

Vécsei Erzsébet

Nyugat- magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar

Fotogrammetria és Távérzékelés Tanszék

TDK dolgozat

A városi vegetáció felmérése távérzékelési módszerekkel

Témavezető: Verőné dr. Wojtaszek Malgorzata (*egyetemi docens*)

Készítette: Vécsei Erzsébet

Évfolyam: III.

Székesfehérvár, 2011

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék	1
Bevezetés	3
1. Irodalom feldolgozás.....	4
1.1. A távérzékelés fizikai alapjai.....	4
1.1.2. A sugárzás fizikai törvényei.....	4
1.1.3. Az elektromágneses sugárzás és a földfelszín kölcsönhatása.....	6
2. Városökológia.....	7
3. Kutatási terület jellemzése.....	8
4. Felhasznált adatok	10
4.1. Felhasznált szoftverek és kiértékelési módszerek	11
5. Távérzékelési felvételek analízise.....	12
5.1 Fogalmi problémák felvetése.....	12
5.2 Az előfeldolgozás.....	12
5.2.1. Geometriai korrekció	13
5.2.2. Színkompozit előállítás.....	15
5.2.3. Vegetációs indexek számítása	16
5.3. Műholdas felvételek osztályozása.....	17
5.3.1. Tanulóterületek és spektrális jellemzőinek definiálása.....	17
5.3.1.1. Tanulóterületek spektrális tulajdonságok jellemzése.....	19
5.3.2. Tematikus osztályozás és eredményei.....	23
5.3.2.1. Pixel-alapú osztályozás eredménye	23
5.3.2.2. Objektum orientált osztályozás.....	24
5.4. Az osztályozási eljárások eredményének értékelése.....	26
5.5. A városi felszínborítás felmérése NDVI index alapján.....	26
6. Összefoglalás és javaslatok	31
7. Ábrajegyzék	32
8. Irodalomjegyzék:	33

Bevezetés

A távérzékelés az elmúlt évtizedben rohamosan fejlődésnek indult. A felhasználók részéről megjelent az igény az egyre jobb geometriai és spektrális felbontású felvételekre, melyek egyre szélesebb körű felhasználást tesznek lehetővé. Míg az első műholdak 80 méteres felbontású felvételeket állítottak elő, úgy a mai korszerű technológiával 1 méter alatti geometriai felbontás érhető el. Spektrális értelemben a korábbi 4 sávós képek mellett megjelentek a nagyobb spektrális felbontású felvételek, melyek akár több száz sávból (hiperspektrális felvételek) is állhatnak.

Nemcsak a felbontásban látható fejlődés, hanem az adattár és az eszköztár is igen sokat bővült. A felhasználók egyre inkább igényt tartanak a precíz térhez kötött adatokra és az azokból származtatható tematikus információkra.

A fejlődéssel egy időben a képek feldolgozására alkalmas szoftverek téra is megváltozott. Egyre jobb képfeldolgozó szoftverek érhetők el, melyek a tematikus digitális kiértékelést sokrétűen teszik lehetővé. Azonban az, hogy egyre több tematikus információra van szükségünk, magában hordoz egy olyan igényt is, mely egyre részletesebb adatok előállítására vonatkozik, valamint a kiértékelési eljárások fejlesztését ösztönzi.

Ezeket a komplex kiértékelési rendszereket a gyakorlatban is tesztelni kell. A Nyugat-Magyarországi Egyetem Geoinformatikai Karán jelenleg folyamatban lévő TÁMOP kutatásaihoz kapcsolódva Székesfehérvár területének, mint ökológiai egységnek vegetációját vizsgáltam. Munkám során hangsúlyt helyeztem a vegetációval fedett területek, valamint a vegetáció változatosságának felmérésére. A városi környezet vizsgálatához több időpontban készült, multispektrális űrfelvételek használtam fel.

A TÁMOP kutatás témája: „Városok öko-környezetének komplex vizsgálata a Nyugat-Dunántúli régióban”.

Célkitűzések:

- a város területi növekedésének vizsgálatát az évek során
- vegetációs terület változás vizsgálata LANDSAT TM űrfelvételek alapján
- Székesfehérvárral jellemző zöldterületek spektrális jellemzőinek tanulmányozása
- jelenlegi belterület esetében a zöld terület és a beépített terület felmérése, arányának vizsgálata.
- emellett vizsgáltam a különböző várostér szerkezetekre jellemző vegetáció típusokat és arányukat

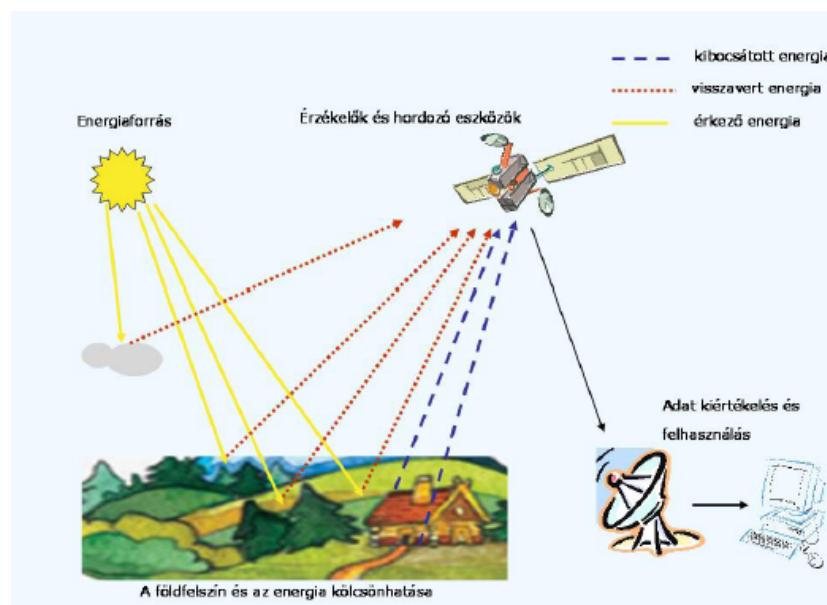
1. Irodalom feldolgozás

1.1. A távérzékelés fizikai alapjai

A távérzékelés egy sajátos adatnyerési eljárás, melynek során a földfelszín vagy a földfelszíni objektumok bizonyos sajátosságairól (pl. méret, anyagi összetétel, stb.) anélkül jutunk adatokhoz, hogy a vizsgált tárggyal közvetlen kapcsolatba kerülnénk.

Az eljárás két alapvető folyamatot foglal magába:

- az objektumról az elektromágneses hullámok által közvetített adatok valamilyen távolságból történő érzékelése
- valamint az észlelt és rögzített adatok feldolgozása és értelmezése.

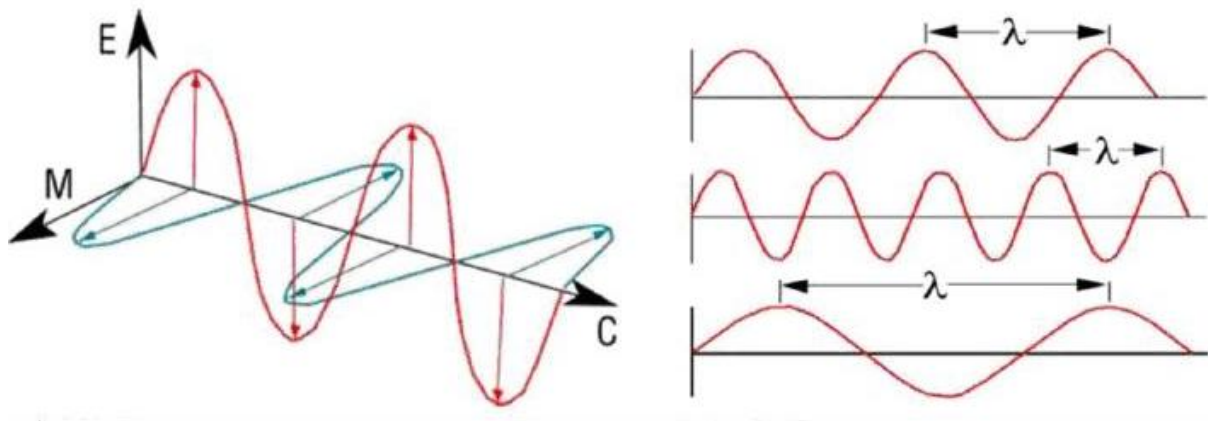


1.1. ábra A távérzékelés folyamata

Távérzékelés során a természetes vagy mesterséges forrásból induló, különböző hullámhosszú elektromágneses energia az atmoszférán keresztül terjed és a földfelszínre jutva ott kölcsönhatásba lép a felszíni objektumokkal. Ezáltal a módosult az energia útja az atmoszférán át a felvevő berendezésig vezet, ahol az energiamennyiség mérése, rögzítése és a földi követőállomásnak való eljuttatása történik. (Verőné Wojtaszek M. 2010)

1.1.2. A sugárzás fizikai törvényei

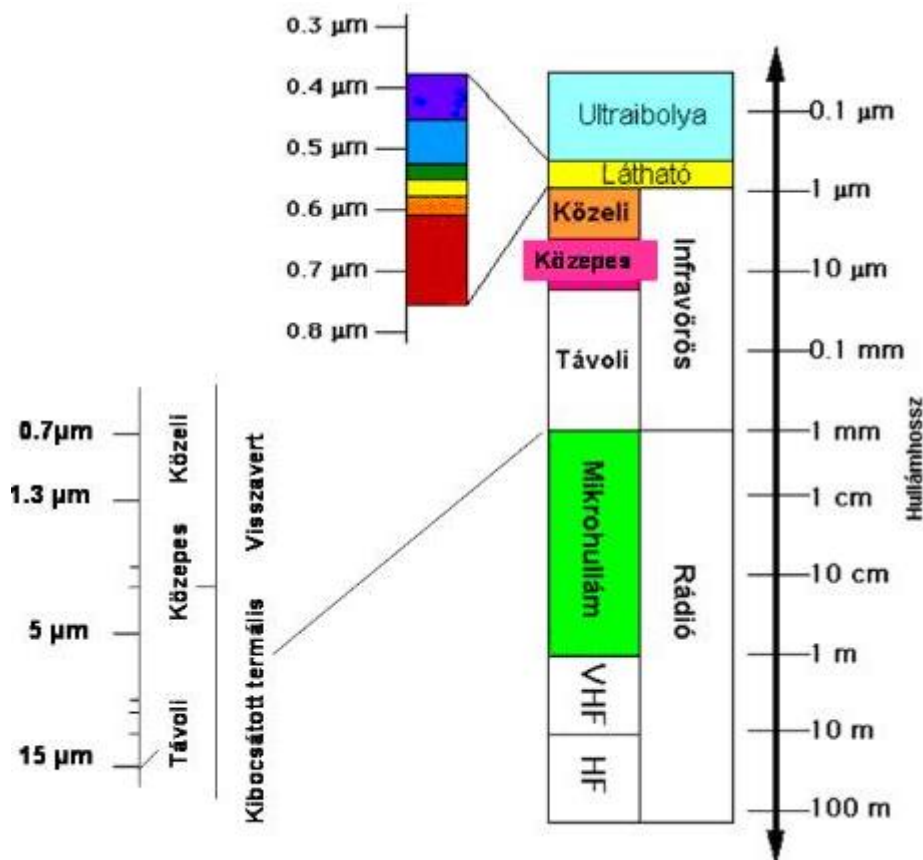
A felhasznált energiaforrások két félék lehetnek alapvetően. Egyrésről a természetes energiaforrás: a Nap illetve a tárgyak felszínéről visszaverődő energia, másrészt pedig mesterséges energia, pl. a radar. Az elektromágneses energiajellemzői fizikai paraméterekkel körülírhatók. Ugyanis az elektromágneses energia szinuszos hullám formájában, a fény sebességével terjed. Összetevői tehát: a hullámhossz, a sebesség és a frekvencia.



