

Nyugat-magyarországi Egyetem
Geoinformatikai Kar

A városi vegetáció állapotának feltárása távérzékelési adatok alapján

SZAKDOLGOZAT

Konzulens:

Verőné Dr. Wojtaszek Malgorzata
egyetemi docens

Készítette:

Vécsei Erzsébet
Nappali tagozat
Földmérő és
földrendező mérnök
szak
Geoinformatikai
szakirány

Székesfehérvár
2012

NYILATKOZAT

Alulírott **Vécsei Erzsébet** (neptun kód: XXXXXXXXXX) jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy a
A városi vegetáció állapotának felmérése távérzékelési adatok alapján című

szakdolgozat

(a továbbiakban: dolgozat) **önálló munkám**, a dolgozat készítése során betartottam a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. tv. szabályait, valamint az egyetem által előírt, a dolgozat készítésére vonatkozó szabályokat, különösen a hivatkozások és idézések tekintetében¹.

Kijelentem továbbá, hogy a dolgozat készítése során az önálló munka kitétel tekintetében a konzulenszt illetve a feladatot kiadó oktatót **nem tévesztettem meg**.

Jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben bizonyítható, hogy a dolgozatot **nem magam készítettem**, vagy a dolgozattal kapcsolatban szerzői jogsértés ténye merül fel, a Nyugat-Magyarországi Egyetem **megtagadja a dolgozat befogadását és ellenem fegyelmi eljárást indíthat**.

A dolgozat befogadásának megtagadása és a fegyelmi eljárás indítása nem érinti a szerzői jogsértés miatti egyéb (polgári jogi, szabálysértési jogi, büntetőjogi) jogkövetkezményeket.

Székesfehérvár, 2012.november 26.

.....

Hallgató

¹ **1999. évi LXXVI. tv. 34. § (1)** A mű részletét - az átvevő mű jellege és célja által indokolt terjedelemben és az eredetihez híven - a forrás, valamint az ott megjelölt szerző megnevezésével bárki idézheti.

36. § (1) Nyilvánosan tartott előadások és más hasonló művek részletei, valamint politikai beszédek tájékoztatás céljára - a cél által indokolt terjedelemben - szabadon felhasználhatók. Ilyen felhasználás esetén a forrást - a szerző nevével együtt - fel kell tüntetni, hacsak ez lehetetlennek nem bizonyul.

Tartalomjegyzék

Bevezetés.....	2
Célkitűzések.....	2
1. Irodalom feldolgozás.....	3
1.1. A távérzékelés fizikai alapjai.....	3
1.2. A sugárzás fizikai törvényei.....	3
1.3. Az elektromágneses sugárzás és a földfelszín kölcsönhatása.....	5
2. Felvevőrendszerek.....	7
3. Városökológia.....	9
4. Kutatási terület jellemzése.....	10
5. Felhasznált adatok.....	12
6. Felhasznált szoftverek.....	13
6.1. Idrisi Taiga szoftver.....	13
6.2. eCognition Developer szoftver.....	13
7. Székesfehérvár területi növekedésének vizsgálata.....	15
8. Távérzékelési felvételek előfeldolgozása.....	18
8.1. Geometriai korrekció.....	19
8.2. Színtkompozit előállítása.....	20
8.3. Vegetációs indexek számítása.....	21
9. Műholdas felvételek osztályozása.....	23
9.1. Osztályozás elvégzése Idrisi Taiga szoftverrel.....	23
9.1.1. Tanulóterületek spektrális tulajdonságainak jellemzése.....	25
9.1.2. Tematikus osztályozás és eredményei.....	27
9.2. Osztályozás elvégzése eCognition Developer szoftverrel.....	34
9.2.1. A munkafolyamat általánosan.....	35
9.2.2. A munkafelület bemutatása.....	36
9.2.3. Osztályozás folyamata.....	36
9.3. Pontosságvizsgálat.....	45
10. Összefoglalás.....	49
Irodalomjegyzék.....	51
Ábrajegyzék.....	52
Táblázatok jegyzéke.....	54
Mellékletek.....	55

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 digitális kiértékelést teszik lehetővé. A növekvő adat-felhasználási igények kielégítéséhez hozzátartozik a kiértékelési eljárások fejlesztése. A képelemző szoftverek fejlődésével elérhető, hogy a tematikus osztályozást ne csak intenzitási értékek alapján végezzük el, hanem egyéb jellemzők (alak, méret, szomszédsági viszonyok, terület, stb.) figyelembe vételével. Ezáltal komplex elemzés végezhető a vizsgált területen.

Célkitűzések

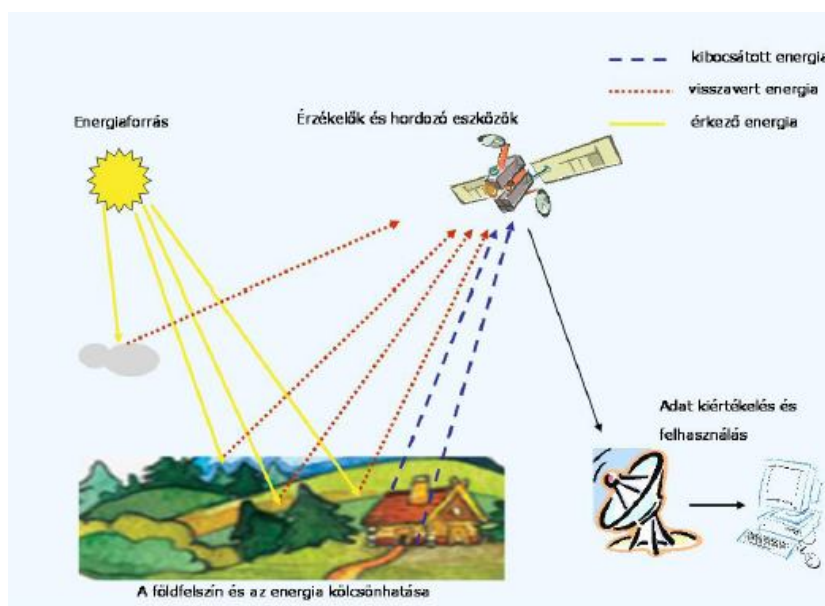
- a város területi növekedésének vizsgálata az évek során
- a vegetációs terület változásának vizsgálata LANDSAT TM űrfelvételek alapján
- Székesfehérvárra jellemző zöldterületek spektrális jellemzőinek tanulmányozása
- jelenlegi belterület esetében a zöld terület és a beépített környezet felmérése, arányának vizsgálata
- a különböző várostér szerkezetekre jellemző vegetáció típusok és arányuk elemzése
- pixel- alapú és szegmens- alapú osztályozások alkalmazása két különböző képelemző szoftverrel és az eredmények összehasonlítása
- az osztályozás pontosságvizsgálatának elvégzése

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.) a nélkül 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 (Verőné Wojtaszek M., 2010)

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 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]

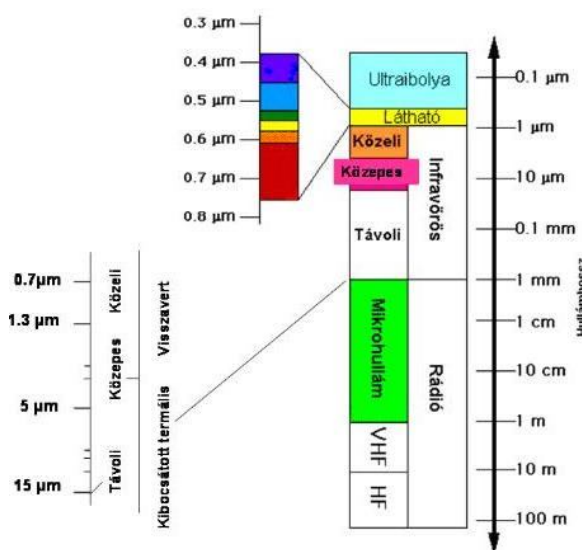
1.2. A sugárzás fizikai törvényei

A felhasznált energiaforrások két félék lehetnek alapvetően. Egyrészt a természetes energiaforrás: a Nap illetve a tárgyak felszínéről visszaverődő energia, másrészt pedig mesterséges energia, pl. a radar. Az elektromágneses energia jellemzői fizikai paraméterekkel körülírhatók. Ugyanis az elektromágneses energia szinuszos hullám

formájában, a fény sebességével terjed. Összetevői tehát: a hullámhossz, a sebesség és a frekvencia.

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 elnyelődés. Az érzékelő műszerek leggyakrabban a látható fény egy vagy több sávjában, az infravörös sávokban és a mikrohullámú tartományban érzékelnek. [Verőné Wojtaszek M., 2010]



1.2. ábra Az elektromágneses spektrum hullámhossz tartományai (Verőné Wojtaszek M., 2010)

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.

Közele 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.

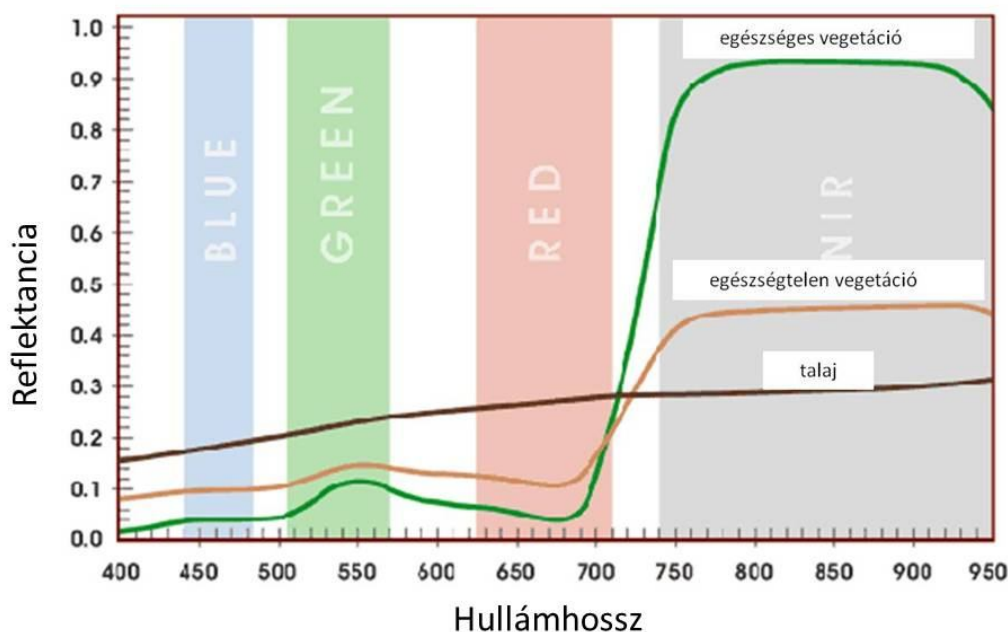
Mikrohullámú tartomány: ($\lambda = 1 \text{ mm}-1 \text{ m}$) a légkörnek csekély hatása van ebben a tartományban, így a felvételezés szempontjából független időjárástól és napszaktól.

1.3. 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 felszín 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 1.3. ábrán látható a talaj és a vegetáció (egészséges és egészségtelen) reflektancia görbéje. A görbék jellegzetes lefutása összefüggésben van a felszínborítás tulajdonságaival.



1.3. ábra A vegetáció és a talaj reflektancia görbéje (Utah State University, Near Infrared Tutorial)

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. Így a reflektancia görbe vizsgálatával képet kaphatunk egy vegetációs társulás egészségi állapotáról is.

2. Felvevőrendszerek

A tárgyak felszínéről visszaverődő elektromágneses energiát többféleképpen lehet érzékelni, elemezni. A távérzékelésben használt felvevőrendszerek is ennek megfelelően többfélék lehetnek. A fényképezéskor a visszavert energiát egy előre meghatározott hullámhossz tartományra érzékeny filmre rögzítjük. A kép tónusát, részletgazdagságát, minőségét az érzékenyített réteg tulajdonságai, az alkalmazott technológia együttesen határozzák meg. Az elektronikus szenzorok az érkező elektromágneses energiát elektromos jelekké alakítják át. Ezek a felvevők az előzőekhez képest bonyolultabbak és drágábbak, viszont szélesebb a spektrális érzékenyséjük.

Ennek megfelelően a felvevőrendszerek a következő két csoportba oszthatók:

Fényképező típusú rendszerek

A fényképező típusú rendszerek az adott területi egységről egy adott pillanatban teljes képet készítenek. A területről érkező elektromágneses energiát egy optika gyűjti össze, a fókuszsíkra vetíti és létrejön a kép. A hagyományos légifényképek két típusát különböztetjük meg: *mérőkamerás* (szabatos mérésekre is lehetőséget adnak) és *nem mérőkamerás* fényképek. A kamerák megfelelő beállításával a felvételek átfedéssel készíthetők. A térképészeti célú légifényképezés esetén leggyakoribb a 60%-os soron belüli és 30%-os sorok közötti területi átfedés.

A fényképező rendszerek a látható és a közeli infravörös sáv egy részét használják a felvételek készítésére. Megkülönböztetünk *egysávós* (pl. pánkromatikus) illetve a spektrum különböző sávjaiban külön-külön egy időben készített felvételeket (*multispektrális* felvételek). A fényképezési eljárás gyors, megbízható, objektív információgyűjtési módszer, viszonylag egyszerű és olcsó. További előnye az eljárásnak, hogy a fényképeket nagy terepi felbontás jellemzi. Hátrányként mondható el, hogy csekély spektrális átfogás jellemzi a módszert.

