkája. (2.kép)



2. kép Fortepan – Deutsche Fotothek – Brück und Sohn, 1905

- Állatkertből elvett területen a kontinens legnagyobb, Ósbudavára névre keresztelt mulatónegyede
- Millenniumi Emlék mögött a tavon átvezető híd: tervezője Zielinszky Szilárd, kivitelezői: Korb Flóris és Giergl Kálmán (3.kép)



3. Fortepan – Budapest Főváros Levéltára – Klösz György, 1900

- Az Ezredévi Kiállítás 240 pavilonjában kizárólag magyar eredetű tárgyakat, alkotásokat, gyártmányokat és termékeket mutattak be; a pavilonokat a kiállítás bezárása után elbontották.

- Vajdahunyad vár első, zömmel fából épült változata.”

1899 – Megépült a Közlekedési Múzeum (Banovits Kajetá, építette Ulrich Keresztély)
(4.kép)



4. kép Fortepan – Budapest Főváros Levéltára – Klösz György, 1900

1906 – Átadják a Szépművészeti Múzeumot (Schickedanz Albert és Herzog Fülöp Ferenc) (5.kép)



5. kép Fortepan – Budapest Főváros Levéltára – Klösz György, 1906
Szépművészeti Múzeum

1908 – Kialakítják az Angol Parkot, ami a Vidámpark őse. Ósbudavára mulatóhely csődbe ment, a mulatónegyedet bezárták.

1909-1913 – Megnyitja kapuit a Széchenyi-fürdő (Czigler Győző, Dvorzsák Ede), ám a tervezett szállodarész nem épült meg (6.kép)



6. kép Fortepan – Budapest Főváros Levéltára – Klösz György, 1913

1914 - Az első világháború kitörése előtt Ráde Károly kertészeti igazgató igen nagy területi átalakításokat hajtott végre annak érdekében, hogy a megnövekvő forgalom ne rontsa a helyszín élvezeti értékét. Új utakat épített, tágas pázsitmezőket ültetett, és igyekezett értékes fákat, cserjéket meghonosítani. Az ünnepségekkel járó nagyobb forgalom reményében Fényes Márton a mai Operaház helyén működött régi Vurstliból 1896-ban telepítette át a Városligetbe Plasztikon névre keresztelt panoptikumát és Bonctani Múzeumát. Az épület alsó termében több mint 100 viaszbáb kapott helyet, a felső szint volt a „bonctani múzeum”. A terület már az 1800-as években helyet adott a Vurstlinek. Az előkelő Angol Parkot pedig már több mint egy évszázada nyitották. A Vidámpark a Vurstli és az Angol Park 1950-ben történt összevonásával jött létre. A Hullámvasút 1922-ben épült, mely később műemlék lett.

1914-1944 - Az I. világháború utáni helyreállítás részeként a régi padokat felújították, új padokat, székeket helyeztek el, az utakat rendbe hozták, új gyepet telepítettek, változatosabb virágágyakat terveztek. Az értékes fákat pótolták, sok szép díszcserjét és csoportokban díszfűveket ültettek. A Mezőgazdasági Múzeum déli oldalán sziklakertet alakítottak ki, az északi oldalra árnyékot kedvelő évelők csoportjait ültették. A kápolna körül az évek során kiépült és a kápolnáról Hermina-mezőnek nevezett városrész lakóinak kérésére Csernoch János hercegeprímás 1919-ben egyházközséget alapított, és a kápolna 1936-ig ennek plébániatemploma volt. Regnum Marianum templom (Kotsis Iván) Serédi Jusztinián 1931-ben szentelte fel, 1951- ben városrendezési okokra hivatkozva elbontották.

1927 - Széchenyi-fürdő bővítése Francsek Imre tervei alapján

1938.- 34. Eucharisztikus Világkongresszus, melynek köszönhetően a Hősök tere díszburkolatot kap

1945. - A második világháborúban a Városliget súlyos veszteségeket szenvedett.

1950. – Megszűnt a Panoptikum.

1961-1968. - között Planetáriumként működő épületet elbontották.

1949-1951. - Budapest Törvényhatósági Bizottsága 1949 decemberében, Sztálin közelgő születésnapja alkalmából határozta el, hogy „Sztálin generalisszimuszról művészi kivitelben és méretben méltó emlékművet készíttet és állíttat fel fővárosunk erre legméltóbb és legalkalmasabb helyén, a határozati javaslat elfogadásától számított egy éven belül”. Ez azért nem ment ilyen gyorsan.

1951 tavaszán eldöntötték, hogy a leendő emlékművet a mai Városligeti fasorral szemben, a Dózsa György út járdaszegélyétől 75 m-re állítják fel, és dísztribünnel egészítik ki. A szobrászok több forduló pályázatát Mikus Sándor nyerte; a 8 m magas, 65 mázsás bronzszoborba beolvasztották Tisza István, Andrassy Gyula, Darányi Ignác 1945-ben betiltott szobrai is. Csengery Antal szobrát áthelyezték az Almássy térre. A Hősök tere és az Ajtósi Dürer sor között 360 m hosszan 85 m-re szélesítették a Dózsa György utat. Ehhez el kellett bontani a villamos végállomását, a Regnum Marianum templomot és a Városligeti Színházat.

1949-1951 - A tribün 19,99 m hosszú, 4,80 m széles és 1,75 m magas lett, a posztamens keresztmetszete $3,20 \times 3,48$ m; magassága közel 10 méter. Az emlékművet 1951. december 21-én, a Sztálin születésnapja előtti szombaton, 80 ezer ember előtt avatták fel – a zsarnokságnak ezt a jelképét a felkelők 1956. október 23-án, közel százezer ember jelenlétében döntötték le. Sztálin csizmáját a talapzattal csak 1965-ben bontották el. A díszpáholyt 1975-ben vörös márvánnyal újra burkolták.

1967 a Főkert fennállásának 100. évfordulójára épült meg a Kis Botanikus Kert; a Vakok Kertjét Csorba Vera tervezte.

1972 - Budapesti Nemzetközi Vásárt áthelyezték a HUNGEXPO mai területére, az egyik megmaradt épület a Főkert székháza lett (7.kép)



7. kép Fortepan – Gulyás Zsuzsa, 1972

1974–1978 - a magyar történelem eddigi legnagyobb parképítő programja kb. 100 000 cserjét ültettek és pótolták a hiányzó fákat. Ekkor építették a Nemzetközi Vásár elköltözése után elbontott épületek anyagából a Királydombot (István, a király: bemutató 1983.08.18.). A vízi növényzetet is megpróbálták bemutatni a Városligeti-tónak a Városliget körút és a Paál László sétány felőli oldalán. Az algásodás miatt a tónak ezt a részét is lebetonozták. Az egykori Felvonulási teret többször is átalakították; rajta szobrokat, emlékműveket helyeztek el, illetve bontottak le. Végül magát a közterületet is átnevezték.