1.2. ábra A sugárzás fizikai törvényszerűségei

Két szomszédos hullám csúcsa közti távolságot hullámhossznak, az időegység alatt egy ponton áthaladó csúcsok számát pedig frekvenciának nevezzük. A fény sebessége állandó érték, így a hullámhossz és a frekvencia egymással fordított arányossági viszonyban állnak.

A távérzékelés a teljes elektromágneses spektrumtartománynak csak egy részét használja. Ezt tovább szűkítik egyes légköri jelenségek, pl. a légköri elnyelés. Az érzékelő műszerek leggyakrabban a látható fény egy vagy több sávjával, az infravörös sávokban és a mikrohullámú tartományban érzékelnek. (Verőné Wojtaszek M., 2010)



1.3. ábra Az elektromágneses spektrum hullámhossz tartományai

Látható fény tartománya (VIS): ($\lambda = 0,4-0,7 \mu\text{m}$) az emberi szem által érzékelhető elektromágneses sugárzás, a kéktől a zöldön át, a vörös színig terjed.

Közei infravörös (NIR): ($\lambda = 0,7-1,3 \mu\text{m}$) a látható fényhez hasonlóan a felszín által visszavert napsugárzás közvetíti az információt.

Közepes infravörös (MIR): ($\lambda = 1,3-3,0 \mu\text{m}$) ebben a tartományban is a visszavert napsugárzás dominál, de a kibocsátott energia a távoli infravörös rövidebb hullámhosszú részében is észlelhető.

Távoli infravörös (TIR): ($\lambda = 3,00-15,00 \mu\text{m}$) jelentőssé válik a felszín által kibocsátott sugárzás, mellyel a felszín termális tulajdonságait tanulmányozhatjuk.

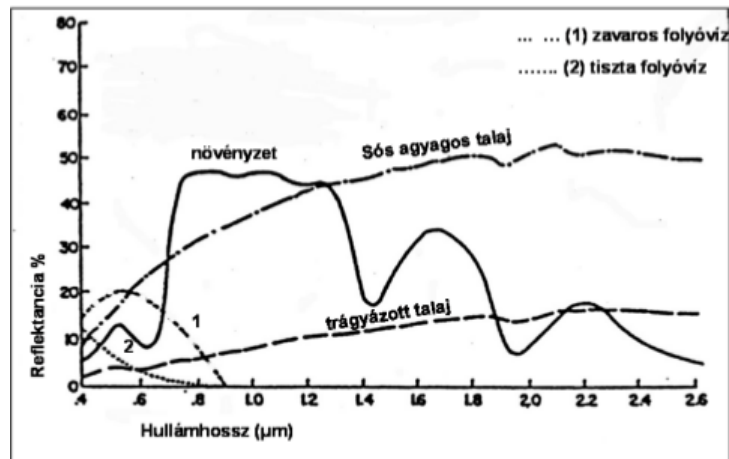
Mikrohullámú tartomány: ($\lambda = 1 \text{ mm}-1 \text{ m}$) a légkörnek csekély hatása van ebben a tartományban, így a felvételezés szempontjából független időjárástól és napszaktól.

1.1.3. Az elektromágneses sugárzás és a földfelszín kölcsönhatása

A földfelszínre jutó elektromágneses sugárzás kölcsönhatásba lép a különböző felszíni objektumokkal. Az energia egy része visszaverődik, egy része elnyelődik és egy része tovább halad. A felszíni tárgyak különbözőképpen reflektálják, nyelik el és továbbítják az energiát. a különböző hullámhossz tartományokban.

A felvételek elemzésekor a kölcsönhatás során megváltozott sugárzásból kívánjuk meghatározni a vizsgált objektum paramétereit. Ehhez szükség van a talajfelszín spektrális tulajdonságainak ismeretére. Az objektumok spektrális jellemzésére a reflektancia értéket használjuk. Ez az érték megmutatja az adott felszínre belépő és arról visszavert energia hányadosát egy adott hullámhosszon, általában százalék mértékegységben. A reflektancia adatok ábrázolását a hullámhossz függvényében reflektancia görbének nevezzük. (Verőné Wojtaszek M., 2010)

A 1.4. ábrán látható három fő felszínborítás reflektancia görbéi: egészséges növényzet, csupasz talaj és a tiszta víz. A görbék jellegzetes lefutása összefüggésben van a borítás tulajdonságaival.



1. 4. ábra A három fő felszínborítási típus reflektancia görbéi

Az egészséges növényzet reflektancia görbéje a legváltozóbb és több jellegzetes helyi minimális és maximális érték jellemzi a lefutását, ami a növények biológiai felépítésével magyarázható. A látható spektrum tartományban lévő lokális minimum a levelek klorofil aktivitásától függ. A növény levelei erősen abszorbeálják a kék és a vörös fényt, míg a zöld tartományban sugárzott energiát nagyobb mértékben verik vissza. A közeli infravörös tartományban a reflektancia görbe ugrásszerű megemelkedése a levelek szerkezetének tulajdonítható. Egyes fajoknál a levelek belső szerkezete különbözik egymástól, ami eltérő reflektanciát is eredményez. Ez lehetőséget ad egyes fajok elkülönítésére akkor is, ha a látható spektrum tartományban azok nagyon hasonlóak. Ha egy növény valamilyen káros hatástól szenved, akkor csökken a fotoszintézis üteme és lelassul a növekedése, ami a növényzet spektrális tulajdonságainak változását is eredményezi.

2. Városökológia

A XIX. század elején a Föld lakóinak csupán 2.4 %-a élt városokban, míg napjainkra ez az arány kb. 51 %. A Föld lakosságának száma is ezzel arányosan gyors iramban növekedett. A beépített területek ebből kifolyólag egyre inkább kiterjedtek és ez magával hozta egyben a mesterségesen kialakított városi környezet negatív hatásait is: zaj, környezetterhelés, klímaváltozás, stressz hatások, stb.

A társadalom és földrajzi környezete közötti kapcsolatok és konfliktusok jellegzetes pontja a település. A városökológia ezeket a konfliktusokat összetett társadalmi-környezeti rendszerben jellemzi. A kapcsolatrendszer elemzése több szempontból is lehetséges: pl. szociológiai, társadalom-földrajzi szempontokból. A kezdeti városökológia elemzések kissé eltérnek a maiaktól, azonban számos fogalom változatlanul fennmaradt: a konfrontáció, szegregáció, konkurencia, stb. Az USA-ban ez teremtette meg a városszociológiai vizsgálatok alapját. Felismerték, hogy az urbanizáció hatására a lakosság növekedés és a társadalmi kapcsolatok megváltozása mellett létrejön a sajátos városi szerkezet, a különféle városi formák.

Más megközelítés lehet a biológiai-ökológiai indíttatású elemzések, melyek a növények és állatok élőhelyének vizsgálatára terjedtek ki leginkább. A biológiai megközelítés szerint a városökológiát, mint biológiai szerveződéssel foglalkozó tudományt értelmezhetjük. Ily módon a városökológia a szünbiológia része, és alapvetően egy biológiai jellegű tudományág (Gallé 1997).

Szintén más megközelítésben vizsgálható a kérdés építészeti, tervezői szemszögből. Az angol szakirodalom a tájökológia alatt leginkább a műszaki jellegű tájépítészetet értelmezi, ahol az ott élő emberek feladata a környezet lakhatóvá válása és a lakhatóság fenntartása. E szerint a város a megtervezendő beavatkozások összefoglaló keretét képezi. Cél a városi területek minél ésszerűbb felhasználása, a gazdaságosság maximálása, az esztétikai igények kielégítése.

Magyarországon a településtervezés szempontrendszere építészeti indíttatású. A legfontosabb szabályozás az 1997. évi 78-as törvény az épített környezet alakításáról és védelméről. Ennek értelmezésében településrendezési tervet kell készíteni.

Ezen belül is ki kell alakítani egy településszerkezeti tervet, mely meghatározza a település alakításának, védelmének módjait, a fejlesztés irányát, a területek felhasználási módját. A város dinamikailag egységes rendszert képez. A természeti, társadalmi és mesterséges típusokba sorolható részei egymással kölcsönhatásban vannak. A város, mint ökológiai rendszer sajátosságának tekinthető, hogy benne ökológiai faktorokon túl ökonómiai-társadalmi tényezők is szerepelnek. A város, mint rendszer több egységre bontható. A statisztikai és távérzékelési elvek szerint a következő fő beépítési típusai vannak: ember által beépített területek, mezőgazdasági hasznosítású területek, erdők, bokros, füves területek, gyér vegetációjú vagy vegetáció nélküli területek, mocsaras, vízzel elöntött vidékek. (Mezősi Gábor et al. , 2007)

3. Kutatási terület jellemzése

Székesfehérvár Fejér megye székhelyeként a Közép-dunántúli régióban helyezkedik el. Az egyik legősibb múltú városunk, ősi koronázó székhely. Földrajzi elhelyezkedését tekintve a Móri-árok déli végében, a Velencei- tó közelében, attól 15 km-re helyezkedik el. A várost 972-ben alapította Géza fejedelem a Gaja-patak és a Sárvíz által táplált mocsarakból kiemelkedő négy szigeten. Ezek egyike a mai belváros. A város területi kiterjedését tekintve megállapítható, hogy az a történelem során többszörösére növekedett és a beépített környezet a társadalmi-gazdasági növekedés iramában terjedt ki. Ennek megfelelően a lakosság száma is megnőtt, bár a rendszerváltás óta a lakosság számában egyfajta csökkenés figyelhető meg. 1989-ben kell megemlíteni egy népességi csúcsot, akkor a városban 113 935 főt számláltak. Azóta a népességben csökkenés figyelhető meg, a 2010-es felmérés szerint a lakosság 101 973 főt tesz ki. Az 1945-ben még csak 35 ezer lakost számláló város lélekszáma az 1970-es évekre 100 ezerre nőtt. A XVIII-XIX. századból felmérések alapján készült térképek (katonai felmérések és várostérképek) segítségünkre vannak, amelyek felhasználásával nagyjából nyomon követhetőek a város változásai. A XX. század folyamatainak megértését a sok várostérkép, a légi felvételek, és az előző korokhoz képest nagyszámú írásos dokumentum is segíti.

Az első katonai felmérés 1:28800-as méretarányban folyt az egész Birodalomra kiterjedve. A Fehérvárt ábrázoló szelvény 1783-ban készült. Itt láthatók először a Palotai városhoz tartozó "Rátz szűrük" (ez a mai Rác utca körüli terület).