A fényképezés területén a digitális szenzorok kifejlesztésével (a 90-es években) megjelent egy új adatnyerési eljárás, a digitális fényképezés. A digitális fényképezés során a film szerepét detektorok és a hozzá kapcsolt memória veszi át (az érzékelő lehet CCD vagy CMOS érzékelő). A fény hatására elektromos töltés keletkezik. A töltés nagysága a beeső fény intenzitásával arányos. A kép pixeljének méretét a fotodióda mérete határozza meg így az elérhető kép felbontása a fotodiódák számától és sűrűségétől függ. [Verőné Wojtaszek M., 2010]

Pásztázó letapogató rendszerek

A digitális pásztázó letapogató rendszerek a repülés irányára merőleges sávokból a detektorokra érkező elektromágneses energiát rögzítik a különböző hullámhossz tartományokban. Az elemi földfelszínről érkező energia függvényében elektromos jel keletkezik, amelyet felerősítés után továbbítanak a földi vevőállomásokra. A pásztázással készített felvételeket szabályos négyzetrácsához lehet hasonlítani, minden képelemhez annyi számérték tartozik, ahány sávban működik a felvevő.

A pásztázó rendszerekkel az adatgyűjtés keresztsávós, köríves, soros és oldalra tekintő üzemmódban történhet.

A *keresztsávós* képkészítő módszert gyakran alkalmazzák távérzékelési rendszerekben. A keresztsávós pásztázás esetén a forgó tükör, melynek tengelye párhuzamos a repülés irányával végig pásztázza a vizsgált területet (2-3a. ábra). A pásztázás a repülési irányára merőlegesen történik.

A *köríves* pásztázó rendszerekben az energiát egy függőleges tengelyű forgó tükör továbbítja. A tükör tengely mentén forog, és egy ív alakú felszíni területet pásztáz végig.

A *Soros* pásztázó rendszereknél nem a tükörrendszer pásztázza a területet, hanem egy detektor sor, mely annyi elemből áll, ahány felbontási cella fedi a vizsgált területet. A detektorsor a műhold haladási irányára merőlegesen helyezkedik el, viszont a szenzor a haladási irányával párhuzamosan pásztázza a pillanatnyi látómező által meghatározott területet.

Az *oldalra tekintő* megoldást az aktív rendszerekben használják, ahol a repülési irányára merőlegesen oldalra nézve antenna bocsát ki jeleket, és ennek visszaverődése alapján vizsgálja a területet. [Verőné Wojtaszek M., 2010]

3. Városökológia

A XIX. század elején a Föld lakóinak csupán 2.4 %-a élt városokban, míg napjainkra ez az arány kb. 51 %. 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 maiétól, 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]

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]

A távérzékelés tudománya a városökológiai kutatásokban eredményesen alkalmazható. Ezzel a módszerrel térhez kötött, részletes és aktuális adatok nyerhetők a vizsgálati területekről és a korábbi archivált felvételek visszatekintési lehetőséget adnak a felhasználó számára. A városökológia főbb kérdéseit (beépítettség, lakosság, felszínborítások és azok aránya) egyértelműen megválaszolhatjuk a távérzékelés segítségével. Nemcsak a város állapotfelmérését végezhetjük el, hanem különböző váratlan helyzetek (árvíz vagy más katasztrófahelyzet) esetén is gyorsan és nagy területről szolgáltatathatunk információt a távérzékelési felvételek elemzésével.

4. 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. A XVIII-XIX. században végzett felmérések alapján készült térképek (katonai felmérések és várostérképek) segítségünkre vannak, amelyek felhasználásával nyomon követhetők 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 szürük" (ez a mai Rácz utca körüli terület).

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

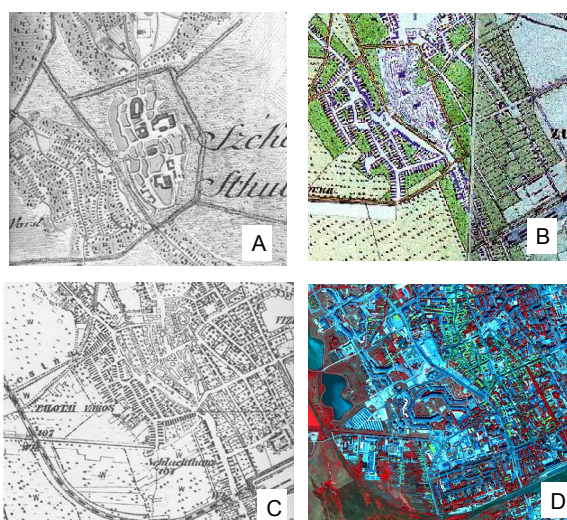
A következő katonai térképezés 1882-ben 1:25000-es méretarányban történt Fehérvár területén. Székesfehérvár területfejlődését, terjeszkedését az utóbbi fél évszázadban az 1:25000-es méretarányú Gauss-Krüger térképek segítségével követhetjük nyomon. Az 1951-es Gauss-Krüger térképek a harmadik katonai felmérés anyagának helyszíneléssel történő frissítésével jöttek létre. Az időközben eltelt fél évszázad 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. [Szeitz Tamás, Székesfehérvár területi fejlődése térképeken és metszeteken, 2000]

A 4.1. 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.



4.1. ábra Székesfehérvár beépített területének növekedése az első katonai felméréstől napjainkig (részlet) A: I. katonai felmérés, B: II. katonai felmérés, C: III. katonai felmérés, D: mai állapot

5. 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. Referencia adatként használtam a terepi bejárás során nyert adatokat a felszínborításra vonatkozóan.

A felhasznált adatokra vonatkozó információkat a következő táblázat tartalmazza:

1. Táblázat Felhasznált adatok paraméterei

Távérzékelési adat	Geometriai felbontása	Spektrális felbontása
légifényképek (2008,2009)	0.5 m	látható, közeli infravörös
LANDSAT TM (2006)	30 m	6 sáv (látható, közeli- és közepes infravörös)
WorldView2 (2011)	0.5-2 m	1/8 sáv (látható, közeli infravörös)



5.1. ábra Felhasznált felvételek (részlet) A: WorldView felvétel, B: LANDSAT felvétel, C: légifénykép

Egyéb tematikus adatok:

- Topográfiai térképek (1:10 000)
- II. katonai felmérés térképei
- Székesfehérvár térképek

6. Felhasznált szoftverek

6.1. Idrisi Taiga szoftver

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, különös figyelemmel a zöld területekre.

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 szakmai igényeket 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

6.2. eCognition Developer szoftver

Az alkalmazott eCognition Developer szoftver hatékony objektum- alapú képelemzést tesz lehetővé. Sokrétű objektum- alapú képelemző eszközzel és algoritmussal rendelkezik, a raszteres, vektoros adatok és pontfelhők elemzése is lehetséges vele. Az összes általános távérzékelési feladat elvégzésére alkalmas, képes egyes jellemzők kiemelésére, a változások kezelésére és bizonyos tárgyfelismerésre is. Praktikus adatkezelése lehetővé teszi különféle alapadatok együttes kezelését, mint például a közepes és a nagy felbontású műholdas adatok, LIDAR, radar és hiperspektrális felvételek használatát. [<http://www.ecognition.com>]

Ezen szoftveren belül a leggyakrabban használt képszegmentáció régió alapú algoritmusra épül, ahol a spektrális tulajdonságok és az alak-koncepció kombinációjáról van szó. Ez az ún. „multiresolution segmentation”. A szegmentációnál lehetőség van a „többszintes” rendszer kialakítására egyetlen kép esetében is [Lang et al., 2006].

Mindemellett kézi „átdolgozásra” is lehetőséget nyújt a program. A régió-összevonás mellett lehetőség van másik típusú szegmentációra is, ahol az egész kép felbontása történik meg először, a sakktáblás vagy a négyesfa szegmentációval.

A „multiresolution” szegmentációt követően kialakult hierarchikus felépítés jellemzői, hogy az egyes képjelöltek határai követik az alatta lévő szint jelöltek határait (az összevonásra került jelöltek határvonalát), és meghatározóak a fentebbi szint jelöltek határai is [Kollár Szilvia, 2010].

A felhasználóbarát környezet lehetővé teszi az egyes műveletek hierarchikus áttekintését és az osztott képernyős használatot is. Ezen kívül különböző nézeteket használhatunk (mint pl. műholdas felvétel, osztályozott kép határvonalakkal vagy nélkülük, stb.) és szimultán üzemmódban láthatjuk a változtatásokat akár több megjelenítésben is.

A szoftver osztályozási eszköztára igen széleskörű. Az alapvető intenzitás érték vizsgálaton túl képes további jellemzőket (alak, textúra, szomszédsági viszonyok, területnagyság, hosszúság- szélesség arány, stb.) is figyelembe venni. Ezáltal egy összetett elemzést végezhetünk, és az osztályozást fokozatosan módosíthatjuk újabb jellemzők bevonásával. Az osztályozás során minden elkülöníteni kívánt felszínborítás esetében el kell döntenünk, hogy milyen jellemzők alapján végezzük a leválogatást. Egy-egy felszínborítási kategória esetében több tulajdonság kombinált vizsgálatával pontosabban végezhető el az osztályozás, mintha csupán egyetlen fizikai jellemzőt (pl. intenzitási érték) vennénk alapul.

7. Székesfehérvár területi növekedésének vizsgálata

Mivel az erőforrás kutató űrfelvételek 1986-tól érhetőek el, a vizsgált időszakot kibővítettük a katonai felmérések felvételeivel. A város területének meghatározásánál a beépítettséget vettük figyelembe, mely a térképen nem mindig egyértelműen elhatárolható. Így digitalizálással végeztük el a beépített terület leválogatását. Ennek eredményeképpen született egy vektoros állomány, melyet a későbbiekben az összehasonlítás alapját képezte.

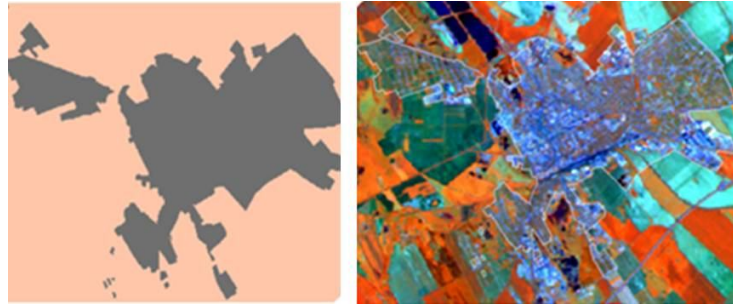
Űrfelvételen a beépített környezet könnyebben elkülöníthető a vegetációtól, köszönhetően a felvételek nagy geometriai és spektrális felbontásának. Az űrfelvételek és a katonai felmérések eredményének együttes elemzésével megállapítható volt Székesfehérvár területi növekedése az évek során.



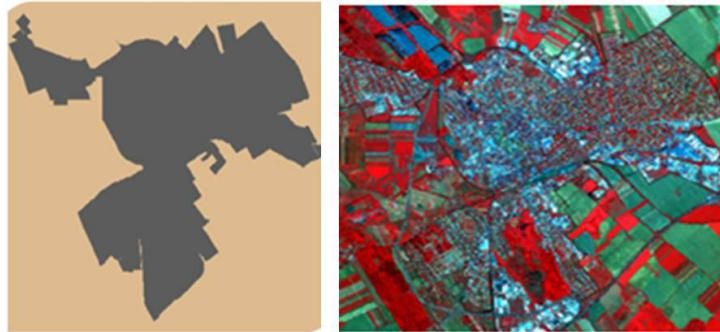
7.1. ábra Katonai felmérés (1819 – 1869), a város területe: 4359940 m² (4.4 km²)



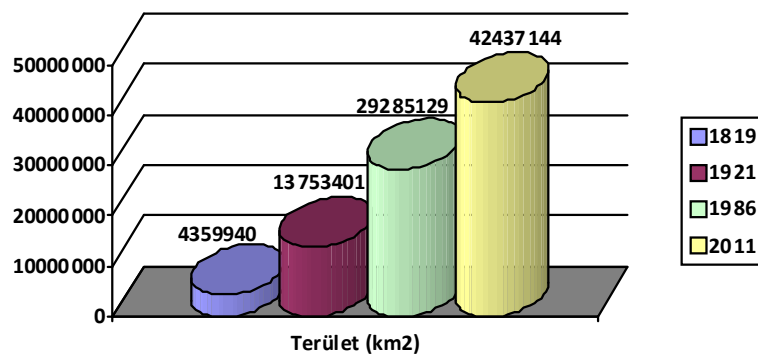
7. 2. ábra Székesfehérvár térkép (1921), a város területe: 13753401 m² (13.8 km²)



7.3. ábra LANDSAT TM (1986), a város területe: 29285129 m² (29 km²)



7.4. ábra WorldView (2011), a város területe: 42437144 m² (42 km²)



7.5. ábra Székesfehérvár területi növekedése 1819 – 2011 közötti időszakban

A felvételek vizsgálata során megállapítható, hogy Székesfehérvár területi növekedése a 19. századtól egyre nagyobb mértékű. A területi növekedés okozója egy urbanizációs folyamat, mely során a városi zöld területek nagysága lecsökken, míg a beépített részek aránya megnő, és az iparosodás fokozódik. A fenti grafikon alapján elmondható, hogy a város területe az 1819-től 2011-ig terjedő időszakban több mint kilencszerezése növekedett. Ez az élettér azonban nemcsak lakóházakat jelent, hanem nagyrészt ipari területeket, bevásárlóközpontokat, úthálózatot. Ez a folyamat hatással van az ott élő lakosság mindennapjaira, környezetére és egészségi állapotára egyaránt.