2013. - Liget Budapest ötletpályázat

2014. - Liget Budapest nemzetközi építészeti pályázat

2017. – Felújítják a Pavilonkertet (8.kép)



8. – 9.kép <https://ligetbudapest.hu> – Pavilonkert; <https://mult-kor.hu/> - Vakok Kertje

2018. – Fővárosi Állat- és Növénykertet újítták fel

Hermina kutyás élménypark átadása

Városligeti-tó felújítása

Vakok kertje (9.kép)

2019. – Parkfejlesztés második üteme – Nagyjátszótér, Millenium Háza előkertje, Rózsakert, Városligeti Sportcentrum

2020 – Kb 2 km futókört adtak át

Városligeti Mélygarázs és Pomenád

Mócsényi Mihály Botanikus Kert

Ajtósi Kutyás Élménypark

2022. – Áadták a Magyar Zene Házát, amit a japán Sou Fujimoto tervezett (10.kép)



10. kép <https://www.magyarepito.hu/> - Magyar Zene Háza

Ugyanebben az évben nyitotta meg kapuit az új Néprajzi Múzeum is (Ferenc Marcell tervei alapján épült) (11.kép)



11. kép <https://magyarepitok.hu/> - Magyar Néprajzi Múzeum

2024.05. – A felújított Kresz park átadása

További tervek:

2025-ben vélhetően elkezdik a régi Petőfi Csarnok helyén megépíteni a Nemzeti Galériát.

A hajdani Közlekedési Múzeum helyén épülne a Magyar Innováció Háza

Kós Károly sétány, a Városligeti körönd és a Királydomb felújítása is még várat magára.

6. Adatok és módszerek

Szakdolgozatom témájául a földi és légi mérések összehasonlítását végeztem 1992-es és 2022-es adatok alapján. Mivel ez elég nagy, 30 éves intervallum, így érthető okok miatt nem lehet két teljesen egyforma értékű adatot prezentálni semelyik területen. 30 év alatt rengeteget és rohamosan fejlődött mindkét technika, így az adatnyerésben sajnos minőségi eltérések vannak. Ez részben a technikai adottságoknak, részben a múltban végzett adatnyilvántartás hiányosságairól is tanúskodik.

6.1. Földi szenzorok

E fejezet első felében a földi szenzorokat szeretném bemutatni, és az általuk nyert adatokat prezentálni.

A Városliget területén a Főkert jelenleg kétféle szenzort alkalmaz. Ami közös bennük, hogy úgynevezett IoT (Internet of Things = “Dolgok Internete”) eszközök. Ez röviden annyit jelent, hogy arra vannak optimalizálva, hogy nagyon csekély energia felhasználásával, viszonylag ritkán (óránként) minimális adatot küldjenek, például egy talajnedvesség értéket. Ez elenyésző adatforgalom a normális Internet használathoz képest, például egy átlagos fotó lehet, 1000-szer annyi adat, mint egy-egy ilyen IoT adatküldés. Ettől egyrészt nagyon kicsi az energiaigényük, mert az idő döntő többségében “alszanak” a szenzorok. A talajnedvesség mérő egy beépített akkumulátorral, csere nélkül 3-5 évig képes működni.

A tó szonda napelemes. Másrészt speciális kommunikációs hálózatot használnak, mert a normál mobilhálózat túlságosan energiaigényes. Ezt hívják LoRaWAN hálózatnak. Ilyen LoRaWAN hálózatot bárki tud csinálni magának, nyilvános frekvencián megy. Ez olyan, mint egy kültéri WiFi, aminek igen nagy a hatótávolsága (nyílt terepen kilométerek), viszont csak nagyon kicsi adatokat tud küldeni.

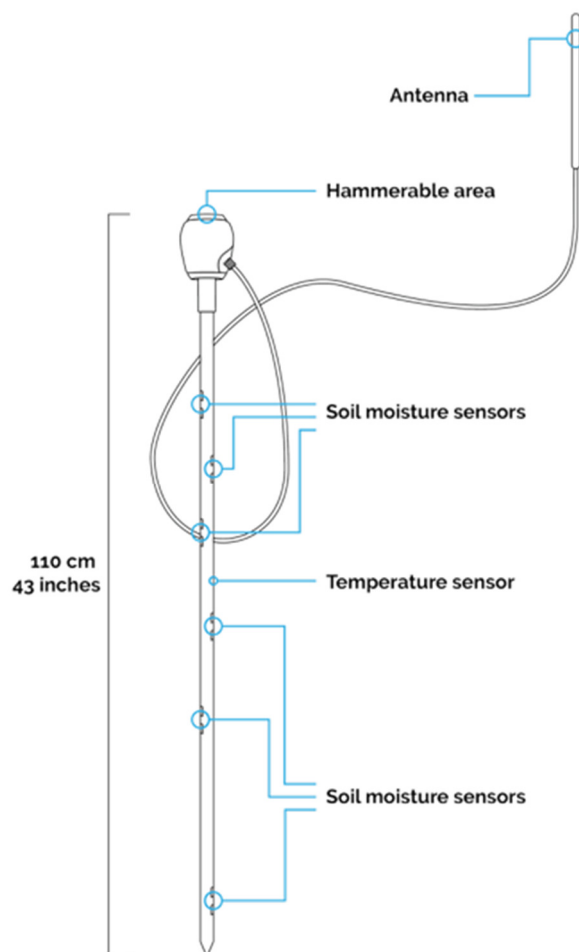
A gyakorlatban ez úgy működik, hogy a szenzort beküldi az adatokat az Antenna Hungária Zrt. rendszerébe, ahonnan automatikusan tovább küldik a választott szerverre. A talajnedvesség mérők még bonyolultabbak, mert ott először a holland gyártó szerverére kerülnek az adatok, és onnan küldik a felhasználóhoz tovább, miután dekódolták, feldolgozták.

A kétféle szenzor máshogy működik. Először a talajnedvesség mérőt mutatnám be.

6.2. Talajnedvesség mérő

Ez egy holland termék (Sensoterra). A szenzor elektromos vezetőképességet (konduktivitást) mér a talajban, mivel a víztartalom változásával változik a vezetőképesség is, ez általános elfogadott módszer a talajnedvesség mérésére. Különböző mélységekre vannak termékeik: 15, 30, 60 és 90 cm mélységben. Van továbbá egy kombinált szenzor, ami 6 eltérő mélységben mér, és ebben van talajhőmérséklet mérő is (12.kép).

Hollandiában a mezőgazdaság, dísznövény termesztés és a városi növényzet is kiemelt terület. Ez a cég abban különbözik más talajnedvesség mérő megoldásoktól (ezerszámba vannak ilyenek), hogy a "nyers" elektromos vezetőképességet értelmezik a talaj típusa szerint. Ehhez laboratóriumi mérésekkel kalibráltak több tucatnyi olyan talajtípust, ami jellemzően előfordul, és folyamatosan csinálnak új kalibrációkat is. Emiatt fontos, hogy megfelelő talaj típus legyen beállítva, mert ennek alapján értelmezi a rendszerük, hogy milyen a talajnedvesség állapota. Nem csak arról van szó, hogy a "nyers" elektromos vezetőképesség más-más módon értelmezendő a különböző talajtípusoknál, hanem más-más határértékek rendelkeznek ezekhez. A különböző talaj típusoknál más-más százalékos nedvességtartalomnál jelzi be a rendszerük, hogy túl száraz, túl nedves, egészséges-e a talaj.