A legközelebbi térképmű a Ferenc József uralkodása idején zajló második katonai felmérés során készült Székesfehérvár területéről. Ez a felmérés, a jozefinánushoz hasonlóan, 1:28800-es méretarányban lett végrehajtva, de azzal ellentétben itt Fehérvár két térképlapon szerepel.

A következő katonai térképezés 1882-ben 1:25000-es méretarányban történt Fehérvár területén. Székesfehérvár területfejlődését, terjeszkedését az utóbbi fél évszázadban az 1:25000-es méretarányú Gauss-Krüger térképek segítségével követhetjük nyomon. Az 1951-es Gauss-Krüger térképek a harmadik katonai felmérés anyagának helyszíneléssel történő frissítésével jöttek létre. Az időközben eltelt fél évszázad a két világháborúval és a békeévekkel együtt hatalmas változásokat hozott mind a város képében, mind az életében.

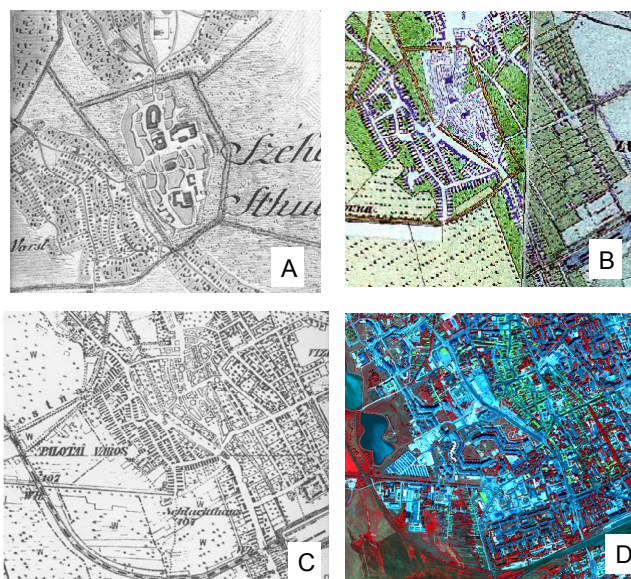
Ezek a változások nagyvonalakban az ipari létesítmények létrejötte és a város területének növekedése. A következő, immár teljesen új felmérés alapján elkészített szelvények 1972-ben, a legfrissebb felhasználható katonai felmérés pedig 1987-ben jelent meg a város környékéről. Ezen térképek a legnagyobb változásokat a lakóterületeken mutatják: az 1950-es évektől kezdődően a kilencvenes évek elejéig zajló tömbházépítések, amelyek eredménye a 4-10 emeletes társasházakból álló tucatnyi lakótelep létrejötte. A nyolcvanas évekre a tízeemeletes panelházak lettek Fehérvár városképének meghatározó elemei.

A 3.1. ábrán figyelemmel követhetjük Székesfehérvár területének változását, a beépítettség és az infrastruktúra fejlődését az első katonai felméréstől napjainkig.

Az „A” jelű ábra szemlélteti az első katonai felmérés eredményét, mely 1780-1784 között készült el. Ehhez a térképhez képest a „B” jelű térkép már a második katonai felmérés eredménye. Megfigyelhető a beépítettség növekedése. A második katonai felmérés két szelvényen készült és a két szelvényt eltérő időpontokban állították elő, a nyugati rész felmérése 1847-ben, míg a keleti részé 1859-ben történt meg. Egy igen fontos változás azonban jól látható az előző térképekhez képest, ez pedig a vasútállomás és az innen Buda, Komárom, Veszprém és a Balaton felé kiinduló vasútvonalak.

A „C” jelű ábra jelöli a harmadik katonai felmérés (1872-1884) eredményét. Ez a harmadik katonai felmérés ismét egy szelvényen ábrázolja a várost, és valamivel nagyobb méretarányát tekintve is jobb áttekintést nyújt a településről. Megállapítható az előző évekhez képest a város beépített területének növekedése, látható az út- és vasúthálózat fejlődése.

A „D” jelű ábra jelöli a mai állapotot. A 2011-ben elkészült nagy felbontású műholdas felvétel részletes és sokszínű elemzést tesz lehetővé. A két szélső időpontot összehasonlítva (első katonai felmérés és napjaink) megállapítható egy ugrásszerű fejlődés az infrastruktúrában és városszerkezetben. Egyértelmű növekedés figyelhető meg a beépített területek esetében.



3.1.ábra Székesfehérvár beépített területének növekedése az első katonai felméréstől napjainkig (részlet)

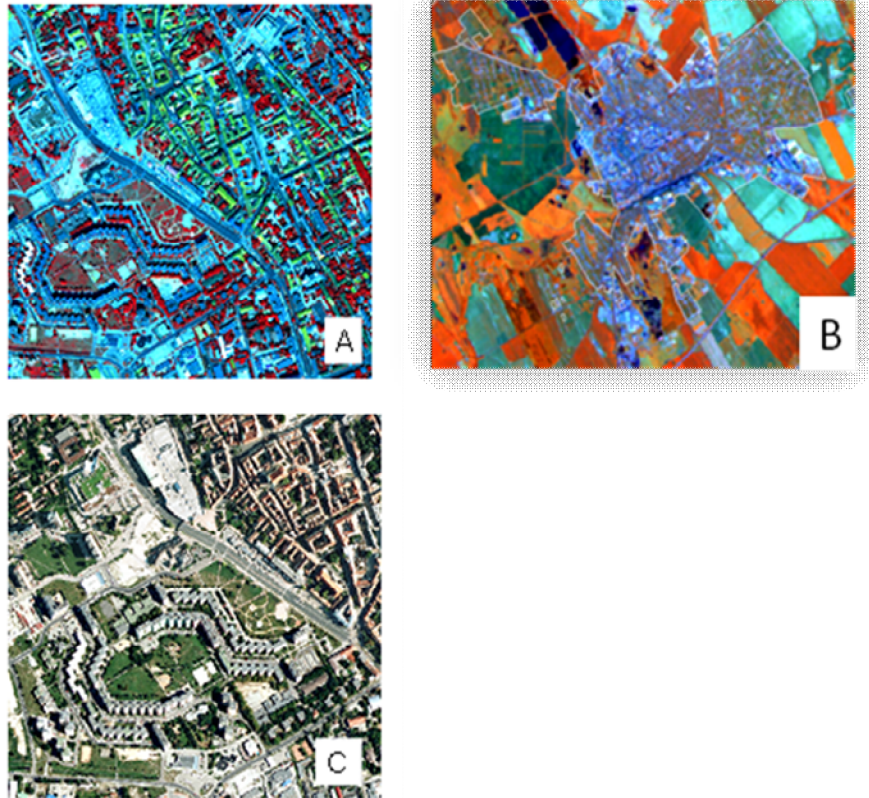
4. Felhasznált adatok

Alapvetően input adatként használtam légifelvételeket és űrfelvételeket, azonban a város terjeszkedésének vizsgálatához egyéb tematikus adatokat is igénybe vettem, pl. katonai felmérés, topográfiai térképek. Egyéb referencia adatként használtam a terepi bejárás során nyert adatokat a felszínborításra vonatkozóan.

Az felhasznált adatokra vonatkozó információkat a következő táblázat tartalmazza:

1. Táblázat Felhasznált adatok paraméterei

Távérzékelési adat	Geometriai felbontása	Spektrális felbontása
Légifényképek (2008,2009) (4.1.ábra /C)	0.5 m	Látható, ill. közeli infravörös
LANDSAT TM (2006) (4.1.ábra /B)	30 m	6 sáv (látható, ill. közeli- és közepes infravörös)
WorldView2 (2011) (4.1.ábra /A)	0.5-2 m	1/8 sáv (látható, ill. közeli infravörös)



4. 1. ábra Felhasznált felvételek (részlet)

Egyéb tematikus adatok:

Topográfiai térképek (1:10 000)

II. katonai felmérés térképei

Székesfehérvár térképek

4.1. Felhasznált szoftverek és kiértékelési módszerek

A több időpontban készült, többsávos és több forrásból (Landsat TM (2006), WorldView2) származó űrfelvételek elemzését IDRISI szoftverekkel végeztük. Az előfeldolgozott űrfelvételeket több szempontból kiértékeljük. A Landsat TM felvételek tematikus osztályozásával – tanulóterületek alapján – felmértük a területen az egyes felszínborítások megoszlását, kiemelve a zöld területeket.

Az IDRISI a Clark Egyetemen kifejlesztett széles körben használt, raszter-alapú térinformatikai és képfeldolgozó program. Az Idrisi 16 The Taiga Edition a legújabb verzió. A térinformatikai és képfeldolgozó eszközöket közel 300 modulban foglalja össze, ami lefedi a szakma minden igényét az adatbázis lekérdezésektől a képelemzésen keresztül az összetett térbeli és időbeli elemzésig.

A munka során a következő kiértékelési módokat alkalmaztam:

- Pixel-alapú osztályozás tanulóterületek alapján
- Objektum orientált osztályozás
- NDVI indexek alapján történő kiértékelés

5. Távérzékelési felvételek analízise

5.1 Fogalmi problémák felvetése

Fogalmi kérdések:

- Helyes kategóriák felállítása az osztályozás előtt
- Területhasználati (társadalmi célok) és felszínborítási (anyagok fizikai tulajdonságok) kategóriák összefüggésének elemzése (elkülönítése)

Spektrális kérdések:

- Alapvető természetes felszínborítások
- Mesterséges anyagkeverékek: spektrális tulajdonságai, koruk, pozíciójuk a felszínen jelentősen eltérhet ugyanazon anyag esetében.
- vegetáció vizsgálata: zöld területek térbeli változása, vegetáció szezonális változásai

5.2 Az előfeldolgozás

Az eredeti képeket számos radiometriai és geometriai hiba terheli, így azok előzetes javítás után használhatók csak fel. Az adatokat terhelő hibák eredhetnek pl. a légkör zavaró hatásaiból, a szomszédos területek átsugárzásából, a pályamagasság változásából, stb. Az űrfelvételeket a földi vevőállomáson korrigálják a felvevő rendszer paramétereinek alapján, ez az ún. rendszer- korrekció. A radiometriai korrekció során a különböző jellegű véletlen és szisztematikus hibákat távolítják el. A geometriai korrekció során pedig a rendszer működéséből eredő torzításokat javítják. A hibák eltávolítása azonban nem teljes, így a távérzékelte adatok gyakorlati alkalmazása előtt további korrekciók elvégzése szükséges.

Az előfeldolgozás célja a felvételek olyan átalakítása, mely a felvételeket gyakorlati felhasználásra alkalmassá teszi. Az előfeldolgozáshoz a következő műveletek tartoznak:

- képek bevitele a feldolgozó rendszerbe
- adatok megjelenítése
- radiometriai hibák csökkentése

- vizuális interpretációt segítő eljárások
- térképi rendszerbe illesztés
- adatcsökkentő eljárások
- hányados képek előállítása
- előfeldolgozott felvételek megjelenítése

5.2.1. Geometriai korrekció

A munka során felhasznált légifelvételek és Landsat TM felvételek esetében nem kellett elvégezni a transzformációt, mert az már korábban megtörtént. Így a transzformációt csak a 2011-es űrfelvételre végeztem el.