A lakosságot tekintve 19. század közepétől tulajdonképpen folyamatos kis ütemű népességnövekedés figyelhető meg. Visszaesés az 1950-es évekre tehető, mely az akkori politikai és társadalmi helyzettel indokolható. A város népességének ugrásszerű növekedésére az 1950-1980 közötti időszakban került sor, a lakosok száma két és félszeresére nőtt, több mint 60 ezer fővel emelkedett elsősorban az ipari munkalehetőségek bővülése miatt. A lakosság azonban a rendszerváltás óta fokozatosan csökken, 1989 óta mintegy 7 000 fővel csökkent a nagyváros lélekszáma. [<http://hu.wikipedia.org/wiki/Székesfehérvár>]

1850 - 2011 terjedő időszakban a város lakossága kb. hétszeresére növekedett. Tehát elmondható, hogy a nagymértékű területi növekedés nem vonzott magával ugyanakkora népességnövekedést. Ennek egyik oka az, hogy az újonnan keletkezett beépített területek főként ipari telepek és üzemek nem pedig lakóházak. A folyamat másik oka abban kereshető, hogy a város lakóinak egy rész kiköltözik a városokból és kevésbé beépített, ugyanakkor nagyvároshoz közeli településekre költözik.



7.6. ábra Székesfehérvár terjeszkedése 1819 – 2011 közötti időszakban

8. Távérzékelési felvételek előfeldolgozása

A képek osztályozása során többféle fogalmi és spektrális kérdés vetődött fel. Az osztályozás alapja az űrfelvétel volt, melynek geometriai felbontása 2 méter. Azonban felmerült az a probléma, hogy az egyes felszínborítási kategóriák spektrálisan hasonlóak és emiatt elkülönítésük nehézségekbe ütközik. Legnehezebben elkülöníthető kategóriák a vegetáció esetében a fás társulások voltak. Ugyanis a lombos fák az elektromágneses spektrum egyes tartományaiban spektrálisan igen hasonló értékeket vesznek fel. Az osztályozást tehát terepi bejárással és egyéb térképekkel kellett kiegészíteni. Gondot okozott a kiértékelés során az is, hogy az egyes felvételek eltérő évszakban készültek mely a vegetáció elemzése szempontjából lényeges különbségeket jelent.

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 paramétereire 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 távérzékelési adatok gyakorlati alkalmazása előtt további korrekciók elvégzése szükséges. [Verőné Wojtaszek M., 2010]

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 alkalmazása
- térképi rendszerbe illesztés
- adatcsökkentő folyamatok elvégzése
- hányados képek előállítása
- az előfeldolgozott felvételek megjelenítése

8.1. Geometriai korrekció

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

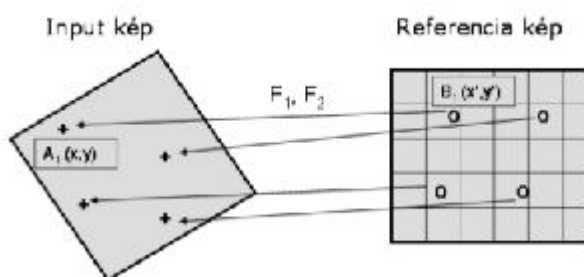
- koordináta transzformáció paramétereinek meghatározása
- pixelenkénti koordináta transzformáció

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 koordinátarendszer 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



8.1. 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 használtunk fel arra, hogy a Székesfehérvárt ábrázoló műholdas felvételt EOVS rendszerbe alakítsuk át. Ehhez egy már a célrendszerben lévő légi felvételt vettünk

alapul. Olyan pontokat kellett keresni, melyek mindkét felvételen jól láthatók és egyértelműen beazonosíthatók. Tipikus illesztőpont példája az útkereszteződés, az épület sarokpont (8.2. ábra).



8.2. ábra Általam választott illesztőpontok (példa)

A két forrásból származó illesztőpontok mindkét rendszerben ismert koordinátái segítségével számíthatjuk a feltételezett leképző függvény együtthatóit a legkisebb négyzetek módszere alapján. Az új intenzitási értékek meghatározása a legközelebbi szomszéd módszer alapján történt. A geometriai transzformáció során 0.75 átszámítási hibát tapasztaltunk, mely azt jelenti, hogy a keletkezett hiba nagysága egy pixelméret alatti, így a transzformáció eredménye elfogadható volt.

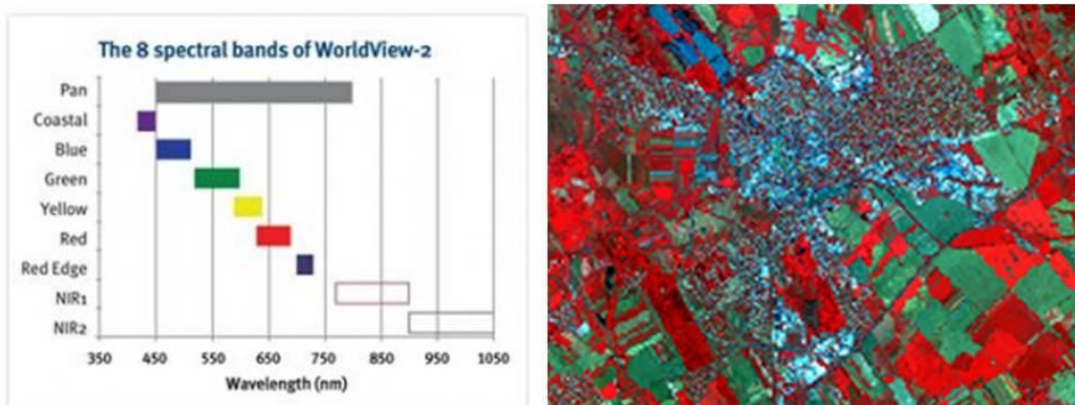


8.3. ábra A geometriai transzformáció paramétereit és az átszámítási hibáit

8.2. Színtkompozit előállítás

A WorldView műhold szenzorai az elektromágneses spektrum 8 sávjában rögzítenek adatokat multispektrális 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 cél, így a színtkompozit előállításához felhasználtuk a látható spektrum tartományban készült ún. klorofil elnyelési sávokat és a közeli infravörös tartományt, ahol a levélszerkezet visszaverődése érvényesül.

Landsat TM szenzor esetén a színekompozit előállításakor ugyanezeket a szempontokat követtük és a látható tartomány vörös sávját valamint a közeli és közepes infravörös tartományt választottuk a kiértékeléshez.



8.4. ábra WV2 spektrális felbontása és a színekompozit (257, részlet)

8.3. Vegetációs indexek számítása

A vegetációs index egy olyan mérőszám, mely nem rendelkezik dimenzióval és egy vizsgált terület vegetációs aktivitását fejezi ki. A növényzettel borított terület vegetációs aktivitását és a vegetáció egészségi állapotát határozhatjuk meg vele, ha ismerjük a felszínborításról visszaverődő fény intenzitását az elektromágneses spektrum különböző hullámhosszúságú tartományaiban.

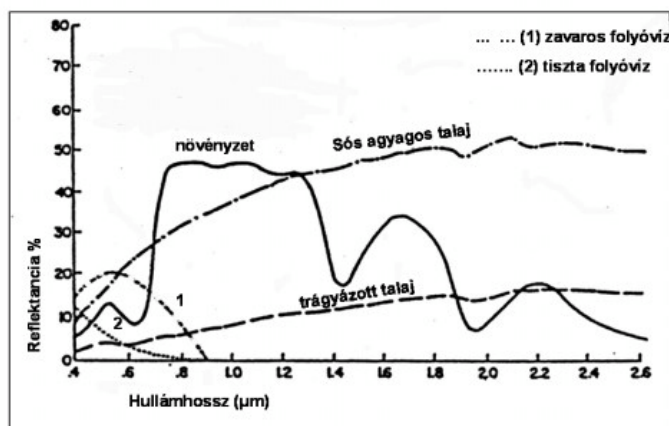
Értékének meghatározásához alapul vesszük a közeli infravörös illetve a látható vörös sugárzási tartományokban mért visszaverődés értékeit. Az NDVI (normalizált differenciált vegetációs index) index értéke -1 és +1 közötti számérték, a felszínborítás fajtájától függően.

Általában megfigyelhető, hogy a mesterséges felszínborítások és vízfelületek a -1 értékhez közelítenek és minél fejlettebb a vegetáció, annál inkább tart az érték a +1 felé.

Dolgozatom készítésénél az egyik leggyakrabban használt- ún. normalizált- vegetációs index számításából indultunk ki:

$$\text{NDVI (NIR, RED)} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$$

A számítás során az elektromágneses spektrum 7-es (közeli infravörös) illetve 5-ös (látható tartomány vörös) sávját vettük alapul.



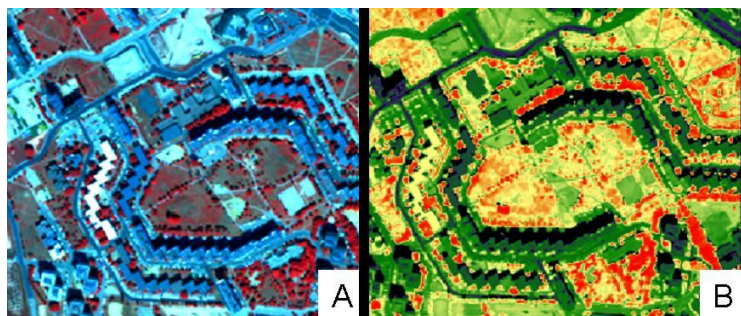
8.5. ábra Reflektancia görbe

A különböző felszínborítások reflektancia görbéjét vizsgálva megállapítható, hogy a növényzet esetében több helyen található ún. klorofil elnyelődési tartomány. A látható tartományban (400-700 nm) a növényzet zöld színtestei módosítják a visszaverődést. Attól függően, hogy a vizsgált vegetáció milyen egészségi állapotban van, mennyi idős illetve milyen tápanyag-gazdálkodási feltételekkel rendelkezik, eltérő pigment szám és így eltérő fényelnyelés figyelhető meg. Ez az eltérés mutatkozik a reflektancia görbén is. A közeli infravörös (700-1300 nm) tartományban megfigyelhető változás abból fakad, hogy ebben a tartományban az ún. abszorpciós képesség lecsökken, az ezért felelős pigmentek hiánya miatt. Ezért a sugárzásnak csupán egy része verődik vissza a levélszerkezetről, másik része áthatol azon.

2. Táblázat NDVI index számítási módjai

Különbség index	Egyszerű vegetációs index	Normalizált vegetációs index
$D(NIR, R) = NIR - R$	$VI(NIR, R) = NIR / R$	$NDVI(NIR, R) = (NIR - R) / (NIR + R)$

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.



8.6. ábra NDVI index számításának eredménye (részlet) A: műholdas felvétel, B: NDVI index alkalmazása

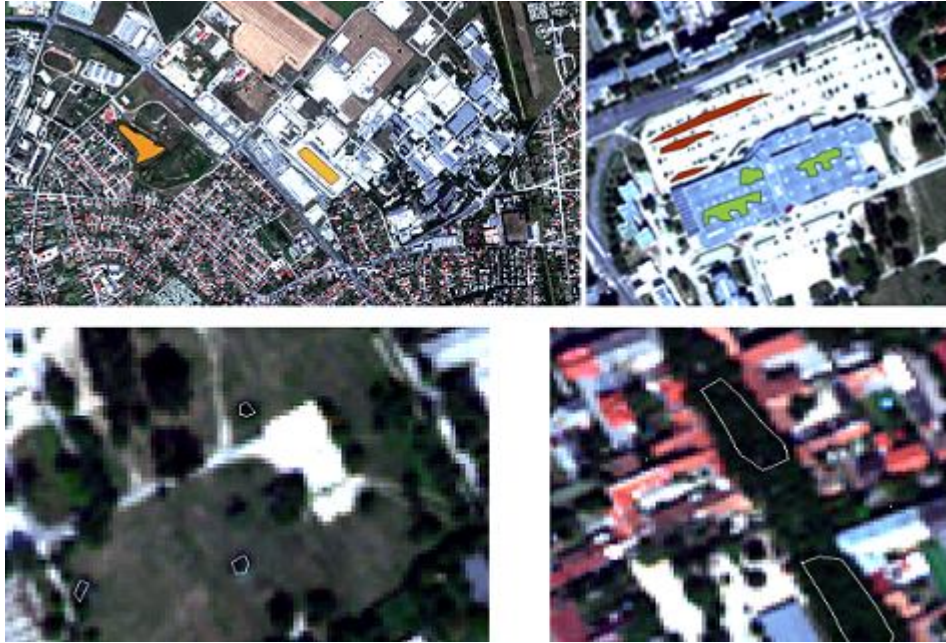
9. Műholdas felvételek osztályozása

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. [Verőné Wojtaszek M., 2010] Az osztályozást alapvetően két szoftverrel végeztük el. Az Idrisi Taiga szoftver alkalmazásával elvégeztünk pixel alapú és objektum orientált osztályozást is. Ezzel a módszerrel azonban csak a pixelek intenzitás értéke alapján végezhető el az osztályozás, ami számos esetben mellőosztályozáshoz vezetett. Ezért az eCognition Developer programmal az intenzitás értékek mellett egyéb jellemzőket (alak, textúra, területnagyság, szomszédsági viszonyok) is figyelembe vettünk az osztályozáskor és így az osztályozás pontossága is növelhető volt.