12. kép Multi – Depth sensor overview

6.3. Víz minőségmérő

Ezt a típusú szenzor a Városligeti-tóban helyezték el. Libelium nevű spanyol cég gyárt, a neve Smart Water Extreme (13.-14.kép)

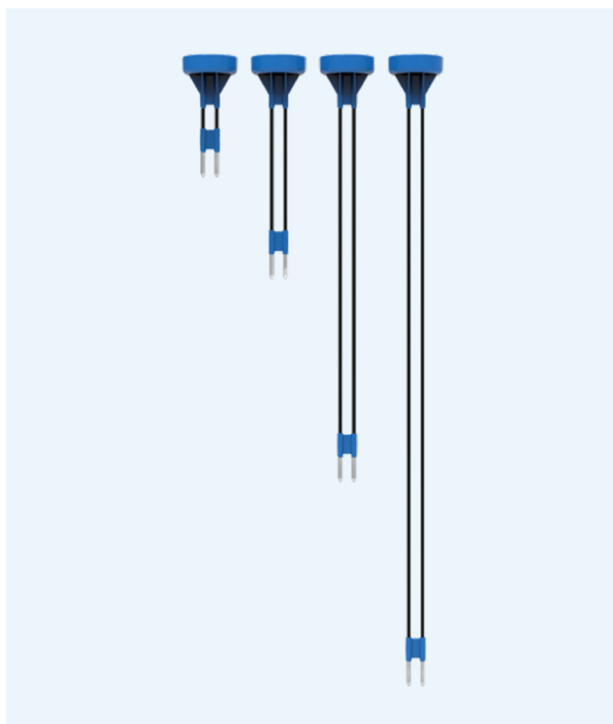


13.-14. kép – Libelium Smart Water Extreme

A Libelium nagyon sok fajta szenzort árul, és ahogy talán a képen is látszik, van egy doboz, amiben a kis számítógép meg az antenna van, amibe különböző szenzorokat lehet bekötni. Amit a Városligetben használnak, az egy OPTOD nevű szenzor (lásd mellékelve külön fotón), ami hőmérsékletet és oldott oxigén tartalmat mér, ezt is óránként küldi. Az oldott oxigént optikai alapon méri. Ami itt a lényeg, hogy a tó élővilágát nyilván érinti mindkét érték, például a halaknak se az alacsony, se a magas oldott oxigéntartalom nem jó.

6.4. Földi adatok feldolgozása

A szakdolgozat tervezetben a földi szenzorok adatainak prezentálása is szerepelt. Ennek sajnos több külső tényező is akadályt szabtak, de főként az, hogy nem lettek még több helyre kihelyezve. Jelenleg egy darab SensoTerra talajnedvesség mérő üzemel a Néprajzi Múzeum zöldfelülettel borított tetején (15.kép).



15. kép SensoTerra talajnedvesség mérő

Ezzel a lehetőséggel különböző projektek monitorozását végzik a faápolásnál, az ágyások és a további zöldterületek ápolásánál, fenntartásánál.

Ezeknek az adatoknak az informatikai integrációja a ConnectedGreen nevű platform támogatja.

A ConnectedGreen több tereprendezéssel foglalkozó céggel működik együtt, és Hollandia településeinek csaknem egyharmada használja. A projektek között szerepel Zwolle, Tilburg, Amersfoort és Amsterdam városközpontja, zöldfalak irodaházakban és nyilvános helyeken, parkok, magántulajdonok és professzionális sportpályák.

Az érzékelők kulcsfontosságúak a projektmenedzsmentben, ahol a siker közvetlenül kapcsolódik a növényegészségüghöz.

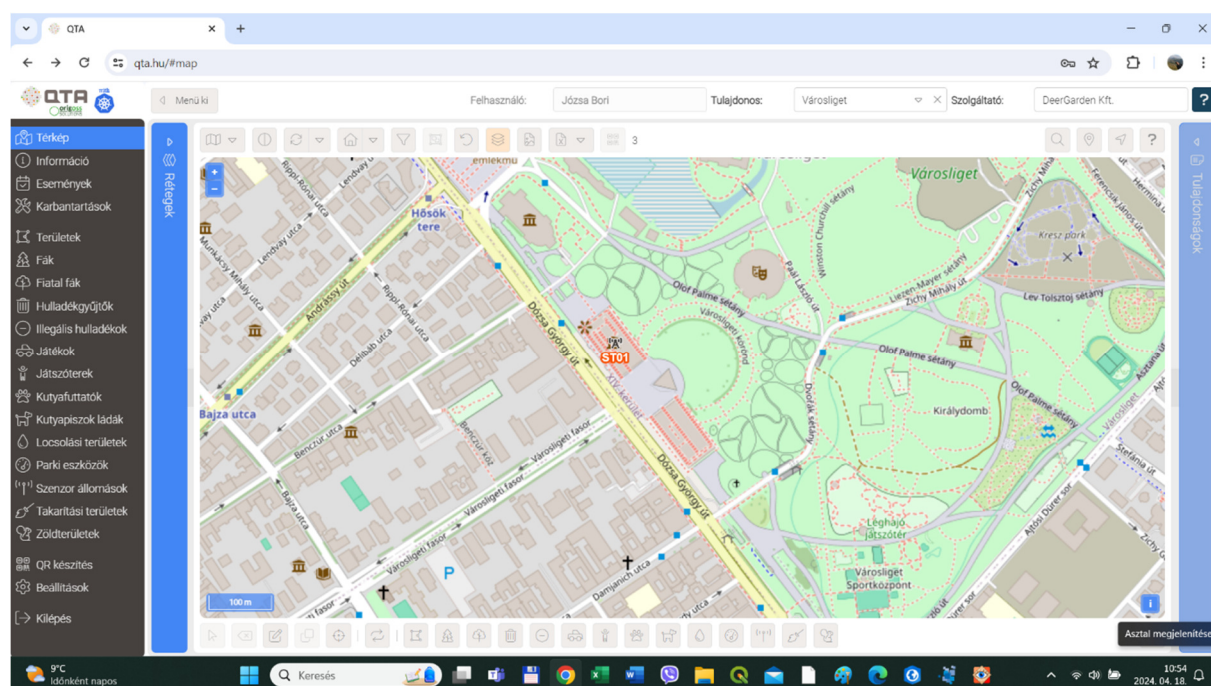
A kertészek felelősek, és fizetniük kell a projekt helytelen irányítása miatt felmerülő költségeért, például a túl- vagy alulöntözés miatt.

A pazarlás, a szükségtelen költségek minimalizálása és az erőfeszítések optimalizálása érdekében a tájépítőknek folyamatosan mérniük kell a talaj nedvességtartalmát minden projektben. A ConnectedGreen alkalmazás zökkenőmentesen integrálódik a szenzoradatokkal a Sensoterra Open API-n keresztül, ami egyértelmű cselekvésre ösztönzést eredményez az adatelemzés alapján.

Jelenleg ilyen műszert használnak a zöldterületfenntartók több kerületben is, illetve a Városligetben. A módszer hazánkban még viszonylag újszerű, de sikerét bizonyítja, hogy ahol alkalmazzák, ott gazdaságosabban, okosabban végzik az öntözést.

Az öntözés megrendelőjének sok esetben nem áll módjában rendszeresen kijárni a terepre, és ellenőrizni minden egyes öntözést, így nagyfokú segítséget nyújt egy ilyen monitoros rendszer (16.kép).

A vizsgált helyszínen jelenleg egy SensoTerra van kihelyezve a Néprajzi Múzeum tetejére.



16.kép – QTA rendszer – szenzor a Néprajzi Múzeumon

A vizsgált felszín lejtése egyes helyeken igen nagy – pl, Néprajzi Múzeum, Királydomb - így a Főkert különösen fontosnak tartotta itt a talajnedvesség figyelemmel követését.