A mechanikus pásztázók esetén a felvétel a műholdmozgás pályára merőlegesen, pixelenként vagy soronként nem egy időpillanatban, hanem több másodperc alatt jön létre. Így a földgörbületből, domborzatból, mozgási egyenetlenségből adódó torzulásokat még a Föld forgásából adódó geometriai hibák is tetézik. A geometriai korrekció célja ezen hibák kijavítása és a felvétel térképi vetületbe illesztése.

A teljes folyamatot két részre bonthatjuk:

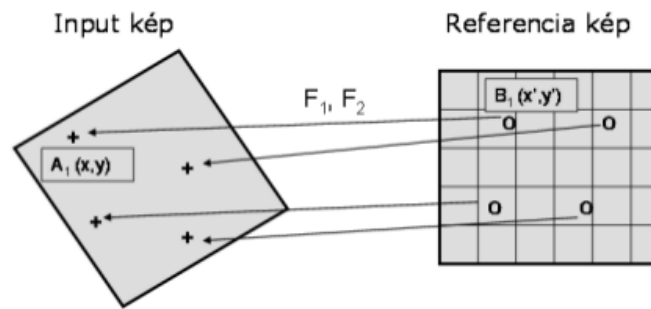
- koordináta transzformáció paramétereinek meghatározása
- pixelenkénti koordináta transzformáció

A koordináta transzformáció során feltételezzük, hogy a digitális képalkotásnál alkalmazott mintavételezés valós.

A háromdimenziós tér valamely pontjához a $P(x, y)$ képpontot rendeljük hozzá. A két különböző koordináta-rendszer között megkeressük a függvény-kapcsolatot, mely segítségével a felvétel a másik rendszerbe átszámítható. Ehhez egy kétváltozós függvényt szokás alkalmazni.

A korrekciós függvény együtthatóinak definiálása történhet:

- a bemenő és kimenő kép pontjainak koordinátái közötti kapcsolat függvény együtthatóinak megoldásával direkt módon
- illesztő pontok alapján a transzformációs paraméterek számításával



5.1. ábra Geometriai korrekció

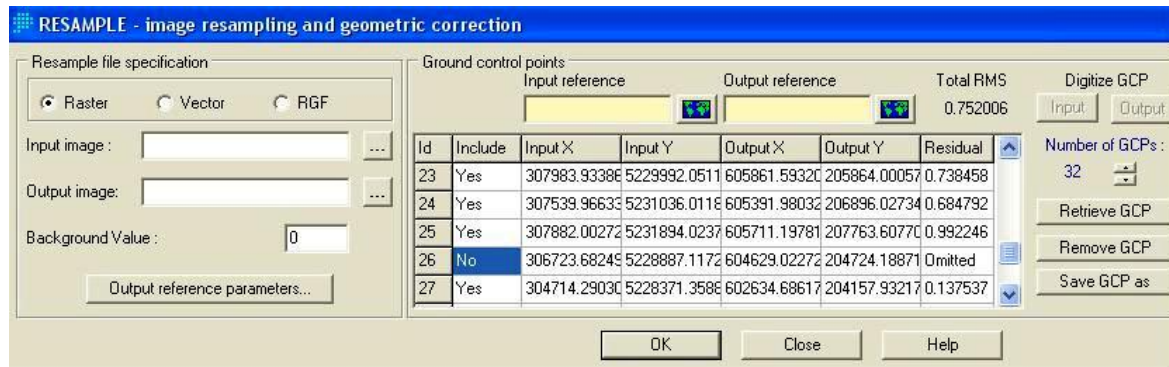
Első esetben a két rendszer között analitikusan meghatározzuk a kapcsolatot és megadjuk a leképező függvény együtthatóit.

Az általam elvégzett geometriai korrekció során 27 illesztőpontot használtam fel arra, hogy a Székesfehérvárt ábrázoló műholdas felvételt EOVS rendszerbe alakítsam át. Ehhez egy már a célrendszerben lévő légi felvételt vettem alapul. Olyan pontokat kerestem, melyek mindkét felvételen jól láthatók és egyértelműen beazonosíthatók. Tipikus illesztőpont példája az útkereszteződés, az épület sarokpont (5.2. ábra).



5.2. ábra Általam választott illesztőpont (példa)

A két forrásból származó illesztőpontok mindkét rendszerben ismert koordinátái segítségével számíthatjuk a feltételezett leképező függvény együtthatóit a legkisebb négyzetek módszere alapján. Az új intenzitási értékek meghatározása a legközelebbi szomszéd módszer alapján történt.

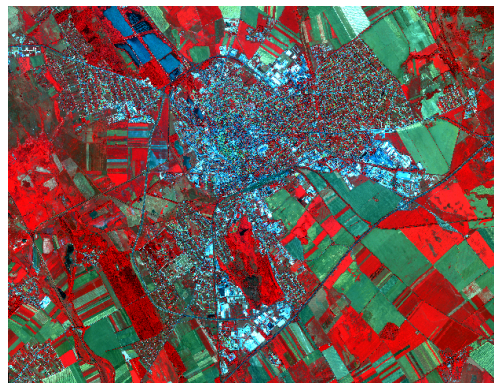
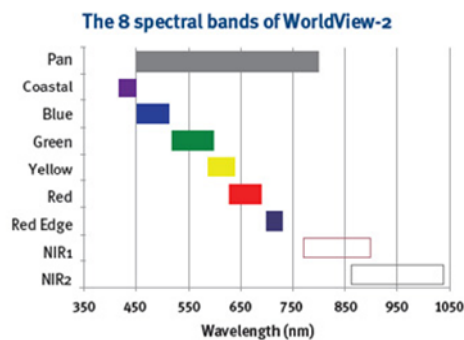


5.3. ábra A geometriai transzformáció eredménye

5.2.2. Színtkompozit előállítása

A WorldView műhold szenzorai az elektromágneses spektrum 8 sávjában rögzítenek adatokat multi spektrális üzemmódban, valamint 1 pánkromatikus sávban. A színtkompozitok előállításakor 3 tetszőlegesen kiválasztott sávhoz hozzárendelünk 3 alapszínt. A sávok kiválasztásánál a vegetációra vonatkozó információ nyerése volt a célom, így a színtkompozit előállításához felhasználtam a látható spektrum tartományban készült ún. klorofil elnyelési sávokat és a közeli infravörös tartományt, ahol a levélszerkezet visszaverődése érvényesül.

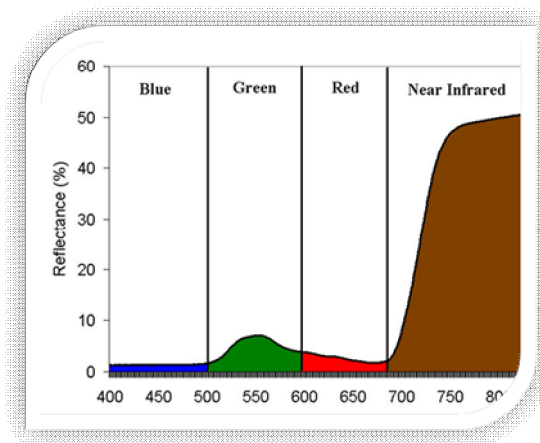
Landsat TM szenzor esetén a színtkompozit előállításakor ugyanezeket a szempontokat követtem és a látható tartomány vörös sávját valamint a közeli és közepes infravörös tartományt választottam a kiértékeléshez.



5.4. ábra WV2 spektrális felbontása és a színtkompozit (257, részlet)

5.2.3. Vegetációs indexek számítása

Az eredeti felvétel sávjai között elvégzett aritmetikai műveletek eredményei. Az eljárás alkalmas két sáv információjának összehasonlítására, az eltérések kimutatására, összevonásra. A sávok között számított ún. vegetációs indexek különösen a növényzet monitoringjához nyújtanak segítséget. A vegetációs index számításához általában a spektrális csatornák közül a látható fény vörös (RED) tartományba eső sávot és a közeli infravörös sávot (NIR) használják. A vegetációs indexek a növényzet jelenlétének kimutatására és állapotának jellemzésére alkalmasak.



5.5. ábra Elektromágneses spektrum sávjai

Leggyakrabban használt indexek számítási módszerei:

Különbség index:

$$D(NIR, R) = NIR - R$$

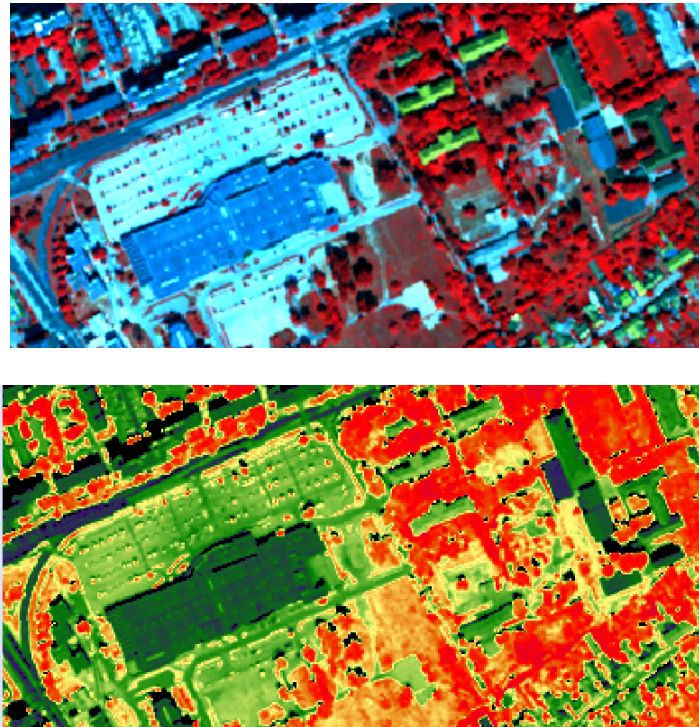
Egyszerű vegetációs index:

$$VI(NIR, R) = NIR / R$$

Normalizált vegetációs index:

$$NDVI(NIR, R) = (NIR - R) / (NIR + R)$$

A munka során használt WorldView spektrális felbontása lehetőséget ad az ún. Red Edge (vörös-él) sávnak beépítésére az egyes vegetációs indexekbe. Ezáltal több információt nyerhetünk a növényzet egészségi állapotáról, a vegetációt érő ún. stressz hatásokról.