A képek osztályozásának bemutatása a továbbiakban két külön alfejezetben történik, tekintettel az alkalmazott eljárásokra és szoftverekre.

9.1. Osztályozás elvégzése Idrisi Taiga szoftverrel

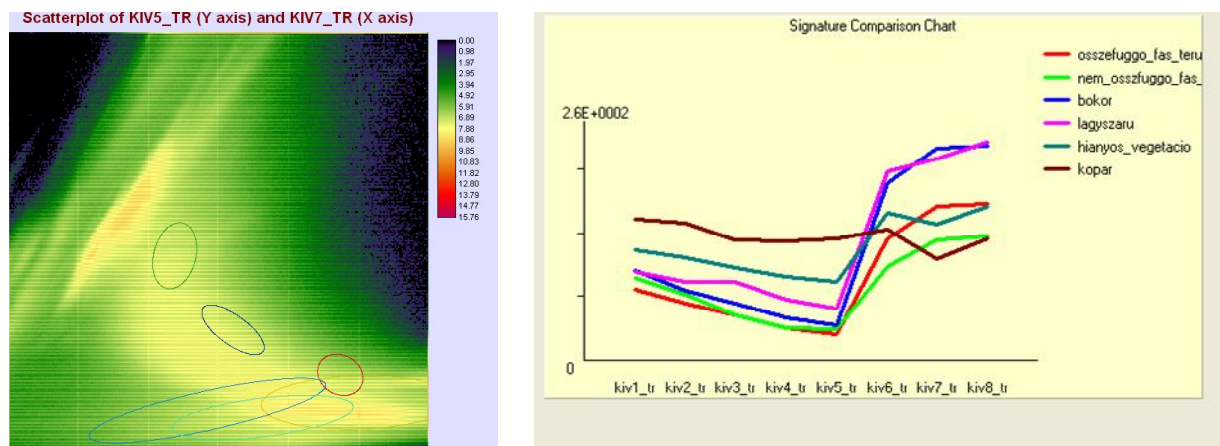
A felügyelt osztályozás során a kép minden egyes pixelét a különböző tematikus kategóriák valamelyikéhez soroljuk be a tematikus kategóriák mintáiból kigyűjtött adatok alapján [Czimer, 2001]. Az osztályozás elvégzéséhez szükséges volt az ún. tanulóterületek kiválasztása. A tanulóterületek kiválasztásánál feltétlen fontos szempont volt az, hogy az a tanulóterület homogén legyen és reprezentatív a terület egészére. Tehát olyan területeket keresünk a városban, melyek minden általunk elkülöníteni kívánt vegetáció típust képviseltek. Továbbá a beépített (nem fotoszintetizáló) területekről is mintaterületeket jelöltünk ki. Azonban a további kiértékelés során nagyobb hangsúlyt fektettünk a vegetáció vizsgálatára, a dolgozat témájához is igazodva. Az osztályozáshoz szükséges tanuló területek kiválasztásánál figyelembe kell venni a terület felszínborítását és térbeli mintázatokat. A mintaterületek kijelölése történhet terepi bejárással, vizuális interpretációval és korábban szerzett információk felhasználásával. A mintaterületek egyik részét a tanulóterületek meghatározására használjuk, a másik részét pedig tesztelés céljából elkülönítjük [Czimer, 2001].



9.1. ábra Egyes tanulóterületek az űrfelvételen (részletek)

Az 9.1. ábrán látható, hogy tanulóterületként választottunk tipikusan burkolt felületeket (parkoló, út, épületek) és a vegetáció több típusát (fás- bokros- illetve füves területek, kopár felszínek, hiányos vegetáció).

Az osztályozás során elkülönített tanuló területeket a lehető legnagyobb odafigyeléssel kell megállapítani. Gyakorlatban, egy tematikus kategórián belül spektrálisan eltérő adatszoportosulások fordulnak elő (pl. különböző színű háztető, különböző fafajok), így több alkategóriát jelöltünk ki. Osztályozás után egyes vegetációs álkategóriák, valamint burkolt felszínek összevonásra kerültek.



9.2. ábra Egyes tanulóterületek elhelyezkedése az intezitási térben (WoldView 57)

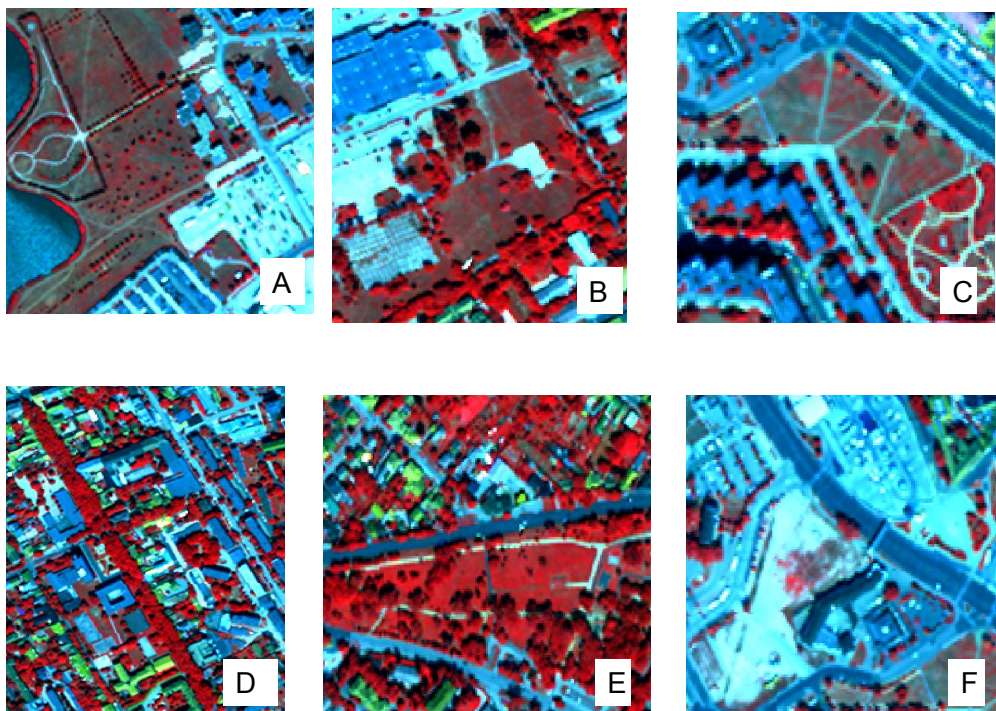
A tanulóterületekre jellemző intenzitási értékek (átlag, szórás, hisztogram) elemzésével vizsgálható a kategóriák elkülöníthetősége az adott spektrum tartományban. A 9.2. ábrán jól látható, hogy egyes vegetáció típusok csak bizonyos spektrum tartományokban választhatók el egymástól. Például a bokor és lágyszárú kategóriák látható spektrum tartományban könnyebben különíthetők el, mint a közeli infravörösben. A fa típusok esetében a látható tartományban figyelhető meg az átfedés.

9.1.1. Tanulóterületek spektrális tulajdonságainak jellemzése

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

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

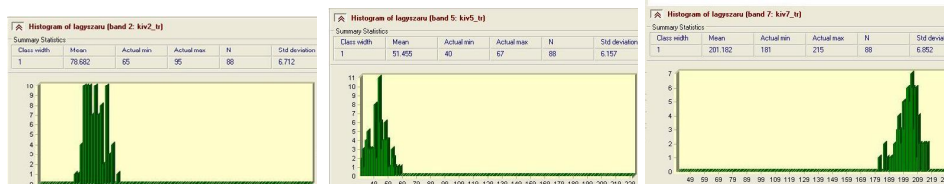
- összefüggő fás területek, parkok, ligetek (9.3. D ábra)
- nem összefüggő fás területek, magányos fák (9.3. B ábra)
- bokros területek, bokrok, kisebb fás szárú növények (9.3. C ábra)
- füves területek (9.3. E ábra)
- hiányos vegetáció, füves és kopár felszín keveredése (9.3. A ábra)
- kopár felszín, csupasz talaj (9.3. F ábra)



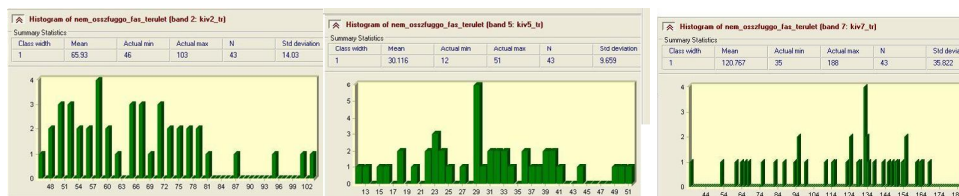
9.3. ábra Egyes vegetáció típusok az úrfelvételen (részlet)

A munka során vizsgáltuk, hogy az egyes vegetáció típusok az elektromágneses spektrum különböző sávjában 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 9.5. ábra mutatja.

Lágy szárú növényzetre jellemző intenzitási értékek eloszlása WV 2,5,7 sávjában



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



9.4. ábra Egyes vegetáció típusokra jellemző spektrális tulajdonságainak részletek kimutatása

A 9.4. ábra két kategóriára (lágy szárú növényzet és a nem összefüggő fás területek) 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. A 3. illetve 4. táblázatban látható kimutatás az egyes átlag- és szórásértékeket mutatja a vegetáció típusokra lebontva.

Az átlag értékek vizsgálatának eredménye:

3. Táblázat Az intenzitás értékek átlaga egyes vegetáció típusoknál

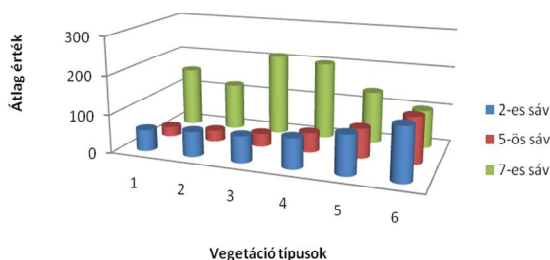
Kategória	2-es sáv, átlagérték	5-ös sáv, átlagérték	7-es sáv, átlagérték
1: összefüggő fa	56.601	26.056	154.23
2:nem összefüggő fa	65.93	30.116	120.767
3: bokor	68.632	34.93	211.86
4: lágyszárú	78.682	51.455	201.182
5:hiányos vegetáció	102.61	78.13	136.228
6: kopár	137.653	122.221	100.926

A szórás értékek esetében:

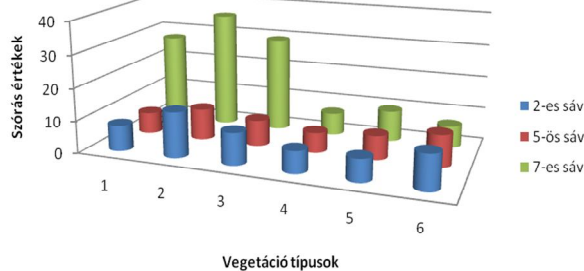
4. Táblázat Az intenzitás értékek szórása egyes vegetáció típusoknál

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

Az intenzitás értékek megoszlása a különböző vegetációs típusok között az elektromágneses spektrum 3 sávjában
Átlag értéket tekintve



Az intenzitás értékek szórásának bemutatása különböző vegetációs típusokra az elektromágneses spektrum 3 sávjában



9.5. ábra Az intenzitás értékek megoszlása (átlag és szórás)

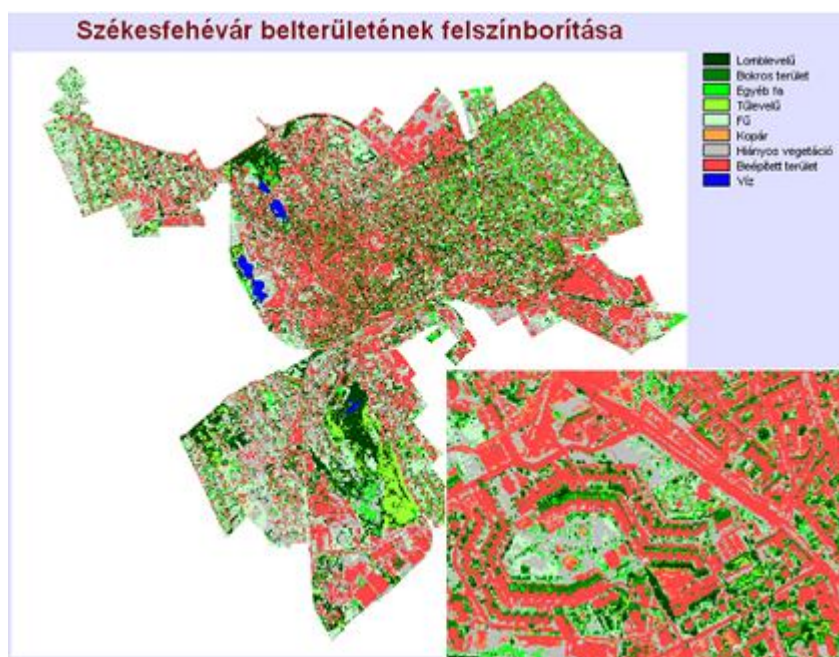
A 9.5 ábrán látható, hogy az egyes vegetáció típusok intenzitási értékei az elektromágneses spektrum tartomány 7-es sávjában nagymértékben eltérnek egymástól. Ezért a növényzet vizsgálatára ez a sáv különösen alkalmas.