A meredek tető kialakítási és kivitelezési terve laikusként nézve nagyon szép. De emögött rengeteg munka és ötletelés van, hogy így nézzen ki. A Néprajzi Múzeum felszínét átlagosan 40 cm talajréteg fedi. Ott, ahova fát ültettek, ennek értékét 70 cm-re növelték meg. Egy ilyen lejtésű területen mindenképp szükséges a talaj minőségét és nedvességtartalmát folyamatosan ellenőrizni, melynek következtében ki is helyezték a talajnedvességmérő szenzort is.



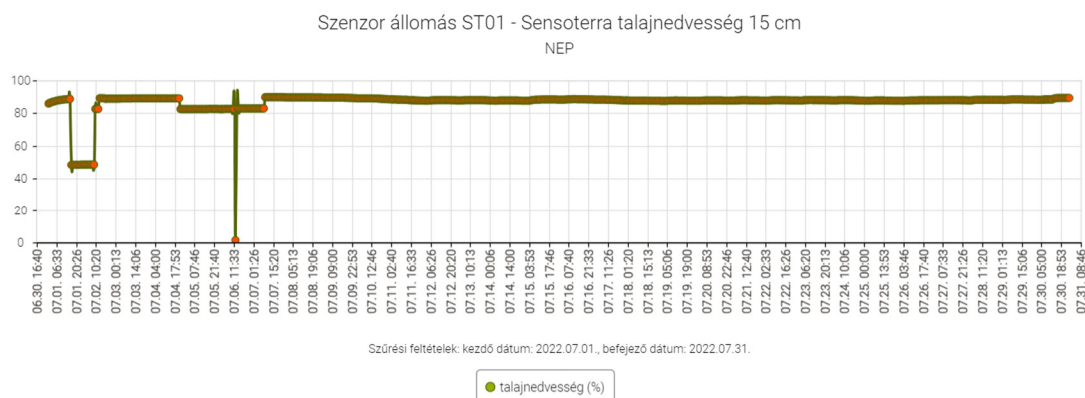
17. kép SensoTerra talajnedvesség mérő kihelyezve

Ezzel a megoldással a fenntartók óránként kapnak információt a nedvességről, és tudják szabályozni a kibocsátott víz mennyiségét.

A képen látható műszer 2022 júniusában lett működésbe helyezve. Azóta rengeteg adatot továbbított a monitorozóknak (17.kép).

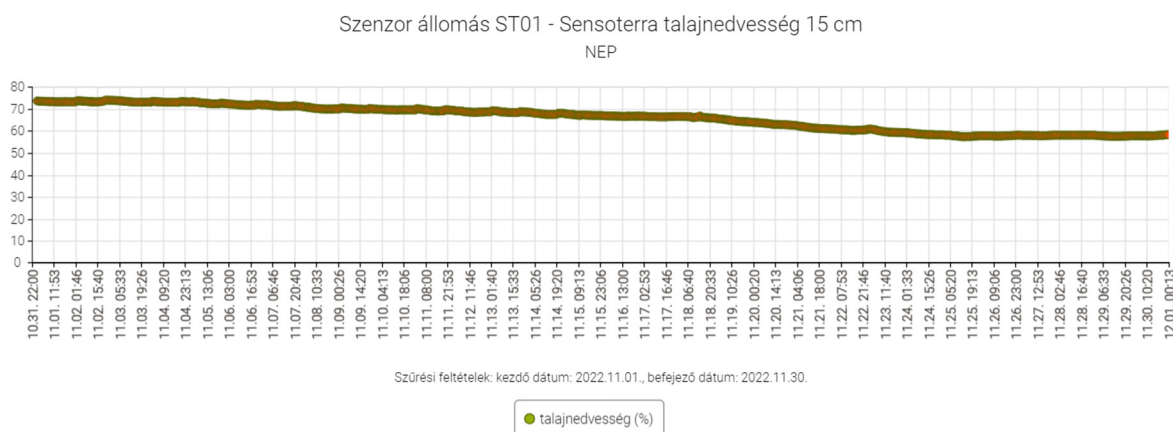
Első vizsgált hónapunk 2022 júliusa. Itt egy kiegyensúlyozott értékek mutat, kisebb-nagyobb eltérésekkel, ami jelen esetben itt a kezdeti beállítások nehézségeinek is betudhatóak.

Az itt látható érték átlagosan 89,20%. Ez így elég soknak tűnik, de ne hagyjuk figyelmen kívül, hogy ez a mért hónap száraz időszakban volt, illetve ekkoriban történt az átadás is, amikor az ültetést is végezték (18.kép).



18. kép QTA – Szenzor mérési adatok, 2022.07.

A következő választott hónapunk 2022 novembere. Ekkor már a vegetációs időszakon túl vagyunk, locsolásra nincs nagyon szükség. Megjegyzem az utóbbi évek sokáig elhúzódó nyári meleg időszaka, sok esetben indokolja a kései locsolást is (19.kép).



19. kép – QTA – Szenzor mérési adatok 2022.11.

Itt a talajnedvesség szintje láthatóan csökken, hiszen már kevésbé indokolt a sűrű locsolás.

Összességében elmondható, hogy a földi szenzorok használatával sok költség spórolható a fenntartónak és így a tulajdonosnak is. Az így kapott információk alapján csak annyit és csak akkor bocsátanak ki vizet a megfigyelt területre, amikor ez valóban szükséges.

Ezt a módszert követve azt gondolom a távérzékelés eszközeivel is lekövethető a vizsgált terület felszínborítottsági változásai is. Sok változás történt a Városligetben az elmúlt években, de ezek között fontos azt is megemlítenünk, hogy jelenleg nagyon nagy hangsúlyt helyeznek a fenntartásra, így a locsolásra is.

6.5. Képfeldolgozás távérzékelési eszközökkel

A képfeldolgozás és távérzékelési adatok gyakori alkalmazása, a képfeldolgozási technológiák és térinformatikai szoftverek folyamatos fejlődése, állandó kihívást jelent a felhasználók számára.

A 2000-es években megjelent a Definiens eCognition objektum-alapú képelemző programrendszer, mely a folyamatos fejlesztésnek és eredményeknek is köszönhetően,

már több verzióban megjelent. Szakdolgozatom témájául választott Városliget városökológiai változását ezzel a programmal szeretném megvizsgálni.

A választott két időpont 1992 és 2022. Pontosan 30 év a különbség, mely idő alatt rengeteget változott a Liget.

A Definiens eCognition szegmentáló és osztályozó eszköztárában számos algoritmust is találhatunk, melyekkel magas szintű képelemzést tudunk végezni. A már egyszer megalkotott folyamat un. szabályrendszer (Rule Set) formájában (.dpr) elmenthető és nagyobb területeken, vagy más képanyagon is lefuttatható. Egy újabb alkalmazásnál a szabályrendszert alkotó folyamatok módosíthatók.

A távérzékelésnek, mint adatforrásnak fontos szerepe van a földfelszín felmérésében és az ehhez kapcsolódó kutatásban. Épp ezért választottam ezt a módszert, hiszen a vizsgált terület, ha morfológiájában nem is, de a felszínborítottságában igen sokat változott.

Az adatgyűjtő távérzékelési technológiák folyamatos fejlődésének köszönhetően egyre jobb minőségű és egyre több adat áll rendelkezésre.