5.6. ábra NDVI index számításának eredménye (részlet)

5. 3. Műholdas felvételek osztályozása

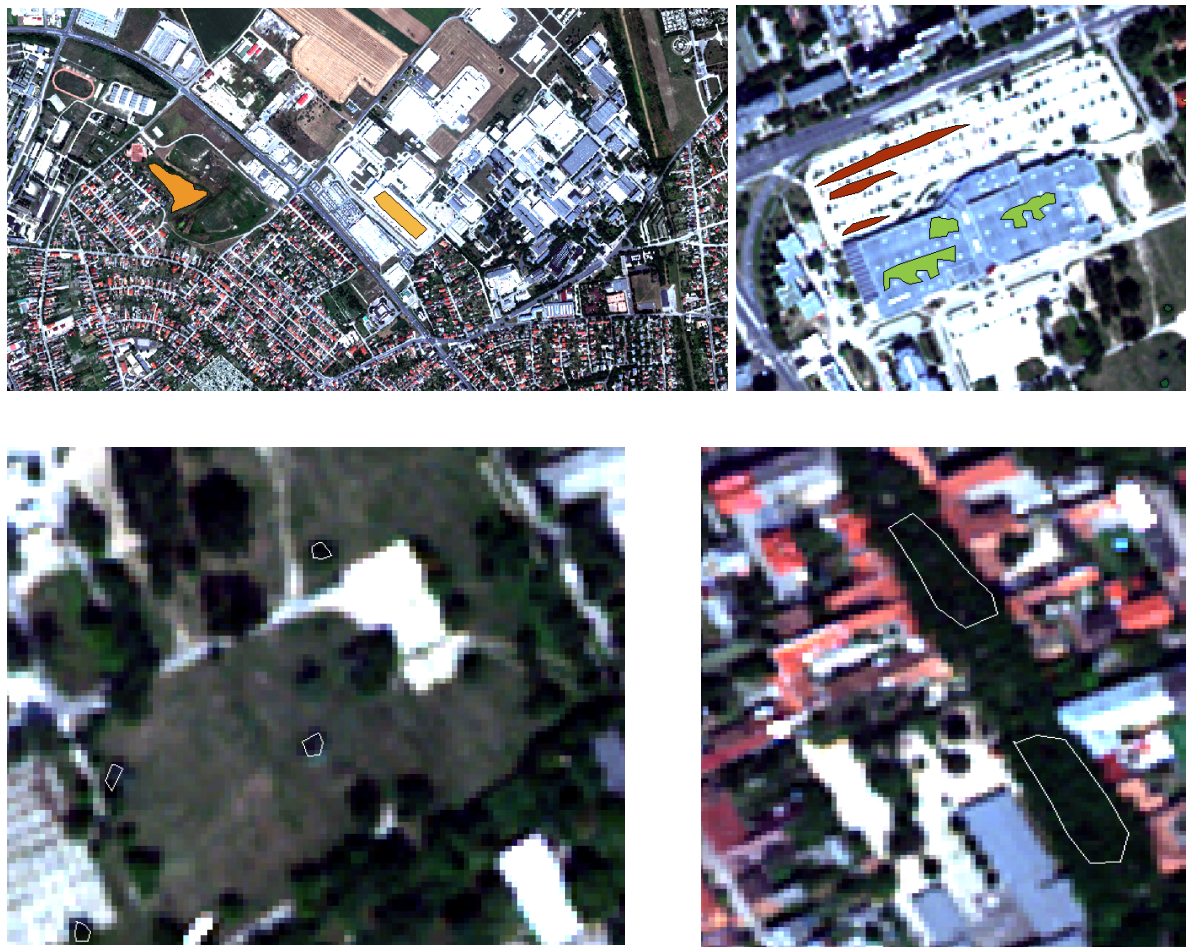
A számítógépes osztályozás képpontokon alapuló műveleteket, statisztikus és szisztematikus módszereket foglal magában. A kép osztályozása a képpontok, összetartozó képpont együttesek sajátosságai alapján való felismerését, kategorizálását jelenti és történhet képpont értékei (intenzitásai) alapján valamint textúra elemzéssel vagy alakfelismeréssel. A hibák valószínűsége szempontjából ez a módszer már optimális, de itt is követhetünk el hibát.

Az osztályozást alapvetően két módszerrel végeztem, a pixel-alapú és az objektum orientált eljárással. Ehhez azonban szükség volt előzetesen tanulóterületek definiálására.

5.3.1. Tanulóterületek és spektrális jellemzőinek definiálása

A felügyelt osztályozás során a kép minden egyes pixelét a különböző tematikus kategóriák valamelyikéhez soroljuk be a tematikus kategóriák mintáiból kigyűjtött adatok alapján (Czímber).

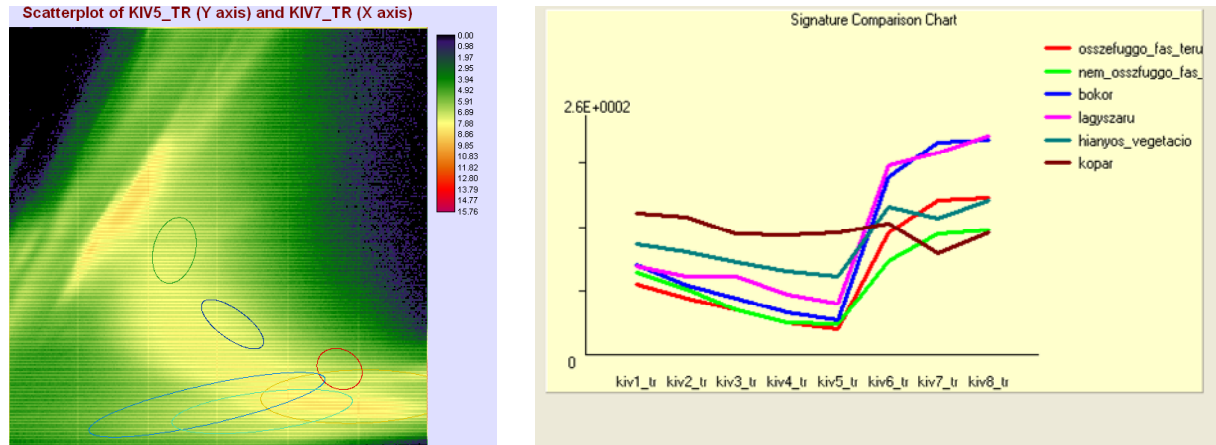
A tanulóterületek kiválasztásánál feltétlen fontos szempont volt tehát az, hogy az a tanulóterület homogén legyen és reprezentatív a terület egészére. Tehát olyan területeket kerestem a városban, melyek minden általam elkülöníteni kívánt vegetáció típust képviseltek. Továbbá a beépített (nem fotoszintetizáló) területekről is mintaterületeket jelöltem ki. Azonban a további kiértékelés során nagyobb hangsúlyt fektettem a vegetáció vizsgálatára, a dolgozat témájához is igazodva. Az osztályozáshoz szükséges tanuló területek kiválasztásánál figyelembe vettem a terület felszínborítását és térbeli mintázatokat.



5.7. ábra Egyes tanulóterületek választásának eredménye (részlet)

Az 5.7. ábrán látható, hogy tanulóterületként választottam tipikusan burkolt felületet (parkoló) és a vegetáció több típusát. Látható, hogy a vegetáción belül is szükséges elválasztani a típusokat (pl. a bokros területet és a fákat).

Az osztályozás során elkülönített tanuló területeket a lehető legnagyobb odafigyeléssel kell megállapítani. Olyan területeket kell megadni egy-egy tanulóterületként, ami reprezentatív az egész vizsgált területre. Gyakorlatban, egy tematikus kategórián belül spektrálisan eltérő adatszoportosulások fordulnak elő (pl. különböző színű háztető, különböző fafajok), így több alkategóriát jelöltem ki. Osztályozás után egyes vegetációs álkategóriák, valamint burkolt felszínek összevonásra kerültek.



5.8. ábra Egyes tanulóterületek elhelyezkedése az intenzitási térben (WoldView 57)

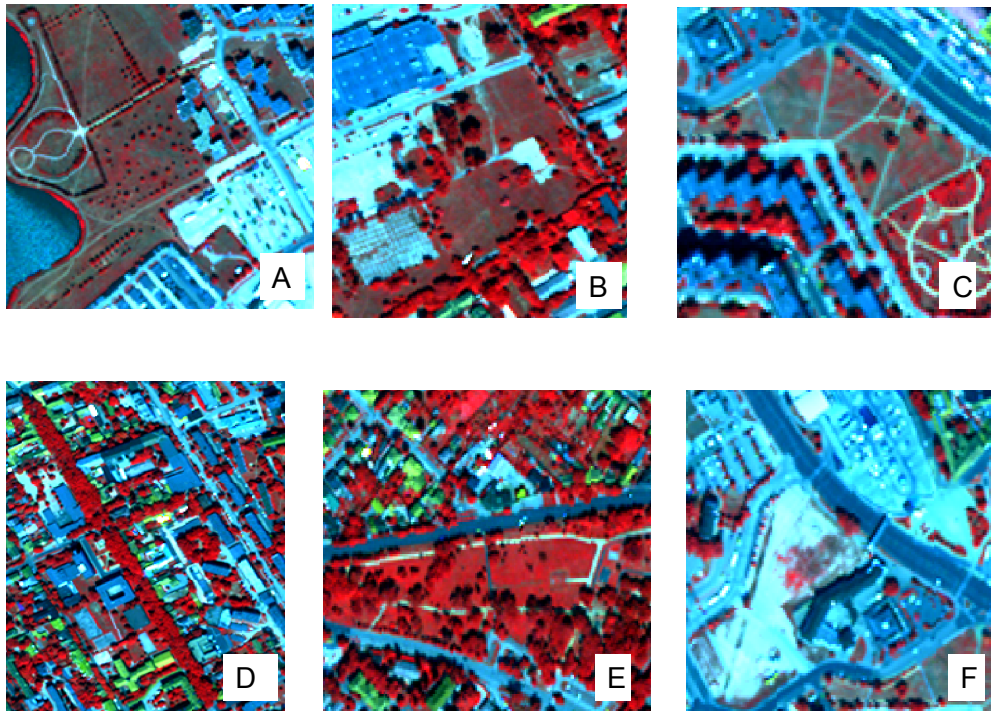
A tanulóterületekre jellemző intenzitási értékek (átlag, szórás, hisztogram) elemzésével vizsgálható a kategóriák elkülöníthetősége az adott spektrum tartományban. A 5.8. ábrán jól látható, hogy egyes vegetáció típusok csak bizonyos spektrum tartományokban választhatók el egymástól. Például bokor és lágyszárú kategóriák látható spektrum tartományban könnyebben különíthetők el, mint a közeli infravörösben. Az általam külön kategóriába sorolt fa típusok esetében a látható tartományban figyelhető meg az átfedés.

5.3.1.1. Tanulóterületek spektrális tulajdonságok jellemzése

A dolgozat céljának megfelelően továbbiakban a városi vegetáció spektrális jellemzőinek bemutatására kerül sor.