9.1.2. Tematikus osztályozás és eredményei

A munka első fázisában 16 különböző kategóriát állapítottunk meg, melyből 10 kategória jelentett valamilyen vegetációt. Az osztályozáshoz mind a 16 kategóriát felhasználtuk, 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 vontunk össze alkategóriákat.

9.1.2.1. 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 leggyakrabban használt besorolási módszerek a legközelebbi középpontú osztályozás (minimum távolság 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 dolgoztuk fel (9.6. ábra).



9.6. ábra Székesfehérvár belterületének felszínborítása osztályozott képen (részlet)

A városi felszínborítás igen változatos és az egyes felszínborítások is jellemzően heterogén felépítésűek, ezért ezek elkülönítése is problémás. A pixel alapú osztályozás során azt tapasztaltuk, hogy az összefüggő területeken belül inhomogenitás figyelhető meg és a kategóriahatárok is töredezetek. Emellett problémát jelentett az is, hogy az egyes felszínborítási kategóriák keveredtek az osztályozás során.

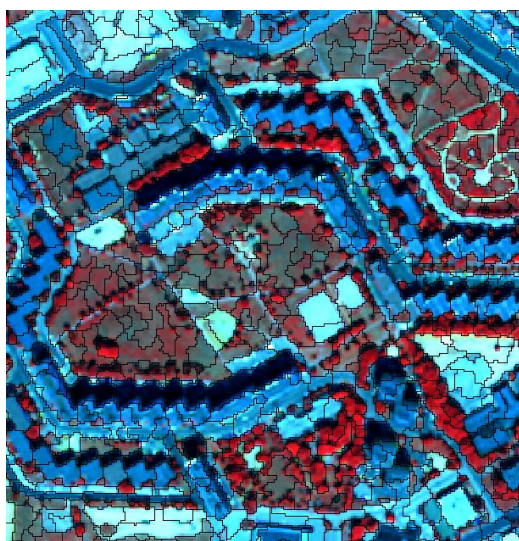
9.1.2.2. Objektum orientált osztályozás

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



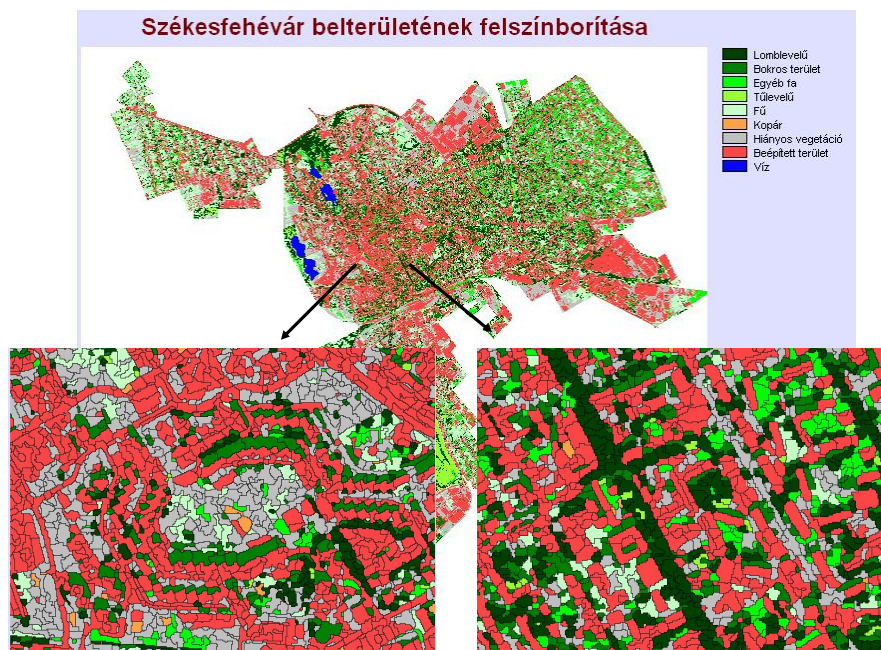
9.7. ábra A különböző küszöbértékű szegmentálás eredményei (részlet)

Az 9.7. ábra. eltérő küszöbértékű (10, 20, 30) szegmentálás eredményei láthatók, az ábra jól szemlélteti, hogy a küszöbérték nagysága nagyban befolyásolja a szegmensek méretét és spektrális homogenitásukat, 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.



9.8. 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.

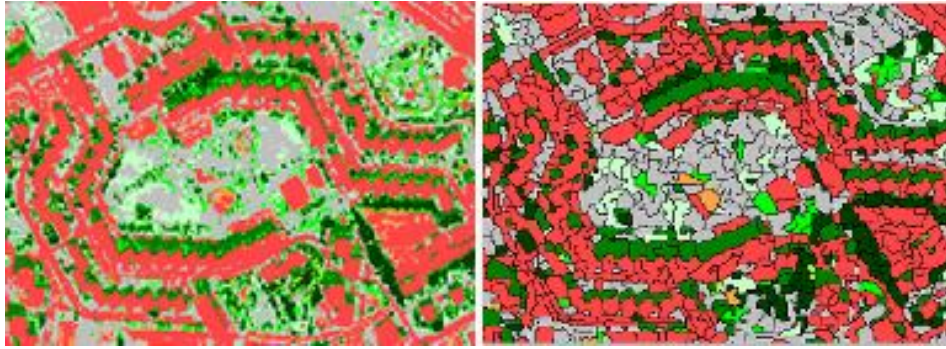


9.9. ábra Objektum orientált osztályozás eredménye

Az objektum orientált osztályozás a pixel alapúhoz képest kedvezőbb eredményt adott. Ezzel az eljárással a kategória-határok töredezettsége, valamint az egyes kategóriák keveredése is nagymértékben csökkenthető. Emellett az egy kategórián belüli inhomogenitás is mérsékelhető.

Az osztályozási eljárások eredményének értékelése

A vizsgált területen többféle osztályozási módszert is alkalmaztunk. A pixel-alapú osztályozás nem volt eléggé pontos, a kategóriák határai nem különültek el elég élesen és a kategóriák keveredése is megfigyelhető volt. Ezért elvégeztük az objektum orientált osztályozást is, melynek alapja a szegmentálás művelete. A szegmens-alapú osztályozás eredménye a pixel-alapú osztályozáshoz képest kielégítőbb volt. Az egyes szegmensek megfelelően különváltak, bár egyes esetekben ennél az eljárásnál is tapasztalható volt mellősoztályozás, ami megtévesztő lehet a kiértékelő számára.



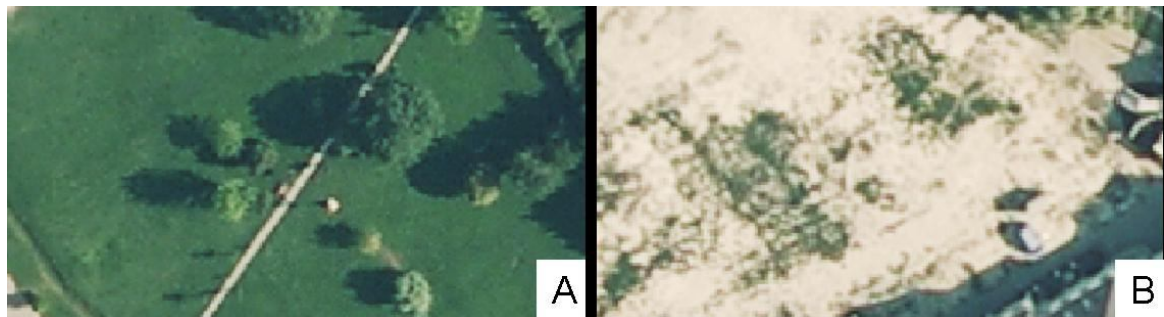
9.10. ábra Pixel alapú és objektum orientált osztályozás összehasonlítása

Szegmens-alapú osztályozás előnyei:

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

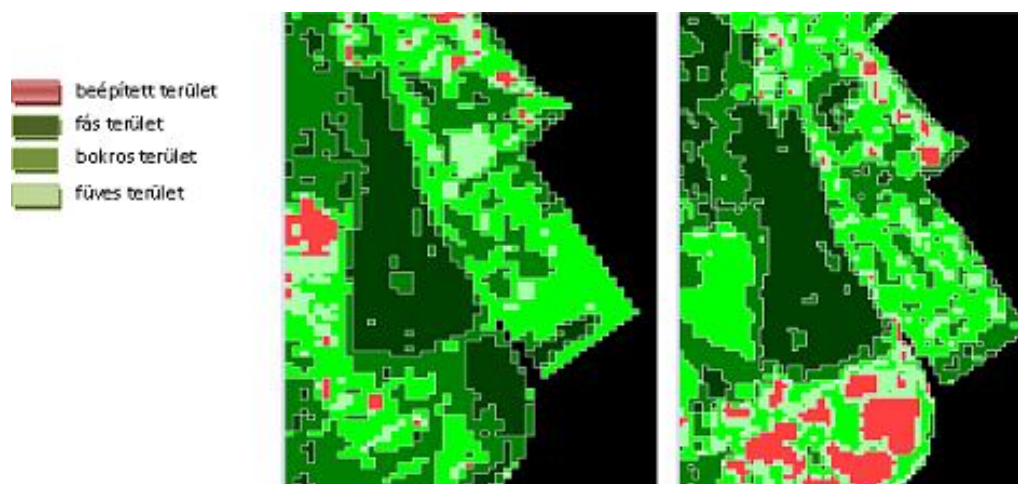
9.1.4. A városi felszínborítás felmérése NDVI index alapján

A vizsgált területre először az elektromágneses spektrum 5-ös és 7-es sávjában számítottuk a vegetációs indexeket (számítási módszerek 8.4. 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.



9.11. ábra Az egészséges és egészségtelen vegetáció összehasonlításáról A: egészséges vegetáció, B: nem egészséges vegetáció

A különböző felszínborítási kategóriákra különböző NDVI index értékeket figyelhetünk meg. Jellemzően a -1 körüli NDVI index értéket a burkolt felszínek veszik fel. Minél kevesebb a vegetáció az adott területen, NDVI index értéke annál jobban közelít a nullás érték felé. A vegetációs társulások fejlettségi szintjétől függően azok pozitív értékeket vesznek fel. Jellemzően minél fejlettebb egy vegetációs társulás, annál inkább közelít NDVI index értéke a +1 felé. Három különböző időpontra vonatkozóan készítettem tematikus térképeket. A vegetáció változásának elemzését az 1986-os és 2006-os felvételek alapján végeztük el. 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. Az elvégzett összehasonlítás eredményét az 5. táblázat tartalmazza, valamint a 9.12. ábra mutatja.