Ahogy a távérzékelési felvevőrendszerek technikailag fejlődtek, úgy a szenzorok javuló – geometriai, spektrális, radiometriai és időbeli – felbontásával növekszik a feldolgozandó adatok mennyisége és minősége. Ez nyilvánvaló a két felvétel között is. Ez idő alatt a szuper nagyfelbontású felvételeket tudunk már készíteni, mely esetében a képpontok mérete az ábrázolt objektumokhoz viszonyítva csökken (Mucsi L. 2007), így egy tematikus kategórián belül igen eltérő intenzitású pixelek fordulhatnak.

Az osztályozásnak több fajtája lehetséges. A pixel-alapú osztályozási eljárás során egy ismeretlen hovatartozású képpont intenzitását önmagában vizsgálja, nem számítva a pixel környezetét, vagyis a homogén területekre (pl. út, épület, mezőgazdasági tábla) eső szomszédos képpontok egymáshoz való viszonyát, térbeli kapcsolatát.

A pontonkénti osztályozásra jellemző tévedés, hogy a környezet átlagától eltérő pixelt nem oda sorolja be, mint ahová a szomszédjaival együtt valójában tartozik, hanem kiragadva a környezetéből abba a kategóriába kerül, ahová önmagában nézve a legjobban illeszkedik. A nagyobb felbontás miatt előnyösebb az azonosítás és az osztályba való sorolás alapját nem egy pixel, hanem valamilyen szempont szerint összetartozó pixelek csoportjait (szegmenseit) képezni. Épp ezért az osztályozást megelőzően, a kép tartalmát

olyan régiókra (szegmensekre) kell felbontani, amelyek szomszédos, összetartozó pixelekből állnak és a valós világ elemeit részben vagy teljes egészében tükrözik.

Egy másik, az objektumalapú képfeldolgozó technikák meghatározására több összefoglaló kifejezés alakult ki – pl.: OBIA (Object-based Image Analysis), ami objektum-alapú képelemzést jelent (Blaschke T.– Hay G.J. 2001, Blaschke T. 2010).

Ahhoz, hogy objektum alapú osztályozást tudjunk készíteni, fontos lépés előtte a szegmentálás, melynek során a képet alkotó pixelekből szegmenseket alakítunk. Ezeket a szegmenseket (másnéven objektumokat) az osztályozás során input adatként használjuk. Az osztályozás pontosságát nagyban befolyásolja a szegmentálás eredménye, hiszen az osztályozás alapját a szegmensekre (objektumokra) számított jellemzők (spektrális, geometriai, térbeli, stb.) képezik.

A szegmensek olyan területek, amelyek egy vagy több dimenziós tulajdonságtérben (featurespace) a homogenitás egy vagy több kritériumának eleget tesznek (Blaschke T. 2010). Legfontosabb tulajdonsága, hogy a megadott jellemzők szempontjából közel homogén egységeket alkotnak, vagyis a szegmens spektrálisan hasonló, szomszédos képpontok egybefüggő halmaza.

Az eCognition szoftver környezetében több lehetőség adott a szegmentálásra. A legegyszerűbb az ún. sakktáblás eljárás, míg a legkomplexebb az összetett régió-orientált módszer.

Ezeknek a módszereknek a döntő többsége a szegmenseket nem csak spektrális tulajdonságaik alapján határozza meg, hanem figyelembe veszi az alak, geometriai összefüggéseket, a szomszédsági viszonyokat, valamint az objektumok hierarchiáját (az objektumokat fölé- és alárendeltségét) is. Az eltérő, de hierarchikusan egymásra épülő szegmentálási szintek objektumai olyan rendszert képeznek, amely lehetőséget biztosít a vizsgált jelenség értelmezésére. A szoftver továbbá lehetővé teszi eltérő geometriai felbontású (azaz több forrásból származó) adatok együttes szegmentálására, valamint egyéb tematikus térképek figyelembevételét az objektumok meghatározása során. Az input adatok (egyes sávok) súlyozhatók.

A városi környezet osztályozásának alapját képező objektumok összetett, több lépésből álló szegmentálással érhetők el. Megfelelő eredmény több algoritmus kombinálásával érhető el. Fontos megjegyezni, hogy ugyanazon kép esetében a szegmentálás paramétereinek beállításánál is célszerű figyelembe venni a vizsgálandó területek

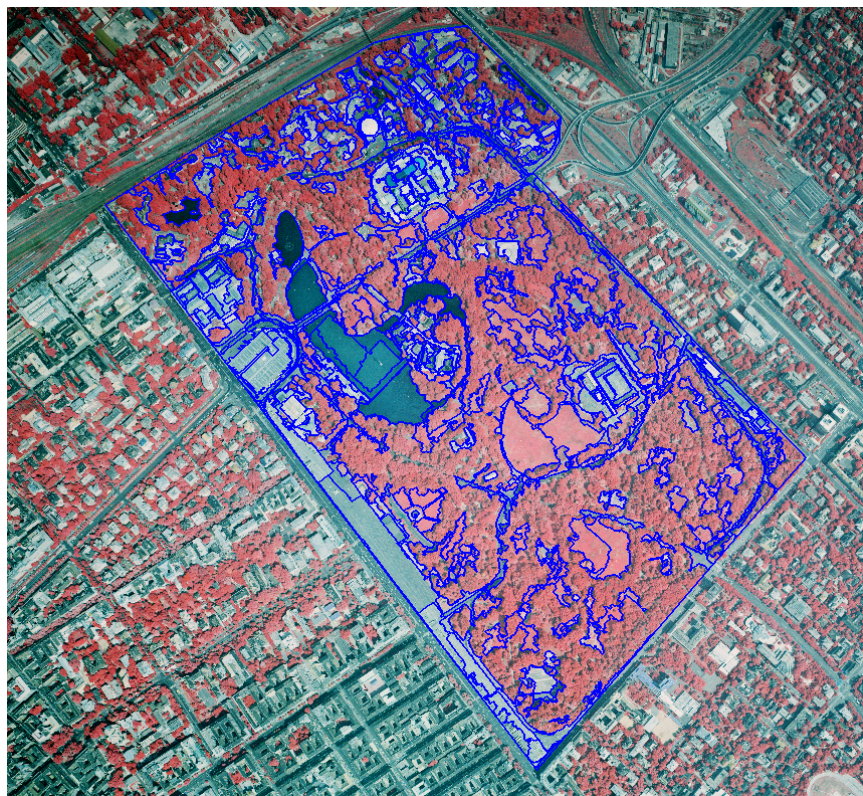
beépítési jellegét. Azok a paraméterek, amelyek tömbház övezetben jó eredményt adnak, nem biztos, hogy alkalmasak családi házas övezet felméréséhez.

Szegmentálás következtében az egy előre meghatározott hasonlósági kritériumot teljesítő és az összetartozó pixelek egy objektumba (szegmensbe) kerülnek. Jelen esetben, mivel az 1992-es kép még lényegesen más minőségben készült, mint az utódja, így azt 400-as, míg a későbbit már tudtam 100-as értékben tudtam szegmentálni.