Eltérő típusú vegetációkat vizsgáltam, olyanokat, melyek a terület egészére jellemzőek:

- összefüggő fás területek, parkok, ligetek (5.9. D ábra)
- nem összefüggő fás területek, magányos fák (5.9. B ábra)
- bokros területek, bokrok, kisebb fás szárú növények (5.9. C ábra)
- füves területek (5.9. E ábra)
- hiányos vegetáció, füves és kopár felszín keveredése (5.9. A ábra)
- kopár felszín, csupasz talaj (5.9. F ábra)

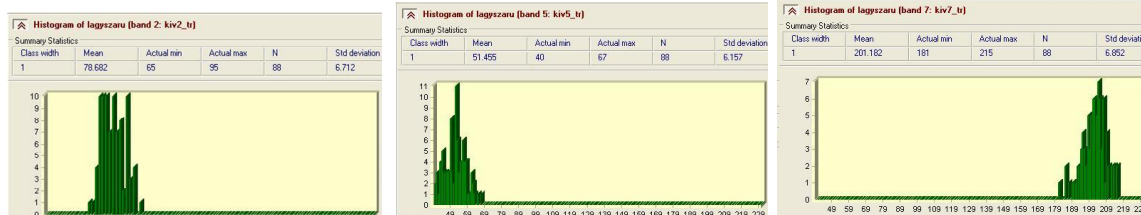


5.9. ábra Az általam létrehozott tipikus vegetációs kategóriákra jellemző területek (részlet)

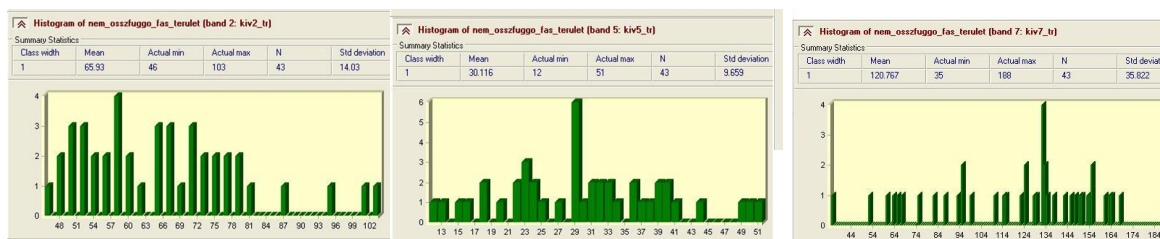
Munkám során vizsgáltam, hogy az egyes vegetáció típusok az elektromágneses spektrum különböző sávjaiban milyen intenzitás értékeket vesznek fel. A vizsgálat kiterjedt az intenzitás értékek átlagának és szórásának elemzésére látható és a közeli infravörös tartományban (WV 2-es, 5-ös és 7-es sáv). A vizsgált hat tematikus kategóriára jellemző átlagos intenzitási értékeket és a szórásukat a 2. és 3. táblázat tartalmazza, valamint az 5.11. ábra mutatja.

Két kiválasztott területre jellemző intenzitási értékek hisztogramja (intenzitási értékek eloszlását 5.10. ábrán látható.

Lágyszárú növényzetre jellemző intenzitási értékek eloszlása WV 2,5,7 sávjaiban



Nem összefüggő fás területre jellemző intenzitási értékek eloszlása WV 2,5,7 sávjaiban



5.10. ábra Egyes vegetáció típusokra jellemző spektrális tulajdonságainak részletek kimutatása

A fenti ábra két példa kategóriára jellemző intenzitási értékek eloszlását mutatja. A nagy szórás spektrálisan heterogén területekre jellemző. Az egyes sávokban különböző átlagértékek figyelhetők meg és a szórás értékeket is érdemes összehasonlítani vegetáció típusonként. Készítettem egy kimutatást, mely az egyes átlag- és szórásértékeket ábrázolja a vegetáció típusokra lebontva.

Az átlag értékek vizsgálatának eredménye:

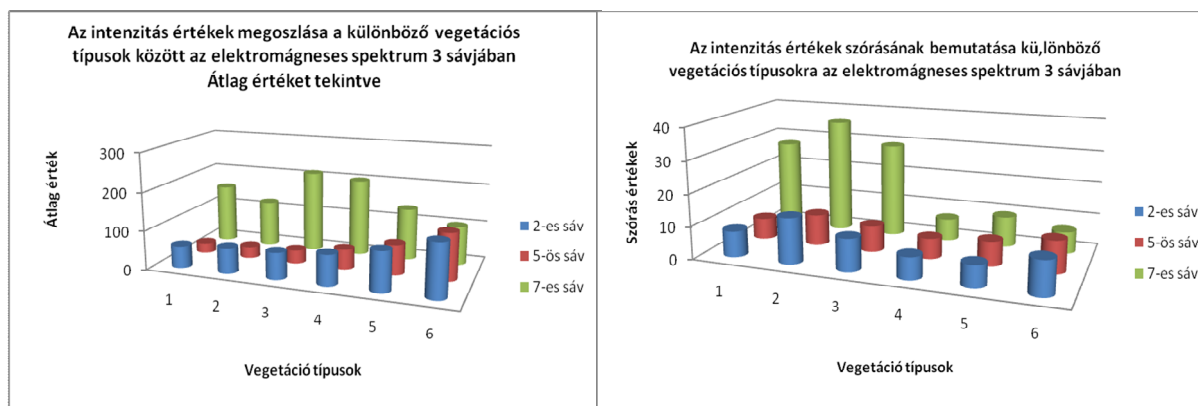
2. Táblázat Az intenzitás értékek átlaga egyes vegetáció típusoknál

Kategória	2-es sáv, átlagérték	5-ös sáv, átlagérték	7-es sáv, átlagérték
1: összefüggő fa	56.601	26.056	154.23
2:nem összefüggő fa	65.93	30.116	120.767
3: bokor	68.632	34.93	211.86
4: lágyszárú	78.682	51.455	201.182
5:hiányos vegetáció	102.61	78.13	136.228
6: kopár	137.653	122.221	100.926

A szórás értékek esetében:

3. Táblázat Az intenzitás értékek szórása egyes vegetáció típusoknál

Kategória	2-es sáv, átlagérték	5-ös sáv, átlagérték	7-es sáv, átlagérték
1: összefüggő fa	7.91	6.603	27.388
2: nem összefüggő fa	14.03	9.659	35.822
3: bokor	9.846	7.977	29.256
4: lágyszárú	6.712	6.157	6.852
5: hiányos vegetáció	6.759	7.352	9.456
6: kopár	10.487	9.804	6.667



5.11. ábra Az intenzitás értékek megoszlása (átlag és szórás) az egyes vegetáció típusoknál különböző spektrális tartományban (2,5,7)

Az adatok elemzése során megállapítható volt, hogy a tematikusan homogén területekre, mint pl. lágyszárú, kopár és összefüggő fák kategóriákra viszonylag kis szórású értékek jellemzőek. Bár fontos megemlíteni, hogy az összefüggő fák osztálynak a 7-es sávban számított szórás értéke nagy, ami összefügg a levélszerkezet visszaverődésével (különböző fafajok jelenléte). A pixel-alapú osztályozásnál a nagy szórások miatt melléosztályozásra számíthatunk.

5.3.2. Tematikus osztályozás és eredményei

A tanulóterületek kiválasztásánál feltétlen fontos szempont volt tehát az, hogy az a tanulóterület homogén legyen és reprezentatív a terület egészére. Tehát olyan területeket kerestem a városban, melyek minden általam elkülöníteni kívánt vegetáció típust képviseltek. Ugyanis egy-egy ilyen terület kiválasztása után a szoftver algoritmus alapján mindazon pixelt egy kategóriába sorolja, mely intenzitás értéke a tanuló területéhez hasonló.

A munkám első fázisában 16 különböző kategóriát állapítottam meg, melyből 10 kategória jelentett valamilyen vegetációt. Az osztályozáshoz mind a 16 kategóriát felhasználtam, azonban a végleges tematikus térkép szerkesztésénél az alkategóriák összevonásra kerültek. Így a burkolt felület alkategóriái egy tematikus kategóriába kerültek (Beépített terület). A zöld területek összevonása során pl. a lomblevelű fajok közül vontam össze alkategóriákat.

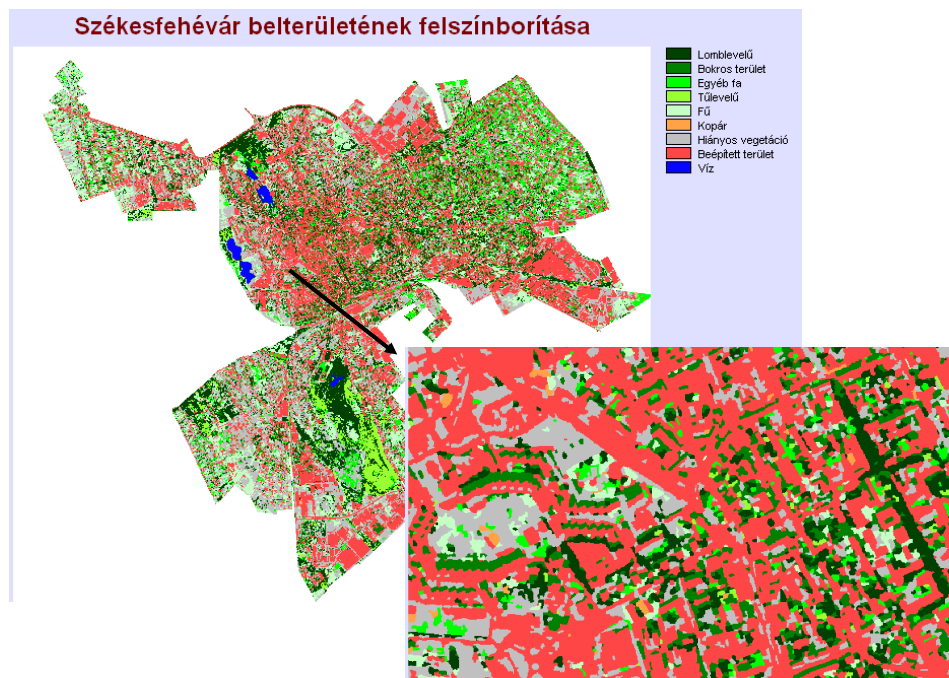
5.3.2.1. Pixel-alapú osztályozás eredménye

A felügyelt osztályozás során a kép minden egyes pixelét a különböző tematikus kategóriák valamelyikéhez soroljuk be a tematikus kategóriák mintáiból kigyűjtött adatok alapján. A mintaterületek kijelölése történhet terepi bejárással, vizuális interpretációval vagy korábban szerzett információk felhasználásával. A mintaterületek egyik részét a tanulóterületek meghatározására használjuk, a másik részét pedig tesztelés céljából elkülönítjük (Czimer, 2001).

A leggyakrabban használt besorolási módszerek a legközelebbi középpontú osztályozás (minimum távolság módszer), a box osztályozási módszer, a maximum-likelihood (legnagyobb valószínűség) módszer és a Bayes módszer.

A minimum távolság módszernél az ismeretlen hovatartozású képpontot a legközelebbi középpontú osztályhoz soroljuk. (Verőné Wojtaszek M., 2007).