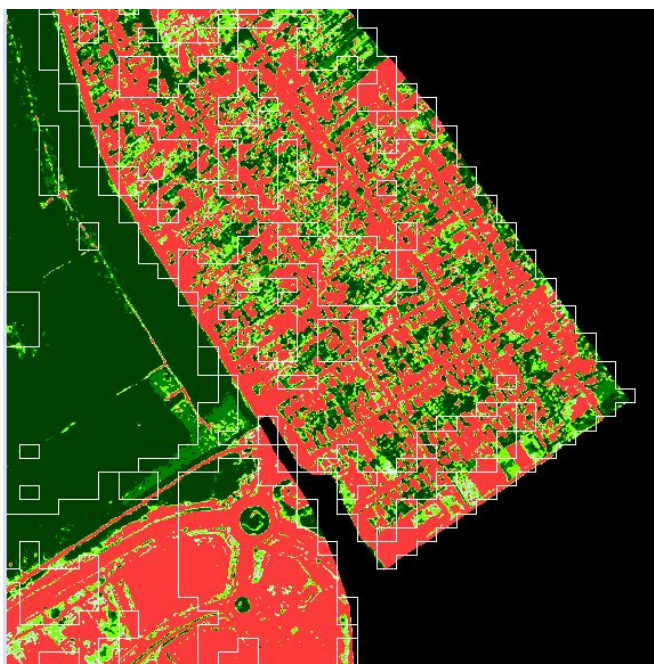


9.12. ábra 1986-os és 2006-os felvételek összehasonlítása NDVI index alapján (részlet)

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

Kategória	Terület (ha) 1986-os felvétel	Terület (ha) 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

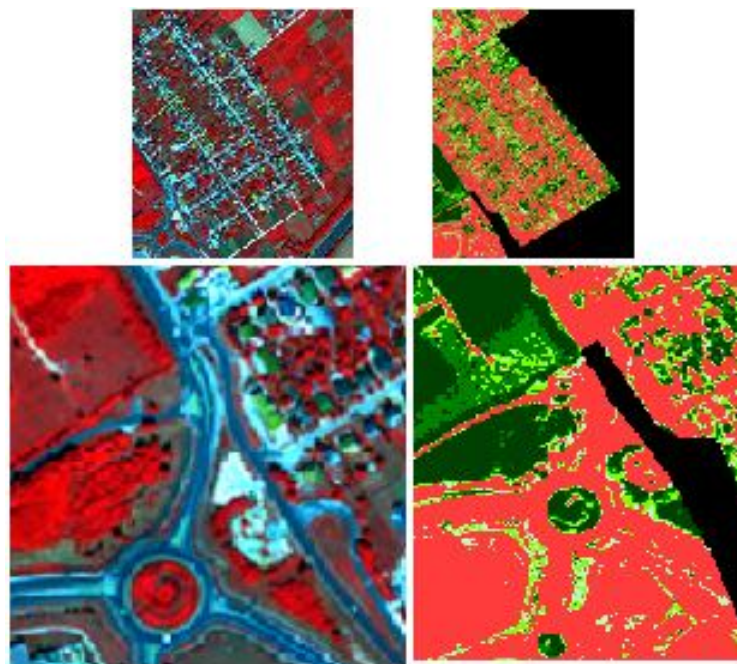
A burkolt felület nagysága az évek során jelentősen megnőtt (439 hektárról 522 hektárra nőtt). A beépített felszín növekedése a 9.12. ábrán piros színnel látható. A város lakott területe a vizsgált időszakban kiterjedt, ezáltal a zöld területek aránya lecsökkent. A csökkenés elsősorban a fás területeket érinti (1206 hektárról 998 hektárra illetve 341 hektárról 210 hektárra csökkent). A füves és bokros területek nagysága nem csökkent le, ami magyarázható azzal, hogy a beépített területek mellett a parkok száma is növekszik. A 2011-es műholdas felvétel nagy felbontása lehetővé teszi számunkra a még részletesebb vizsgálatot.



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

A 9.13. ábra mutatja a különbséget az 1986-os és a 2011-es felvételek között. Az 1986-os területi kategóriákat összehasonlítva a 2011-es állapottal, elmondható, 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.

9.14. ábra jól szemlélteti, 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.



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

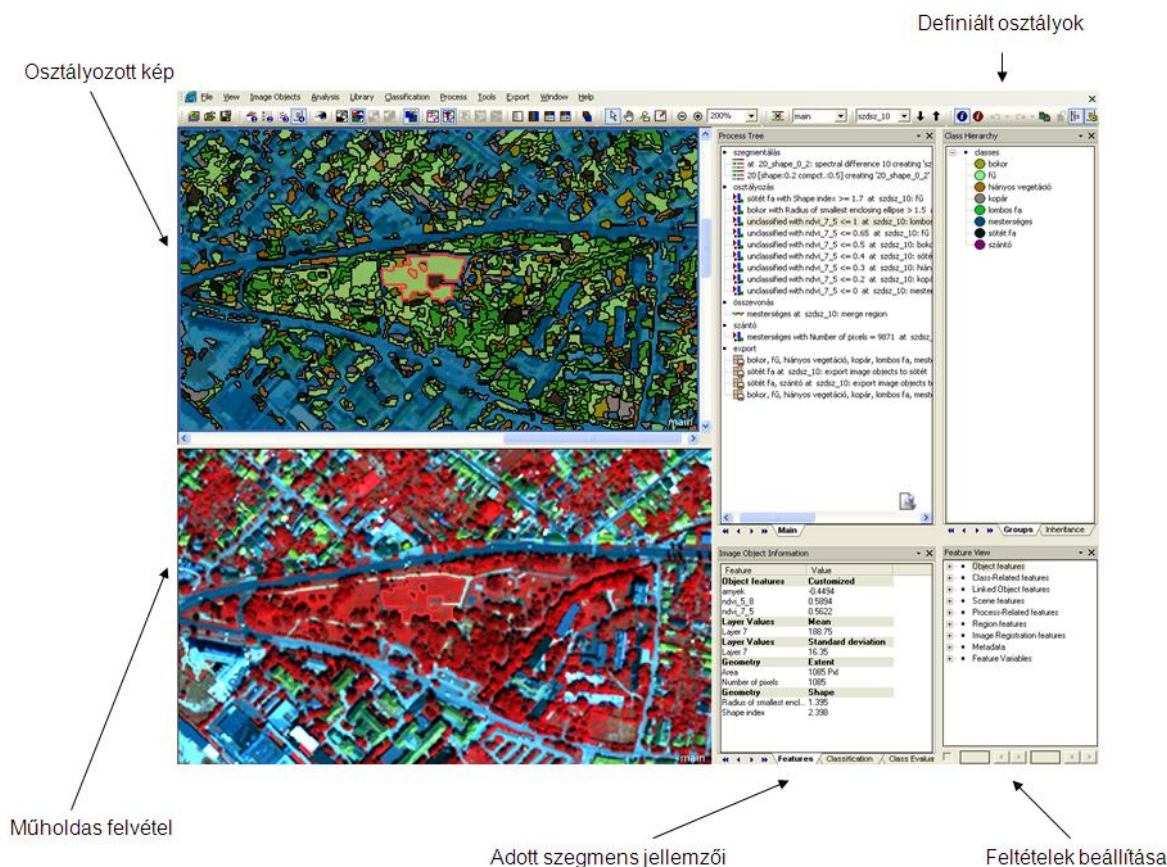
9.2. Osztályozás elvégzése eCognition Developer szoftverrel

Az eCognition Developer szoftver hatalmas eszköztárral rendelkezik, mely felhasználható az osztályozási eljárások fejlesztéséhez. Az Idrisi Taiga szoftverrel bizonyos tematikus kategóriákat nem lehetett elkülöníteni spektrális tulajdonságaik alapján. Ezért a továbbiakban az eCognition Developer programot is alkalmaztam, mely lehetőséget ad, hogy spektrális tulajdonságok mellett olyan tényezőket is figyelembe vegyen, mint szegmensek közti szomszédsági viszonyok, szegmens környezete, objektumok geometriája, alakja, textúrája, stb.

9.2.1. A munkafolyamat általánosan

- Első lépésben definiálni kell egy új projektet és meg kell adni a mentés helyét. Be kell importálni mindazon adatot és felvételt, melyet használni szeretnénk. Van lehetőség arra, hogy a teljes felvétel helyett csupán egy kivágaton dolgozzunk.
- Meg kell adnunk, hogy a szoftver milyen színtkompozitot állítson elő, tehát a műholdas felvétel egyes sávjait a három alapszínhez kell hozzárendelnünk (7-R, 5-G, 2-B).
- A hierarchikusan felépülő feladatkezelőben kell definiálni a szegmentálás műveletét. Algoritmusként meg kell adni az „execute child processes” kritériumot, ezzel biztosítva további alszintek létrehozását. Ki kell választani a leginkább megfelelő szegmentálási kritérium értéket. Az eredményül kapott szegmenseket további műveleteknek lehet alávetni, mint pl. az azonos és szomszédos szegmensek összevonása.
- Definiálni kell a szerkesztő panelben a létrehozni kívánt osztályokat és hozzájuk kell rendelni 1-1 megjelenítési szint, mely a későbbiekben módosítható.
- A következő fő lépés a képszegmentáció eredményeként kapott képjelöltek osztályokba sorolása. Az osztályozás előre meghatározott szabályokon alapul, melyeket a spektrális, térbeli és/vagy hierarchikus viszonyok leírása határoz meg.
- A képosztályozás eredményét javíthatjuk azzal, ha más algoritmusokat is lefuttatunk a szoftverben. Az algoritmus megválasztása körültekintést igényel; mindig igazodni kell az elkülöníteni kívánt objektum geometriai formájához, ill. más fizikai tulajdonságához (pl. hosszúság- szélesség aránya, intenzitás, alak, terület, textúra, pozíció, stb.)
- A kész osztályozott képet ezek után exportálhatjuk különféle formátumokban.

9.2.2. A munkafelület bemutatása

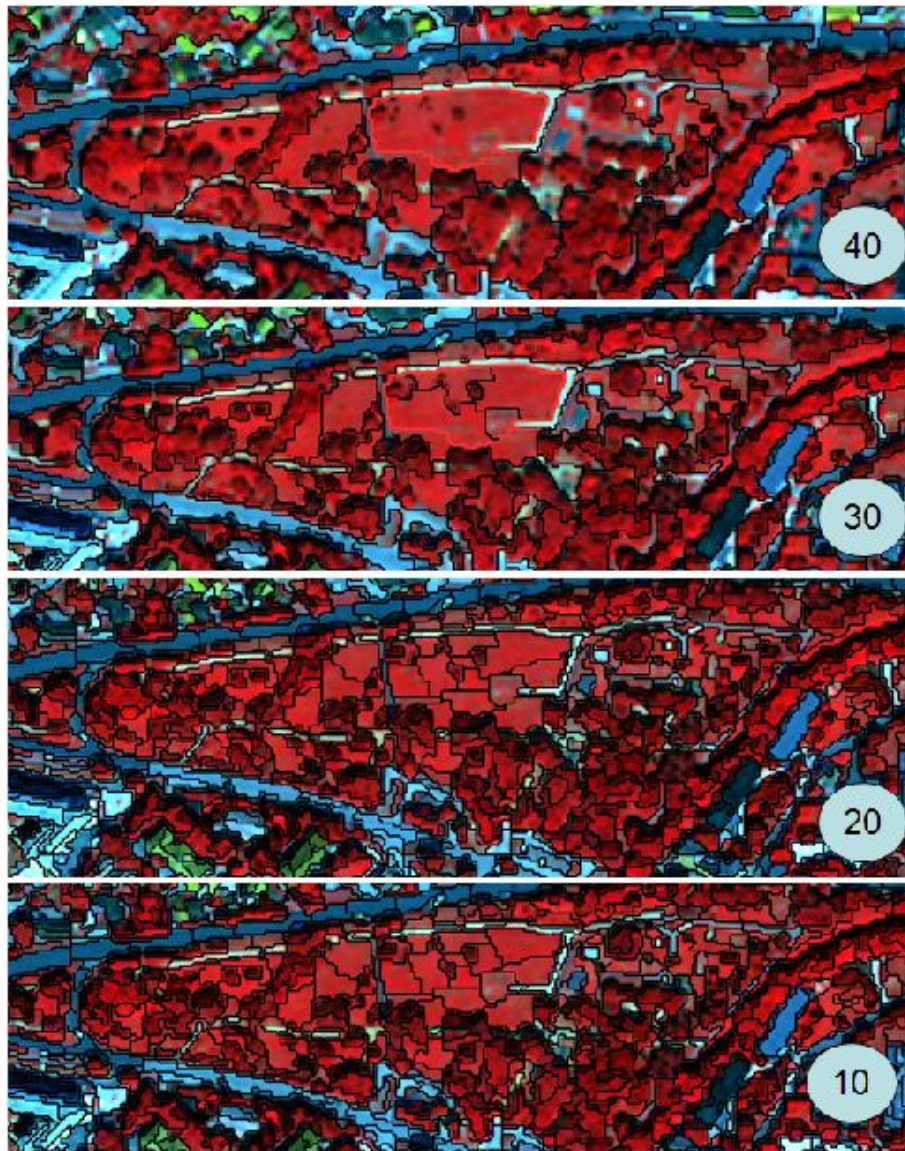


9.15. ábra Az eCognition Developer szoftver felülete

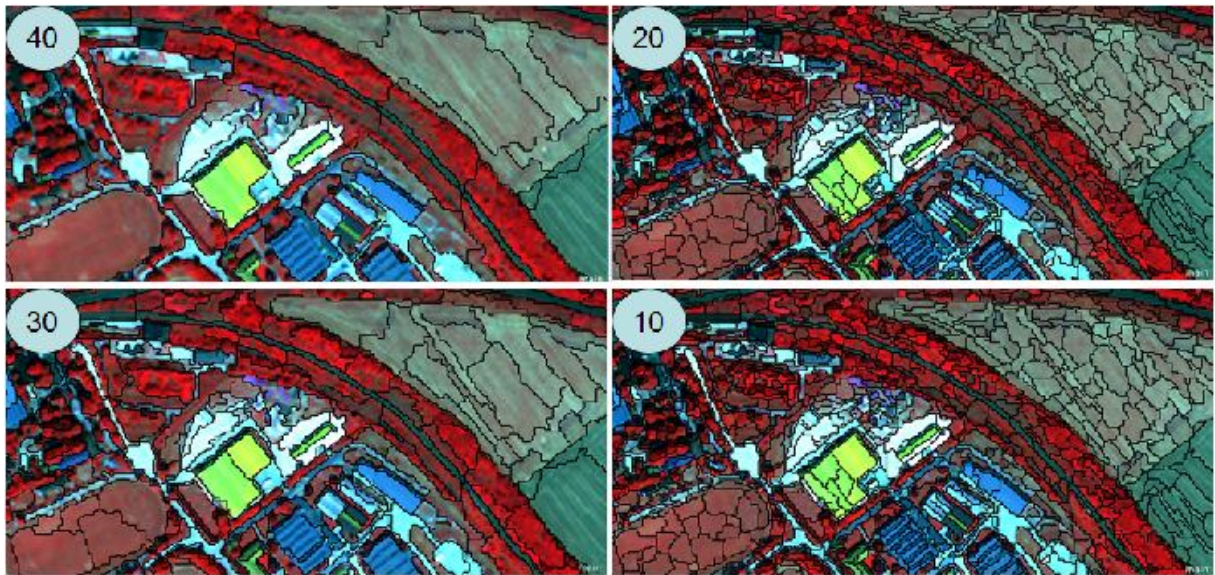
9.2.3. Osztályozás folyamata

- Ebben az esetben az osztályozást egy képkivágoton végeztük el, melyet úgy választottunk ki, hogy a Székesfehérvárra jellemző főbb felszínborításokat tartalmazza.
- A műholdas felvétel egyes sávjait hozzá kell rendelni a három alapszín egyikéhez így létrejön egy színekompozit. Az létrehozott kompozitban a vörös színt az elektromágneses spektrum 7-es sávjához, a zöldet az 5-ös sávhoz míg a kékét a 2-es sávhoz kapcsoltuk.
- A hierarchikusan felépülő feladatkezelő ablakban kell definiálni az egyes tevékenységeket. Első ilyen fő lépés volt a szegmentálás. Az algoritmus beállításánál ügyelni kell rá, hogy úgy definiáljuk a szegmentálást, hogy ahhoz később al- tevékenységeket rendelhessünk hozzá. Akárcsak a többi objektum-alapú osztályozásnál, itt is meg kell állapítani egy olyan szegmentálási kritérium