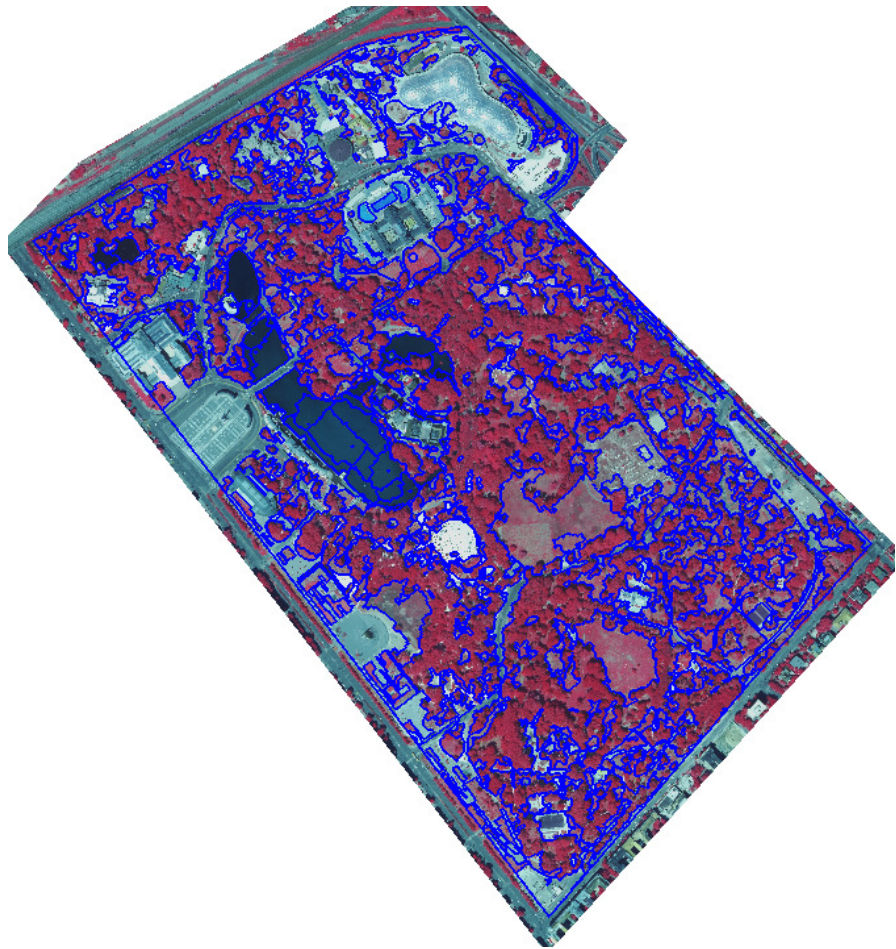
Az alábbi beállításokkal a következő szegmentásokat végeztem el.

Szegmentálási paraméterek:

- Algoritmus: multiresolution segmentation
- Domain: pixel level
- Level settings: mr400 és mr100
- Thematic Layer usage: yes
- Scale parameter: 400 és 100
- Shape: 0.3
- Compactness: 0.5



20. kép Szegmentálási eredmény 1992



21. kép Szegmentálási eredmény 2022

A szegmentálással szembeni elvárások a következőkben foglalhatók össze:

- egyszerű és tömör legyen, ugyanakkor az osztályozásra alkalmas
- a határvonala ne legyen töredezett.
- egy szegmens valamilyen jellemző szerint egységes és homogén legyen
- elkülöníthető legyen a szomszédos szegmenstől

A szegmenseknek le kell fedniük a teljes képet, nem lehetnek átfedésben és nem metszhetik egymást. Jó esetben minden szegmens kielégíti a homogenitási kritériumot. Ha nem elégíti ki a szomszédos régiók uniója nem elégíti ki a homogenitási kritériumot akkor az heterogén (20. – 21. kép).

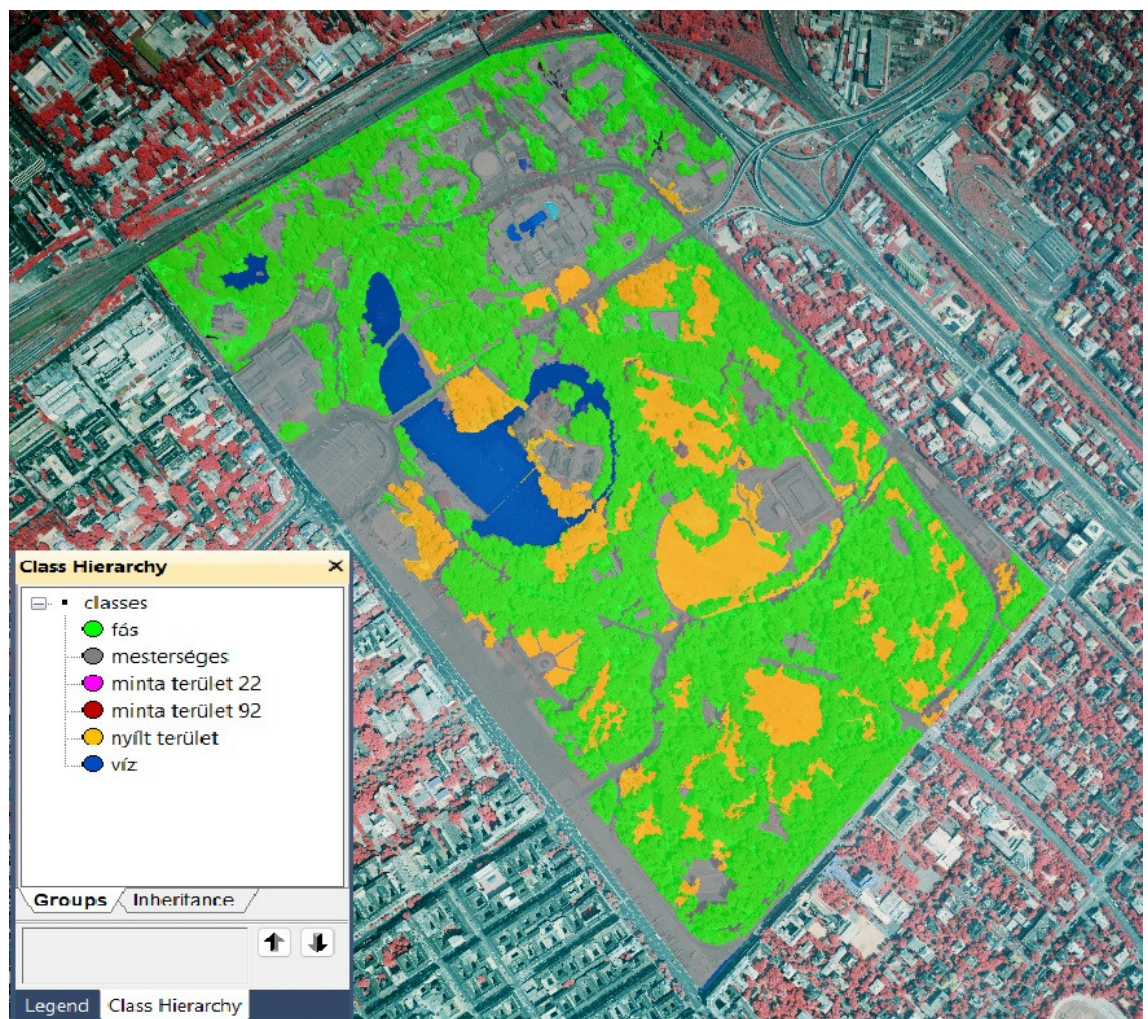
A szegmentálás elvégeztével rátértem az osztályozásra.