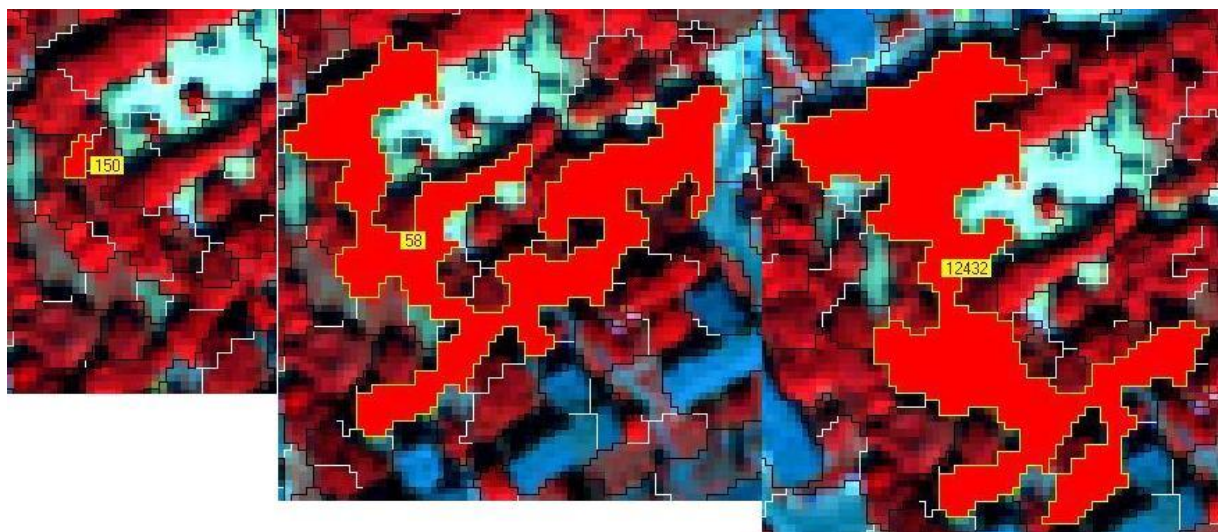
A maximum-likelihood módszer az adott osztályhoz tartozó pixelek intenzitásainak gyakoriságát, valószínűség-eloszlását veszi figyelembe, és a kérdéses pixelt oda sorolja, amelyik osztályban ilyen érték gyakrabban fordul elő. A hibák valószínűsége szempontjából ez a módszer már optimálisabb. Az osztályozás további fázisaiban a maximum likelihood osztályozás eredményét dolgoztam fel (5.12. ábra).



5.12. ábra Székesfehérvár belterületének felszínborítása osztályozott képen (részlet)

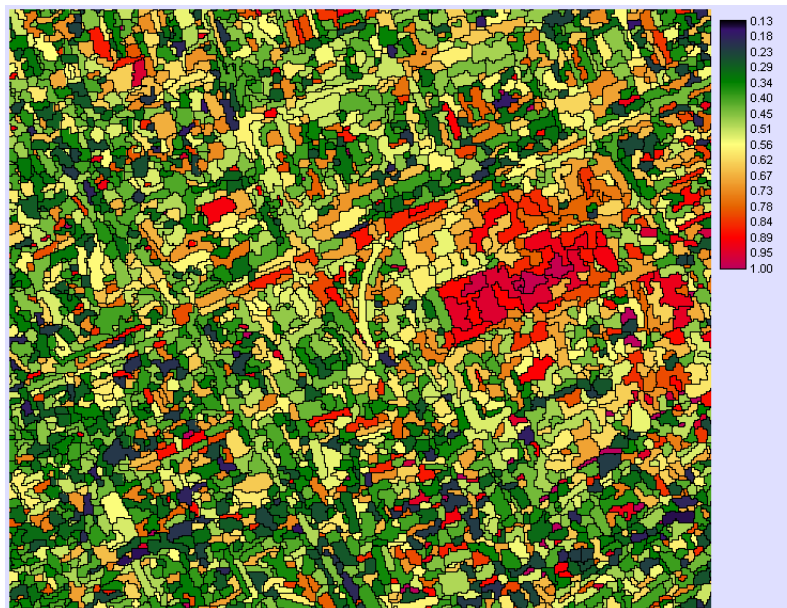
5.3.2.2. Objektum orientált osztályozás

Az objektum orientált osztályozás előtt el kell végezni szegmentálást. A képszegmentáció során a képet egymással összefüggő, homogén területekre osztjuk fel az ún. homogenitási kritérium alapján. Multi spektrális felvételek használatakor a homogenitási kritériumokat egyszerre több sávon alkalmazzák. A szegmensek nagysága a folyamat elején a meghatározott hasonlósági kritérium küszöbértékétől függ.



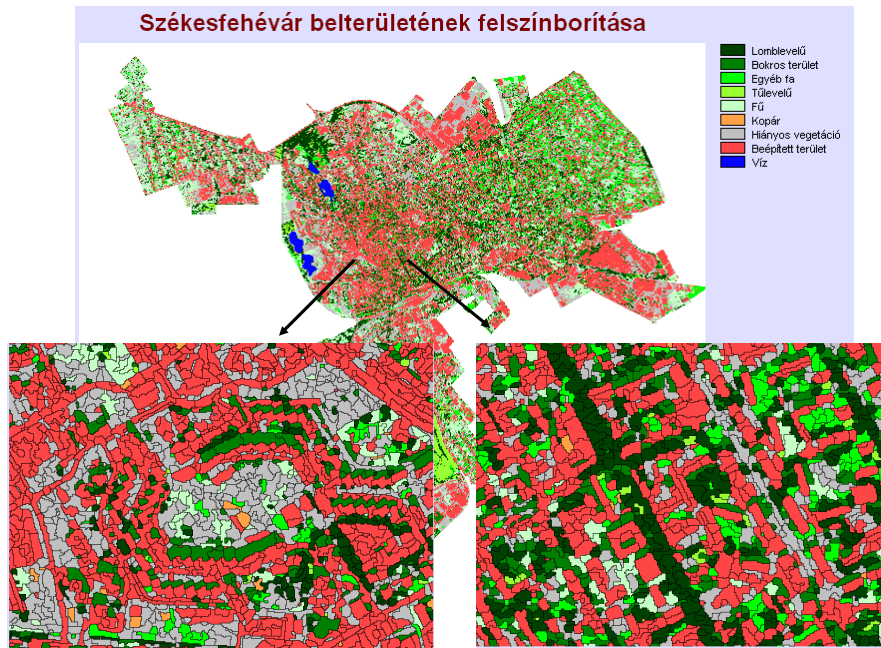
5.13. ábra A különböző küszöbértékű szegmentálás eredményei (részlet)

Az 5.13. ábra. eltérő küszöbértékű (10, 20, 30) szegmentálás eredményei láthatók, az ábra jól szemlélteti, hogy a küszöbérték nagysága nagyban befolyásolja a szegmensek méretét és spektrális homogenitását, ami döntően befolyásolja az osztályozás eredményét. A képeken jól látható, hogy a 30-as küszöbérték használatakor túlságosan inhomogén területek kerültek egy objektumba, ami félrevezethető a kiértékelés szempontjából. A 20-as küszöbérték alkalmazása már kedvezőbb, azonban még ez sem volt megfelelő. Viszont a 10-es küszöbérték alkalmazásával az egyes szegmensek homogének voltak és az elkülönítés megfelelő volt.



5.14. ábra Szegmentálás eredménye (részlet)

Az osztályozáshoz szükséges tanulóterületek definiálása szegmentált képen történik. A továbbiakban a kijelölt szegmensekről numerikus adatok gyűjtése következik. Ezzel az eljárással növelhető az osztályozás pontossága, az osztályok közti átmenet egyenletesebb lesz.



5.15. ábra Objektum orientált osztályozás eredménye

5.4. Az osztályozási eljárások eredményének értékelése

A vizsgált területen többféle osztályozási módszert is alkalmaztunk. A pixel-alapú osztályozás nem volt elég pontos, az általunk elkülönített kategóriák határai nem különültek el elég élesen és gyakorta sorolta az eljárás az adott pixelt rossz kategóriába. Ezért elvégeztünk egy más fajta osztályozást is, a szegmentálást. A szegmentálás eredménye a pixel-alapú osztályozáshoz képest kielégítőbb volt. Az egyes szegmensek megfelelően különváltak, bár egyes esetekben ennél az eljárásnál is megfigyelhető átmosódás a két szegmens között, ami megtevésztő lehet a kiértékelő számára.

Szegmens-alapú osztályozás előnyei:

- kategóriák spektrális eltéréseiből adódó melléosztályozások csökkenthetőek,
- az osztályozási pontosság növekszik (pontosságvizsgálat alapján),
- az osztályok közötti határvonalak töredezettsége csökken (a valóság hűebb megközelítése)

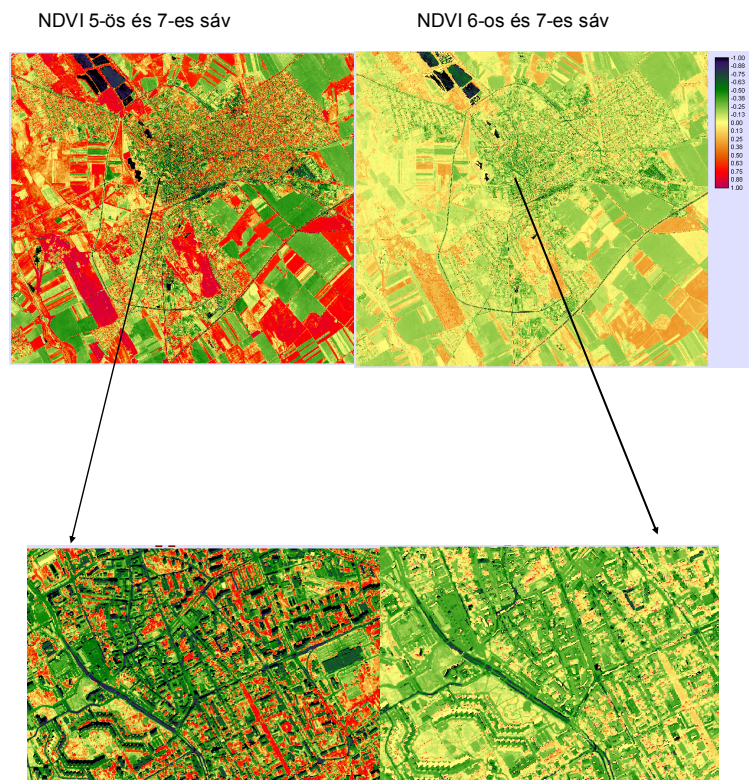
5.5. A városi felszínborítás felmérése NDVI index alapján

Az előző megoldásoknál is kedvezőbb kiértékelési mód a vegetáció esetében az NDVI indexek alapján történő kiértékelés. Az általam vizsgált területre először az elektromágneses spektrum 5-ös és 7-es sávjában számítottam a vegetációs indexeket (számítási módszerek 5.2.3. fejezetben találhatók). Ennek eredményként jutunk olyan képhez, melynek pixelei +1 és -1 közötti értéket kapnak a felszínborítástól függően. A WorldView spektrális felbontásának

köszönhetően lehetőség van ún. módosított vegetációs indexek számítására. Ilyenkor a 6-os (vörös-él) sávot ugyanis be lehet építeni a vörös sáv (a látható spektrum tartomány) helyére és ezáltal információt kaphatunk a növényzet egészségi állapotáról, a vegetációt érő ún. stressz hatásokról.