értéket, mely alkalmazásakor a feladathoz megfelelő, jól illeszkedő kategória határokat nyerünk. Ezt az eredményt tapasztalati vizsgálat, vizuális áttekintés alapján értjük el. Több kritérium értéket is alkalmaztunk (40, 30, 20 és 10). A 40-es és 30-as határértéknél megállapítható volt, hogy a kategóriahatárok nem illeszkedtek megfelelően a felszínborításhoz, több helyen figyelhettük meg a kategóriák keveredését és ez nem adott kielégítő eredményt. A 20-as szegmentálási küszöbérték már kedvezőbb eredményt adott, azonban még ebben az esetben is számos helyen keveredtek a kategóriák. Így a 10-es szegmentálási határérték alkalmaztuk, mely esetében ugyan sok apró szegmens jött létre, azonban az egyes felszínborítások elkülönültek egymástól. A felsorolt szegmentálási szintek közti különbséget a 9. 16 és 9.17 ábra szemlélteti.

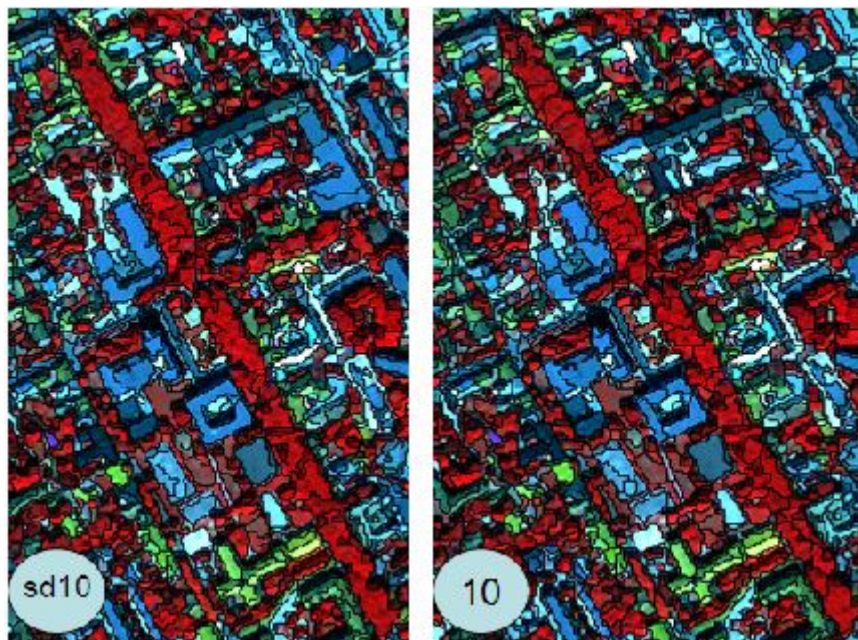


9.16. ábra Szegmentálási küszöbértékek összehasonlítása

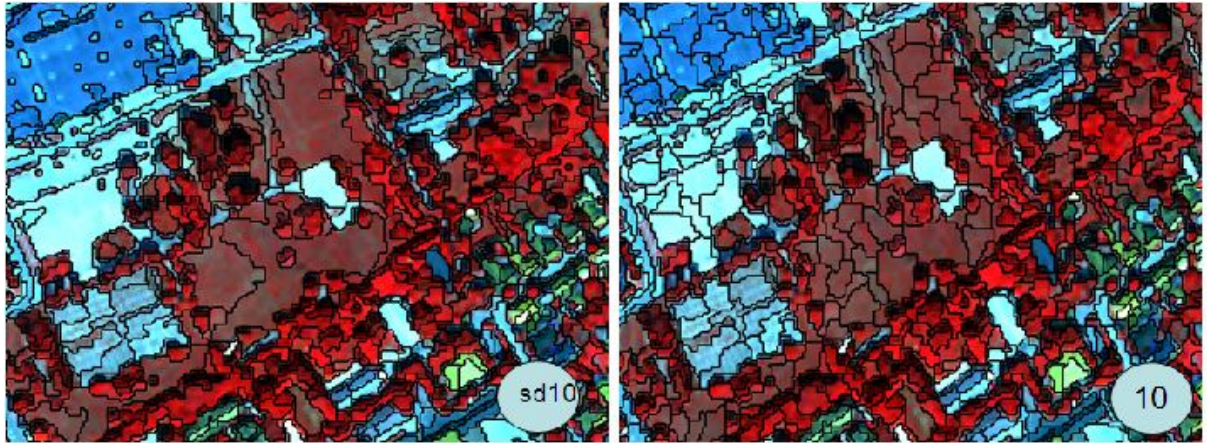


9.17. ábra Szegmentálási küszöbértékek összehasonlítása

- A 10-es szegmentálási küszöbérték alkalmazásával az egyes felszínborításokon túlságosan kis szegmensek jöttek létre. Ennek javításaként a szegmentálást módosítottam a spektrálisan hasonló szegmensek összevonásával (sd10). Így a valós határokhoz jobban igazodó, kevésbé széttagolt képet kaptam. A különbséget a 9.18. ábra mutatja.

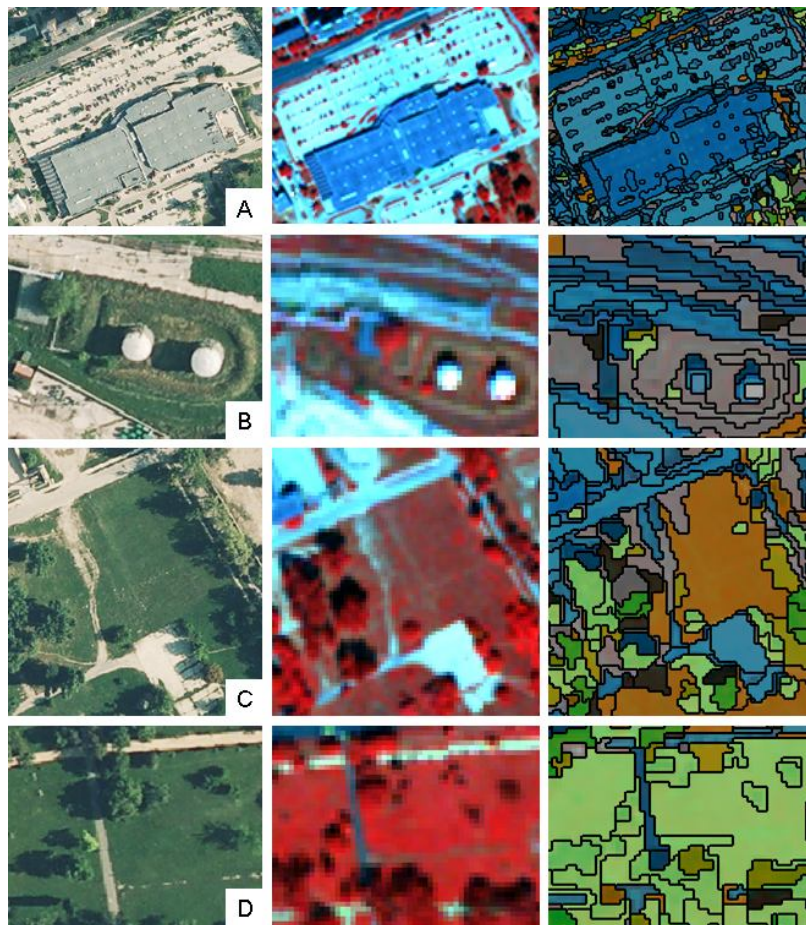


9.18. ábra Szegmentálás módosítása



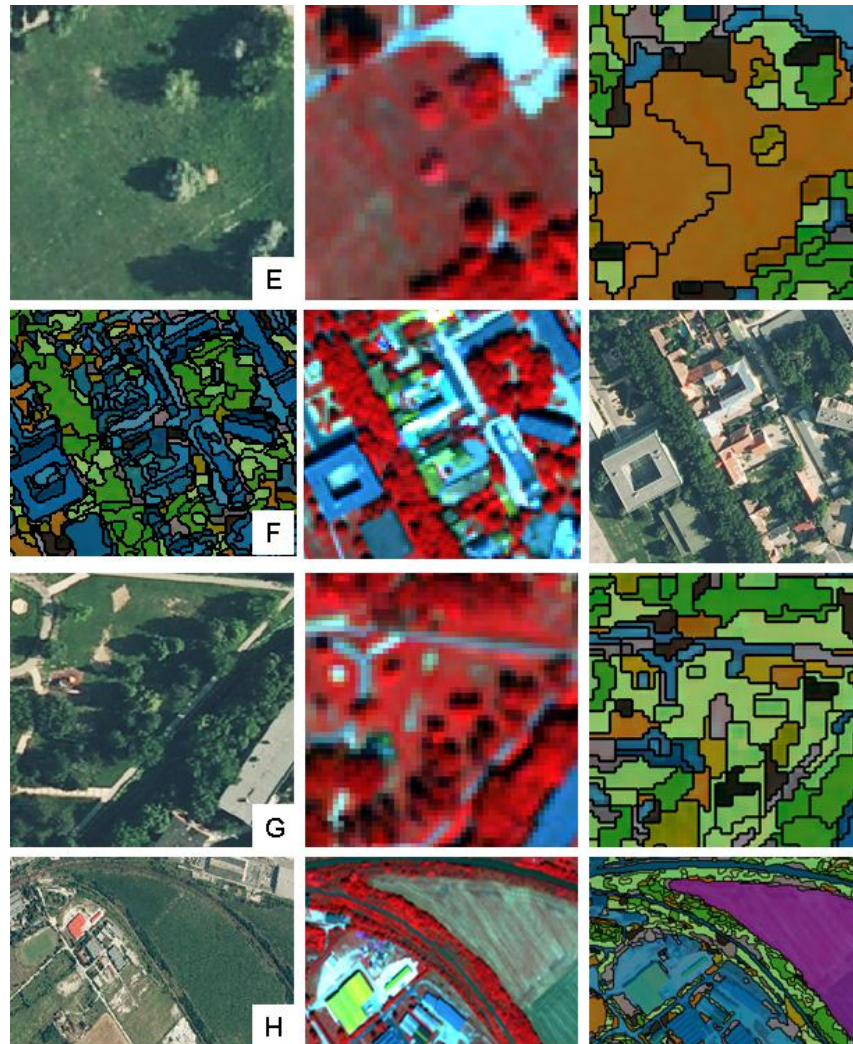
9.19. ábra Szegmentálás módosítása

- Az osztályozás elvégzéséhez definiálni kellett a fő felszínborításokat a városban. Ennek alapján létrehoztunk egy mesterséges felszínborítási kategóriát, melyet a későbbiekben egy nagy egységként kezeltünk valamint a vegetáció különböző kategóriáit: fás területek, bokros területek, füves részek, hiányos vegetáció és kopár felszín. A létrehozott kategóriákat a 9. 20 és 9. 21 ábra mutatja három különböző felvételen: a légifelvételen, az űrfelvételen és az osztályozott képen.



9.20. ábra Felszínborítási kategóriák I.