Megfelelő osztályozási módszerekkel tematikus információ nyerhető ezekből az adatokból. Jelen területet négy tematikus kategóriába soroltam – mesterséges, víz, fás és nyílt (mező) területre (22.-23. kép)

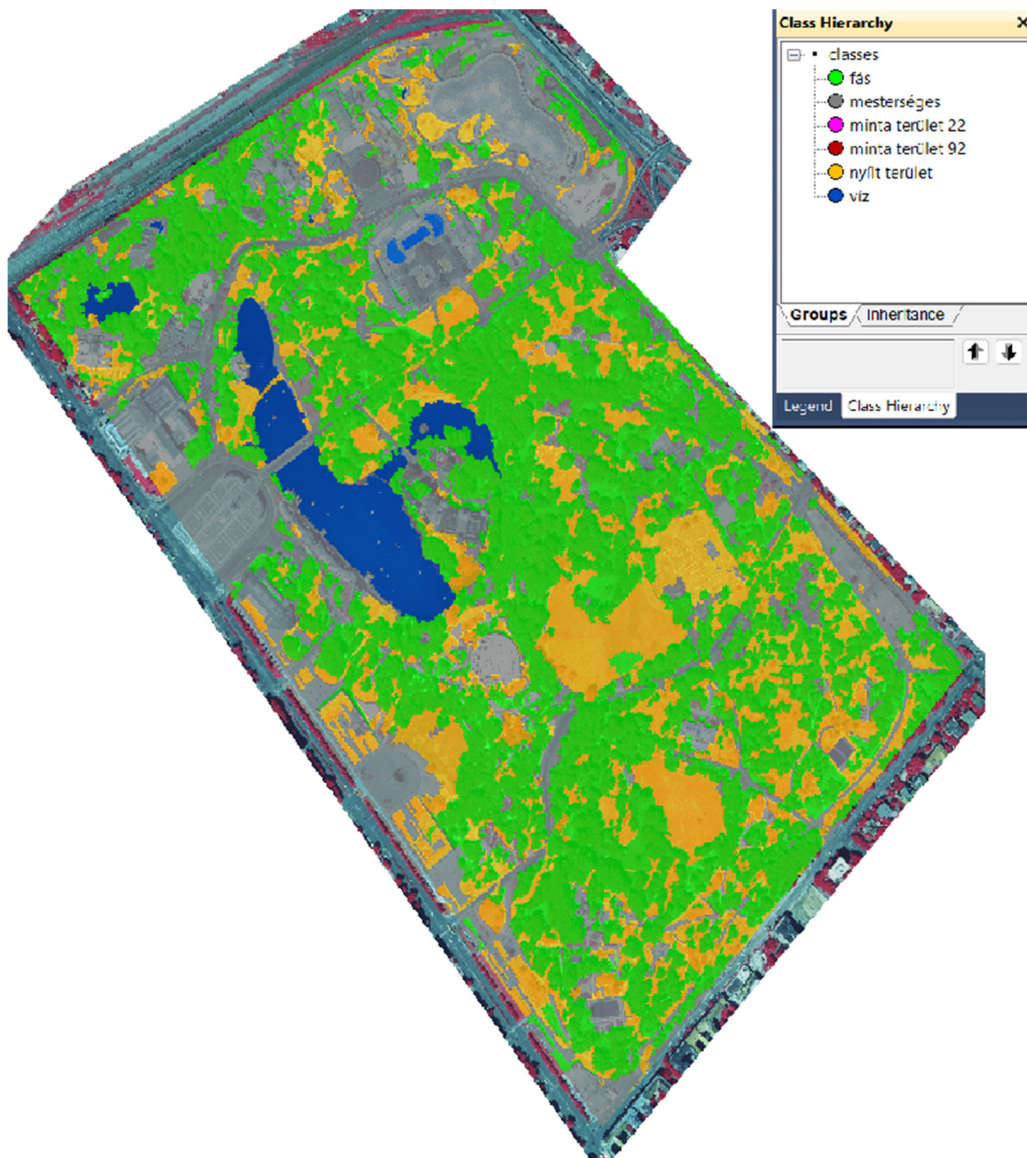
A Class Hierarchyban létrehoztam négy tematikus kategóriát, melyekkel tematikus információk nyerhetők ki az adatokból: – mesterséges terület, víz, fás és nyílt terület.

Osztályozás paraméterei:

- Algorithm: Classification
- Domain: Image Object Level
- Parameter: Value
- Level: mr400 és mr100
- Class filter: a megadott osztályok



22. kép Osztályozás 1992



23.kép Osztályozás 2022

A városi, jelen esetben egy városi park térképezése távérzékelési adatok osztályozásával, különösen a mesterséges területek elkülönítése a természetes környezettől és annak változás itt a fő kitűzött cél. Megfelelő adatok esetén (multispektrális felvételek), a vegetációs indexek (pl. NDVI) segítségével a növényzet nagy pontossággal elkülöníthető. Természetesen a pontosság a felhasznált adatok geometriai és spektrális felbontásától függ, továbbá a felvétel készítés ideje is hatással van az ilyen jellegű felmérésekre – lásd a szegmentálási eredmény is ezt mutatja. Abban az esetben, amikor a felmérés tárgyát különböző kategóriák - mesterséges terület, víz, fás, nyílt terület - képezik, a feladat már nagyobb. A mesterséges kategóriák elkülönítése csupán spektrális jellemzők alapján

nehezen, vagy egyáltalán nem oldható meg. A területre jellemző felszínborítási kategóriák sokasága és egyes kategóriák spektrális heterogenitása, valamint a távérzékelés fizikai törvényszerűségei miatt egy városi környezet osztályozása csak spektrális jellemzők alapján nem egyértelmű és mellé osztályozáshoz vezet, különösen az épületek és utak esetén. Ilyen eseteket tapasztalhattam én is, amikor az osztályozás során számos szegmens nem a megfelelő osztályba került a spektrális hasonlóság miatt. A mellé osztályozások egy része a geometriai jellemzők, mint pl. az objektum mérete, térbeli eloszlása, szabályos alakzatra való illeszkedése alapján javítható. Azonban sem a tető alakja, sem pedig mérete nem tekinthető releváns tulajdonságnak, ami azt jelenti, hogy az épület, mint osztályozási kategória csak spektrális és geometriai jellemzőkkel nem írható le egyértelműen. (Verőné Wojtaszek M. et al. 2015). Elmondható, hogy több forrásból származó adatok együttes használatával érhető el a megfelelő eredmény. (Verőné Wojtaszek M. – Ronczyk L. 2012).

Az alkalmazott osztályozás lényege, hogy valamely tulajdonság együttesek alapján a földfelszínt olyan foltokra bontsuk, melyekben ezek közösnek tekinthetők. Ezt a műveletet nevezzük osztályozásnak. Az osztályozási eljárások alapgondolata abból a gyakorlati tapasztalatból indul ki, hogy a földfelszín különböző jellegű és borítású részletei más - más visszaverési tulajdonságokkal rendelkeznek, azaz a képeken más szürkeségi értékek tartoznak a különböző osztályokhoz (Dr.Sárközy Ferenc)

Ebben a dolgozatban négy nagyobb elkülöníthető felület típust határoztam meg. Ennél is több osztályra lehetett volna osztani a felszínt, vagy alosztályokat létrehozni, mint pl. a mesterséges alá épület, út, játszótér; vagy a nyílt terület alá rét, cserjés, virágágyás, stb. De mivel ennek szinte nem lehet határt szabni, így maradtam a négy legnagyobb elkülöníthető felület típusnál.