5.16. ábra Az egészséges és egészségtelen vegetáció összehasonlításáról

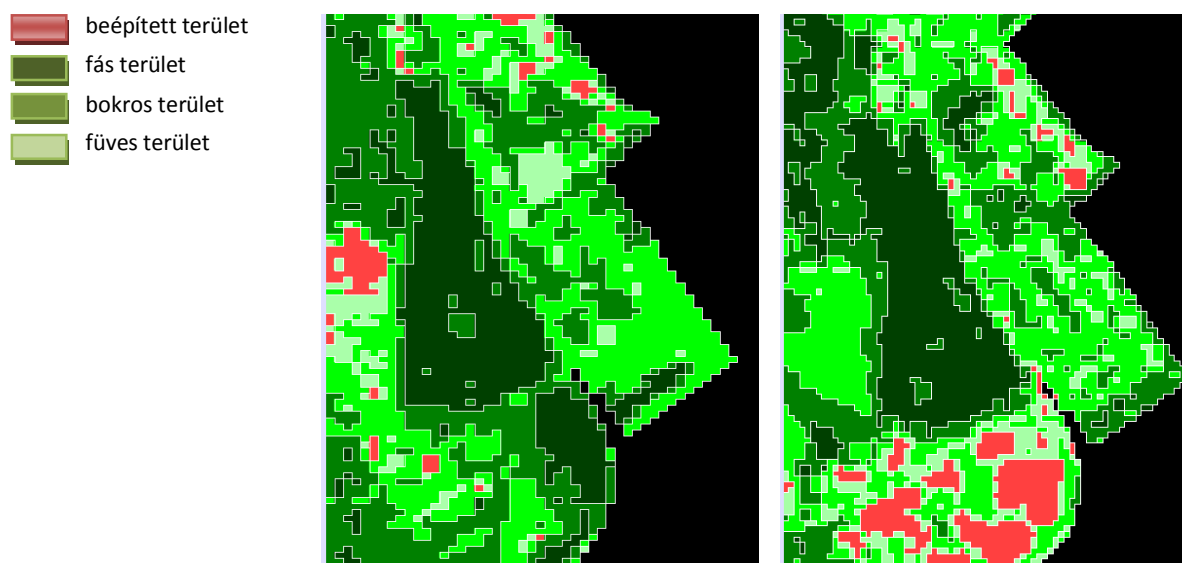


5.17. ábra NDVI index számításának eredményei két különböző kombinációban (részlet)

A vegetáció vizsgálatát az NDVI indexek alapján az 1986 és 2011 időszakra végeztem. (a lenti táblázatban felsorolt kategóriákra különböző NDVI index értékeket figyelhetünk meg. A 01-es értéket a burkolt felület és a vízfelszín veszi fel, majd ezt követi a kopár, csupasz talaj 0

közeli, de pozitív értékkel. A hiányos vegetáció 0 feletti értékeket vesz fel és megfigyelhető, hogy minél fejlettebb a növényi társulás, annál magasabb az NDVI index értéke. Három különböző időpontra vonatkozóan készítettem tematikus térképeket. A vegetáció változását azonban csak 1986-os és 2006-os felvételek alapján végeztem, a 2011 felvételtől származtatott felvétel aktuális állapotot mutatja. A 2011-es adatok eltérő geometriai felbontása (2 m) miatt a vegetáció változás vizsgálatába nem építettem be. A LANDSAT TM (1986 és 2006) geometriai felbontása 30 m.

Elvégezett összehasonlítás eredményét a 4. táblázat tartalmazza, valamint az 5.18. ábra mutatja.



5.18. ábra 1986-os és 2006-os felvételek összehasonlítása NDVI index alapján (részlet)

4. táblázat 1986-os és 2006-os felvételek összehasonlítása NDVI index alapján

Kategória	Terület (ha)	
	1986-os felvétel	2006-os felvétel
Burkolt	439.30	522.94
Füves	513.19	633.63
Bokros	1741.92	1878.25
Nem összefüggő fa	1206.45	998.69
Összefüggő fa	341.89	210.69

Tehát látható, hogy a burkolt felület nagysága az évek során jelentősen megnőtt. A város lakott területe a vizsgált időszakban kiterjedt, ezáltal a zöld területek aránya lecsökkent.

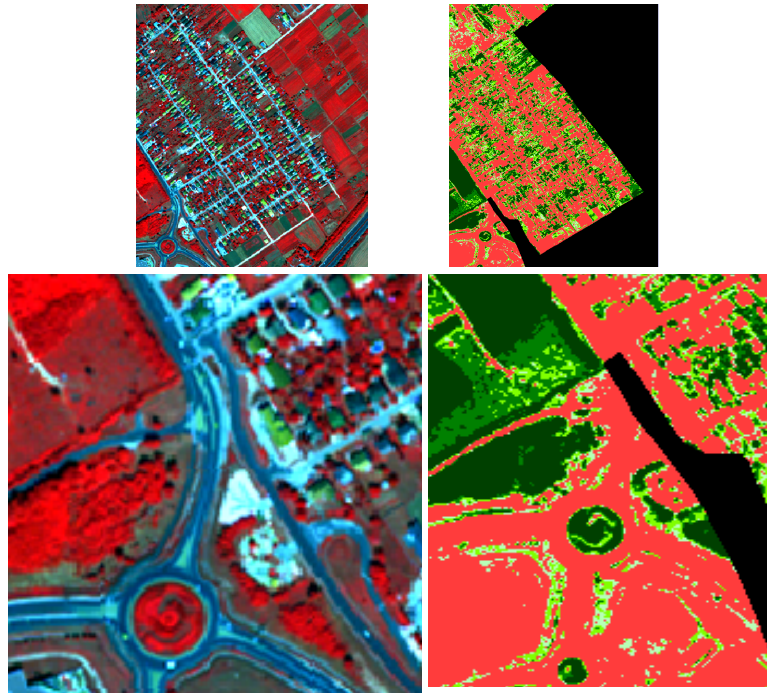
A 2011-es műholdas felvétel nagy felbontása lehetővé teszi számunkra a még részletesebb vizsgálatot.



5.19. ábra 2011-es felvételre készített tematikus térkép összehasonlítása az 1986-os felvétellel

A 5.19. ábrán jól látható a különbség az 1986-os és a 2011-es felvételek között. Az 1986-os területi kategóriákat összehasonlítva a 2011-es állapottal, látható, hogy a 2011-es felvétel területi kategorizálása sokkal részletesebb. Míg az 1986-os felvételen a felbontás miatt egyetlen kategória különült el egy adott területen, addig a 2011-es nagy felbontású felvételen lehetőség van a kategóriák további bontására, részletesebb osztályozásra.

5.20. ábrán kívánom szemléltetni azt, hogy a WorldView2 nagyfelbontású műholdas felvétel NDVI indexek szerinti elemzése a terepi állapothoz jól illeszkedő eredményt ad. Példaként említve a képen látható körforgalom belső részében lévő füves területet, a valóságban is és a kiértékelt képen is egy inhomogén terület és a burkolt felszíntől elkülönül. Emellett a képen látható a lakóházak és a vegetáció elkülönülése is. Piros színnel láthatók a lakóházak, melyek között megfigyelhető a vegetáció több változata is



5.20. ábra NDVI index számítása a WorldView (2011) felvételre

6. Összefoglalás és javaslatok

A TÁMOP kutatáson belüli munkámnak és egyben a dolgozatomnak is az volt a célja, hogy távérzékelési adatok felhasználásával vizsgáljam Székesfehérvár városi vegetációjának időbeli változását, a város területei változását, a zöld területek és a beépített környezet arányát. Ezen kívül elemeztem a várostér szerkezetre jellemző vegetáció típusokat és azok előfordulási gyakoriságát. A kiértékelést Idrisi Taiga szoftverrel végeztem. A szoftver lehetőséget adott tanulóterületek definiálására. Elvégeztem pixel alapú, objektum orientált és NDVI indexek alapján történő osztályozást is. A vizsgálat alapján megállapítható, hogy Székesfehérvár területén a zöld területek nagysága 1986 és 2006 között lecsökkent közel 90 hektárral.

A célkitűzéseket a munka során sikerült megvalósítani. Eredmények alapján megállapítható, hogy szegmens-alapú előnye a pontosság növekedése, a melléosztályozások elkerülése és a határvonalak töredezettségének mérséklése. A városi növényzetre jellemző intenzitási értékek vizsgálata alapján látható, hogy egyes (pl. az összefüggő facsoportok és a magányos fák) kategóriák spektrálisan hasonlóak, ami melléosztályozáshoz vezethet. A probléma megoldása a hiperspektrális felvételek digitális kiértékelésében kereshető, ami a további kutatásom célját képezi.

Ezeket az eredményeket a gyakorlatban is jól lehet alkalmazni. Az egyre fejlődő világban a beépített területek nagysága folyton nő. Így szükségessé válnak olyan elemzések, melyek a városi zöld környezet nagyságára és egészségi állapotára irányulnak. A nagyobb városok, mint Székesfehérvár esetében különösen fontos a zöld területek arányának vizsgálata. Az arra irányuló elemzések elősegítik természetvédelmi, tájvédelmi és városökológiai döntések meghozatalát.

7. Ábrajegyzék

A távérzékelés folyamata	3
A sugárzás fizikai törvényszerűségei.....	4
Az elektromágneses spektrum hullámhossz tartományai	4
A három fő felszínborítási típus reflektancia görbéi.....	5
Székesfehérvár beépített területének növekedése az első katonai felméréstől napjainkig (részlet).....	8
Felhasznált felvételek (részlet)	9
Geometriai korrekció	12
Általam választott illesztőpont (példa).....	12
A geometriai transzformáció eredménye	13
WV2 spektrális felbontása és a színtkompozit (257, részlet)	13
Elektromágneses spektrum sávjai.....	14
NDVI index számításának eredménye (részlet)	15
Egyes tanulóterületek választásának eredménye (részlet).....	16
Egyes tanulóterületek elhelyezkedése az intenzitási térben (WoldView 57)	17
Az általam létrehozott tipikus vegetációs kategóriákra jellemző területek (részlet).....	18
Egyes vegetáció típusokra jellemző spektrális tulajdonságainak részletek kimutatása	19
Az intenzitás értékek megoszlása (átlag és szórás) az egyes vegetáció típusoknál különböző spektrális tartományban (2,5,7).....	20
Székesfehérvár belterületének felszínborítása osztályozott képen (részlet)	22
A különböző küszöbértékű szegmentálás eredményei (részlet)	22
Szegmentálás eredménye (részlet).....	23
Objektum orientált osztályozás eredménye	24
Az egészséges és egészségtelen vegetáció összehasonlításáról.....	25
NDVI index számításának eredményei két különböző kombinációban (részlet)	26
1986-os és 2006-os felvételek összehasonlítása NDVI index alapján (részlet).....	27
2011-es felvételre készített tematikus térkép összehasonlítása az 1986-os felvétellel	28
NDVI index számítása a WorldView (2011) felvételre	29

8. Irodalomjegyzék:

1. *Verőné dr. Wojtaszek Malgorzata*: Fotointerpretáció és távérzékelés TÁMOP jegyzet
2. *Mezősi Gábor- Mucsi László- Rakonczai János- Géczy Róbert*: Városökológia
3. *Karl Kraus*: Fotogrammetria (1998)
4. *Szeitz Tamás*: Székesfehérvár területi fejlődése térképeken és metszeteken
 - a. <http://lazarus.elte.hu/~zoltorok/oktat/2000/szeitz/SzeitzTamas.html>
5. Székesfehérvár történelme:
 - a. <http://hu.wikipedia.org/wiki/Székesfehérvár>
6. Földmérési és Távérzékelési Intézet honlapja
 - a. www.fomi.hu
7. Távérzékelés-térinformatikai fogalomtár
 - a. www.gisfigyelo.geocentrum.hu