A két képet összevetve az osztályozás után, szabadszemmel is jelentős különbségeket vehetünk észre. Míg 1992-ben a zöld szín (fás) erősen dominánsabb, addig 2022-ben sokkal markánsabb lett a mesterséges felületek és a nyílt területek aránya is.

Ennek számos magyarázata van. A mesterséges felületek növekedésének oka többek között, hogy a Vidámpark helyére, melyet nagyban tarkítottak fás és cserjés felületek, Helyére megépült a Pannon Park Biodom épülete.

A hajdani Vidámpark mellett foglal helyet a Fővárosi Nagycirkusz és az Állatkert, ahol viszont a mesterséges borítás helyett a nyílt terület lett a dominánsabb.

Nagyon nagy változáson esett át az Ötvenhatosok tere, mely 1992-ben javarészt nyílt parkolóként funkcionált A Hősök terétől egészen az Ajtósi Dürer sorig. Ma ez már teljesen máshogy néz ki. Erre a területre épült az új Néprajzi múzeum, ami ugyan mesterséges borítottságot is jelenthetne, azonban annak tetejét zöldfelületként alakították ki. A 2022-es osztályozást vizsgálva szemmel látható, hogy a terület nagyrészt nyílt terület fedi – füves, cserjés).

A Városliget DK-i oldaláról elmondhatjuk, hogy nagyobb szerepet kaptak a nyíltabb területek, ahol nem csak mező, füves felület, hanem cserjés, virágos ágyások is megtalálhatóak – pl. a Vakok kertje, valamint nyílt területnek számít jelenleg a lebontott Petőfi Csarnok területe is, mely a Liget projekt III. ütemére vár.

Mindemellett fontosnak tartom megemlíteni, hogy ezek a különbségek egy rész adódhat a két felvétel között különbségből is, és az ez általi szegmentálási különbségekből.

Konklúzióként leírhatjuk, hogy esetekben, mint például a földrészleten belüli beépítettség térképezése vagy földrészletek osztályozása a beépítettség százalékos aránya függvényében a hierarchiarendszernek az osztályozás folyamatába való figyelembevétele segítséget jelent a feladat megoldásában.

7. Összefoglalás

A távérzékelési adatok felhasználása és az objektum-alapú osztályozási eljárások alkalmazása a városi területek tematikus térképeinek olyan lehetőségeket biztosít pl. a városi vegetáció térkép, mesterséges felszínborítás térkép, BGA index (Blue-Green Area Index), stb. elkészítésére, amely jelenleg más módszerekkel nem valósítható meg. A vizsgált terület pillanatnyi állapotáról gyorsan és nagy pontossággal szolgáltat adatokat különböző szakterületek számára, melyek fontos információkat tartalmaznak mind a rövid, mind a hosszú távú tervezéshez. Emellett hatékonyan támogatják a városüzemeltetést. Segítségükkel olyan statisztikai adatok nyerhetők, amelyek a térinformatikai elemzésekben input adatként használhatók fel. Az elért eredmények a megjelenítő és lekérdező GIS modulban a térinformatikai rendszerbe integrálva hasznosíthatók. Az osztályozás pontossága azonban nem csak az adatok geometriai és

spektrális tulajdonságaitól függ, de az alkalmazott képfeldolgozási eljárás is befolyásolja az osztályozás eredményességét. Kritikus pont volt az összehasonlításnál a két kép közötti 30 év különbség és az ebből fakadó szegmentálási különbség.

Az osztályozás folyamán jól kirajzolódik a mesterséges terület, a fás és a nyílt területek alak és mértéblei változása. A víz felülete ilyen szempontból nem változott.

Kiemelném a Néprajzi Múzeum tetejét. Ennek a félhenger, vagy sánc (ki hogy hívja) szerű felületnek a kialakítás igen komoly tervezési és kivitelezési munka, nem is beszélve a növények életben tartásához szükséges fenntartásról. Épp ezért helyezett ki ide a Főkert szenzort, mely folyamatosan küldi a jeleket a talaj nedvességéről. Tovább szenzorok kihelyezése várható még a Városliget területére, így ellenőrizve a talaj nedvességét, melynek alapján sűrítethetjük, vagy ritkíthatjuk a locsolás gyakoriságát és a kibocsátott víz mennyiségét, attól függően, hogy milyen ott a talaj szerkezete, az adott növény mennyi vizet kíván, vagy épp az időjárás teszi szükségessé az öntözésnek, vagy annak elmaradásának.

Összességében elmondhatjuk, hogy bár a Városliget jelentős felületi változáson ment keresztül, arányaiban több lett a nyílt és a mesterséges terület 1992-höz képest, mégis az új arculata egy igen gondozott, szépen kivitelezett és fenntartott parkosított városrészt biztosít az ide látogatók számára.

8. Irodalomjegyzék

1. Adam, K. (1988): Stadtokologie in Stichworten. Hirt Verlag p.179
2. Blaschke T. 2010. Object-based image analysis for remote sensing. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 65 (1), 2–16.
3. <https://www.copernicus.eu/hu/kopernikusz-program> - Kopernikusz program
4. Csorba Péter (1997): Városökológiai térszerkezet – debreceni példák
5. Csornai G.-Dalia O. (1991), Távérzékelés, jegyzet
6. Csornai Gábor – Giachetta Roberto – Dr Fekete István – László István (2014): Távérzékelte felvételek elemzése, Egyetemi jegyzet, ELTE Informatikai Kar
7. Dr. Angyal Zsuzsanna (2018) – Településökológia előadás
8. Dr. Csató Éva (2000): Műholdadatok térképészeti alkalmazása

9. Dr. Mucsi László (1996) - A városökológia elmélete és alkalmazási lehetőségei Szeged példáján, PhD disszertáció
10. Exelounge Kft.: QTA közterületi üzemeltetési rendszer
11. Hans Schaap (2021): Connected Green: Sensoterra
12. <https://land.copernicus.eu/en/products/urban-atlas>
13. Lechner Tudásközpont – 1992-0034-9575; 65-233-o-2022, <https://lechnerkozpont.hu/>
14. Manual of Remote Sensing. Second Edition Volume I., American Society of Photogrameters, 1983.
15. Mezősi Gábor - Mucsi László - Rakonczai János - Géczi Róbert: A városökológia fogalma,
16. néhány elméleti kérdése
17. Mucsi, L. et al. (2007): Városi földhasználat és felszínborítás vizsgálata távérzékelési módszerekkel. Földrajzi tanulmányok Vol.1, Városökológia pp.:19-42, JATEPress
18. Múzeum I Város I Liget I Budapest – Városrendezési hatástanulmány - 3. melléklet: A Városliget rövid története (2014)
19. Nagy Imre: A városökológia elméleti megközelítése
20. Dr. Ronczyk, Levente, Dr. habil. Szilassi, Péter (2013): Városökológia, Településinformatika
21. Dr. Ronczyk Levente (2010): A települési térben megfigyelhető antropogén eredetű felszínváltozások kvantitatív vizsgálata Pécs példáján
22. Dr Sárközy Ferenc – Távérzékelés III., http://www.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/t34c.htm
23. Verőné Wojtaszek M. - Ronczyk L. (2012): Object-based Classification of Urban Land Cover Extraction Using High Spatial Resolution Imagery, International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint
24. Verőné Wojtaszek Malgorzata (2015): Objektum-alapú képelemzés
25. Verőné Wojtaszek Malgorzata (2016): Szuperfelbontású felvételek osztályozásának kihívásai városi környezetben