A: Beépített terület, B: kopár felszín, C: Hiányos vegetáció, D: Füves terület

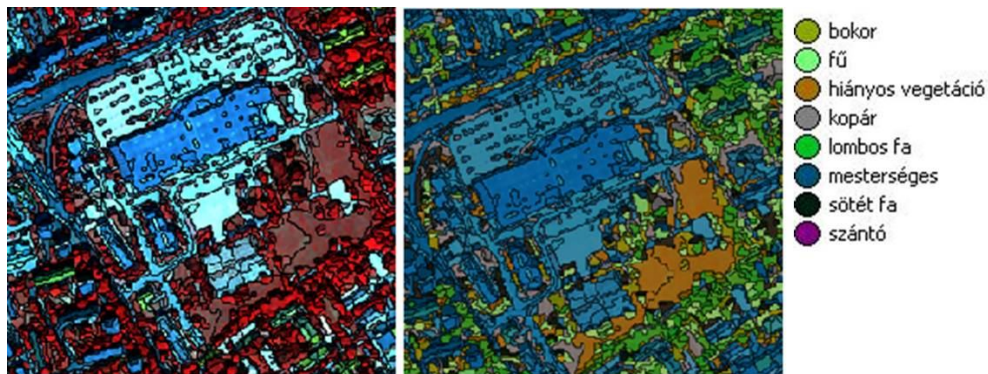


9.21. ábra Felszínborítási kategóriák II.
E: Bokros terület, F: Fás terület I., G: Fás terület II., H: szántó

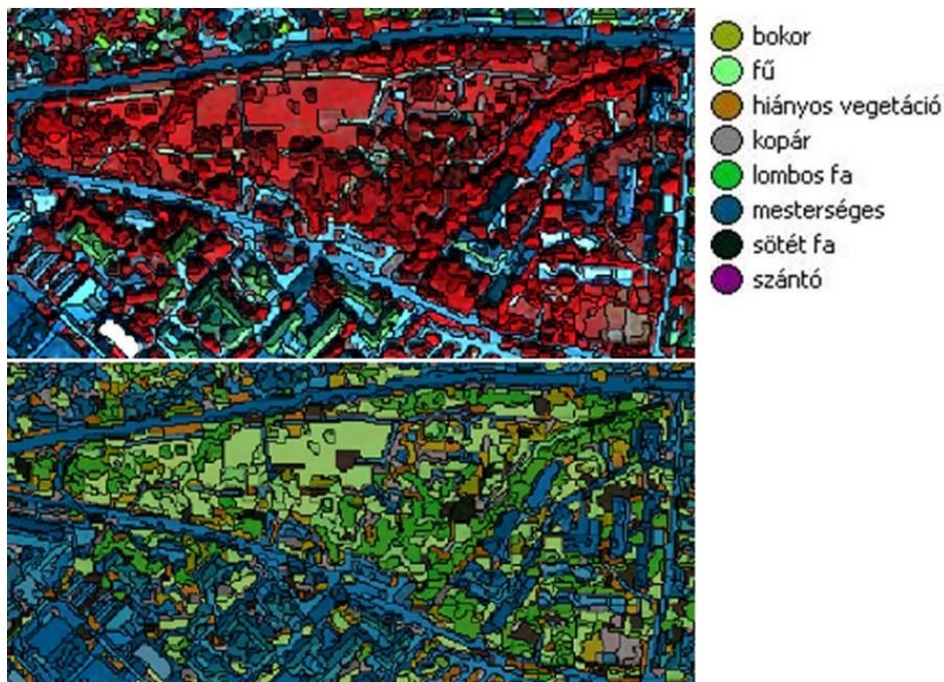
6. Táblázat Az osztályozás fő szempontjai

Kategória	Osztályozás alapja	Kiegészítő tulajdonságok	Osztályozás módosítása
Fás terület I.	NDVI (5,7) index érték alapján	átlagérték, átlagtól való eltérés értéke, pixelszám, terület, NDVI index érték (5,8) víz-árnyék index (3, 8)	kategóriák összevonása
Füves terület			kategóriák összevonása
Bokrok			átmérő vizsgálata
Fás terület II.			alak
Hiányos vegetáció			
Kopár terület			
Szántó			kategóriák összevonása, pixelek száma
Mesterséges felszínborítás			kategóriák összevonása

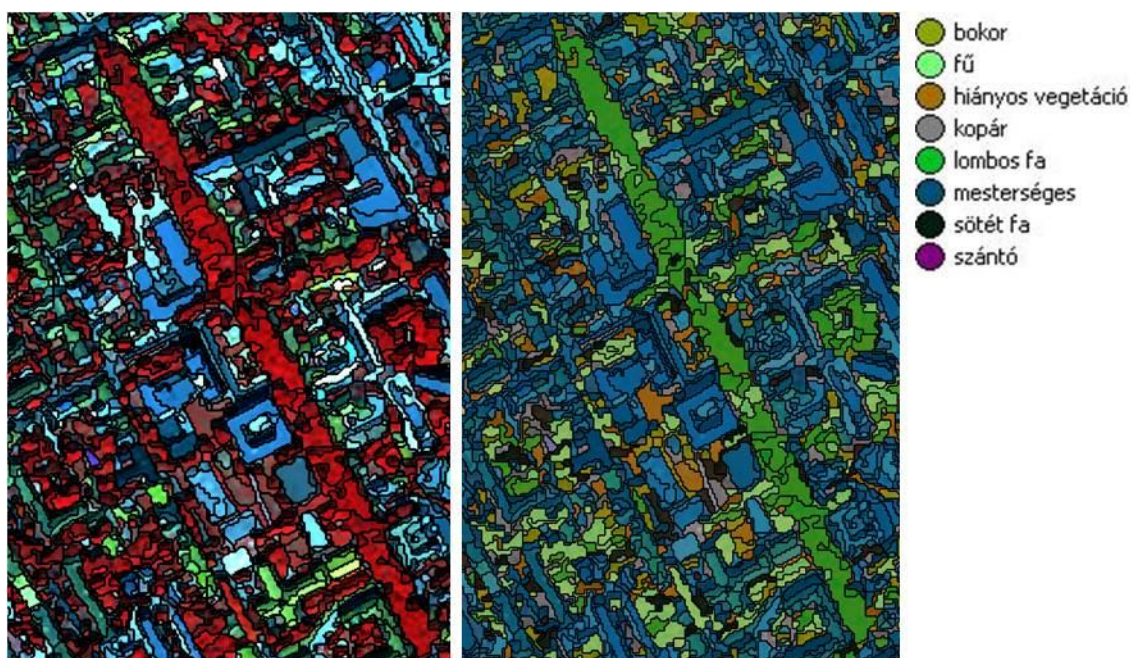
- A szoftver rendkívül sok fizikai paraméter alapján képes az osztályozást elvégezni és a különböző jellemzők számos kombinációja elképzelhető. Mivel a dolgozatom célja a vegetáció vizsgálata, elsősorban a vegetációs index alapján végeztem az osztályozást. Az elektromágneses spektrum látható vörös (5) és közeli infravörös (7) sávjának segítségével számított ún. normalizált vegetációs index alapján különítettem el alapvetően a mesterséges felszínborításokat a vegetációtól.
- Továbbiakban az osztályozást a következő tulajdonságok alapján módosítottuk: objektumok geometriája, alakja, területe, intenzitása, árnyék-indexe, hosszúság-szélesség viszonya. Az egyes felszínborítási kategóriák elkülönítésének módját és az osztályozás módosításának paramétereit a 6. táblázat szemlélteti.



9.22. ábra Osztályozás eredménye (részlet)



9.23. ábra Osztályozás eredménye (részlet)



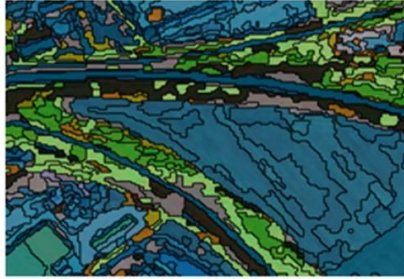
9.24. ábra Osztályozás eredménye (részlet)

Az osztályozás első fázisában több kategória esetén tapasztaltunk hibás besorolást. Ezért esetenként el kellett végezni az osztályozás módosítását. Példaként a 7. táblázatban bemutatásra kerül egy-egy kategória leválogatása.

7. táblázat Az osztályozás módosítása

Osztály	Leválogatás alapja	Felmerülő probléma	Módosítás alapja
Bokros terület	NDVI	melléosztályozás (füves terület és bokros területek keveredése)	poligonok átmérője (a bokor kategória 1.5 nagyobb poligonjai kerüljenek át a füves terület kategóriába)
Fás terület II.	NDVI	melléosztályozás (fás terület II. és füves területek keveredése)	alak vizsgálata (a fás terület azon poligonjai, melyeknek alak-indexe nagyobb, min 1.7 kerüljenek a füves terület kategóriába)
Szántó (9.25. ábra)	NDVI	a szántó a mesterséges felszínborítások közé került, mert a felvételezéskor a területén nem volt növényborítás	1. mesterséges felszínborítás szegmenseinek összevonása egy poligonná 2. pixelszám alapján a szántó leválogatása

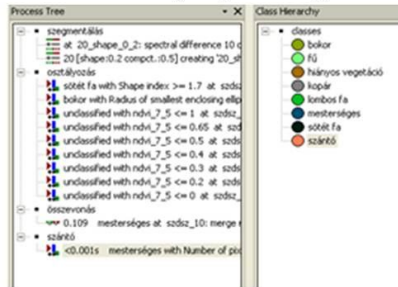
1. fázis: a szántó a mesterséges kategóriában van



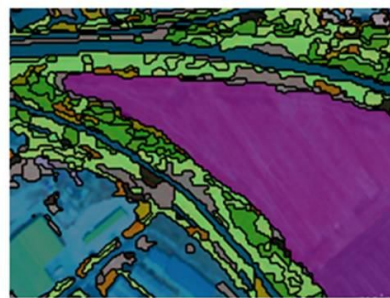
2. fázis: mesterséges kategóriák összevonása egy poligonná



3. fázis: a szántó leválogatása pixelszám alapján

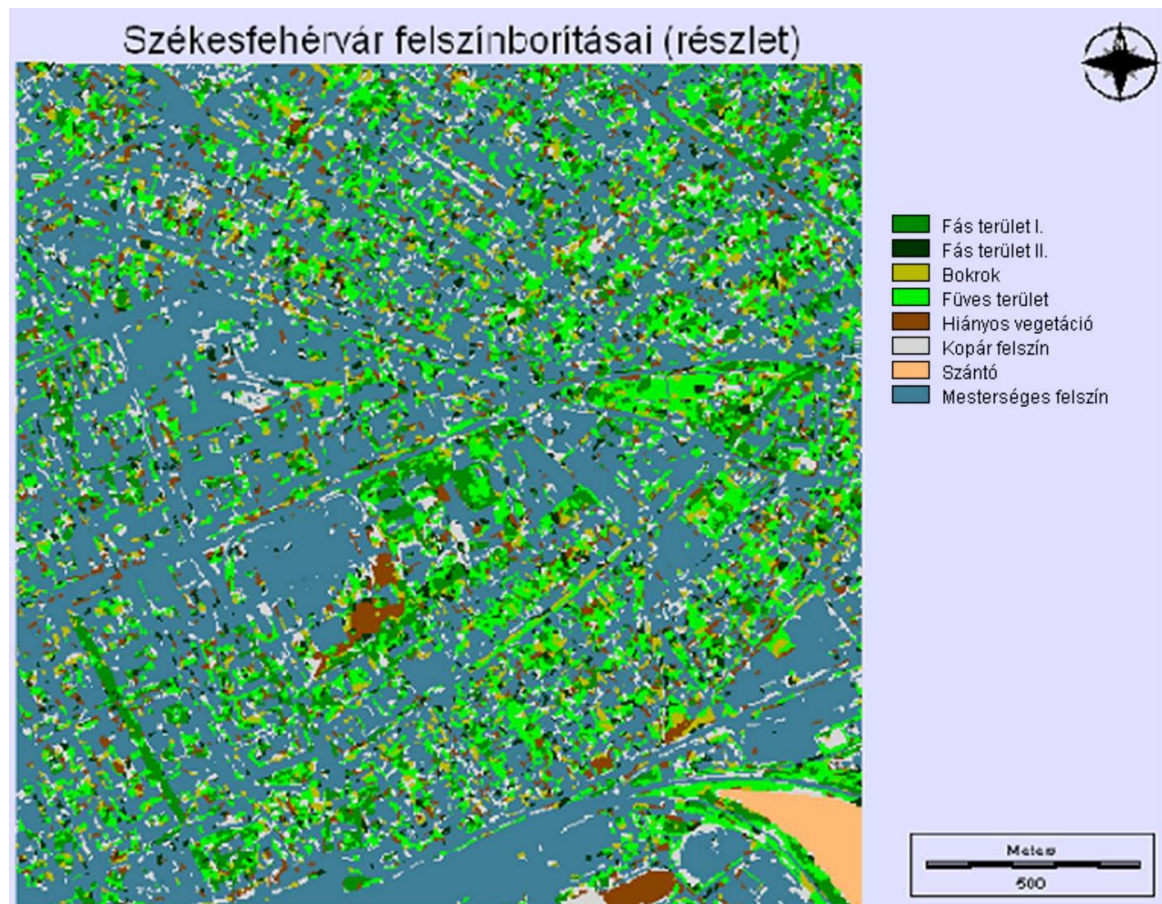


4. fázis: a szántó besorolása egy önálló osztályba



9.25. ábra A szántó kategória leválogatásának lépései

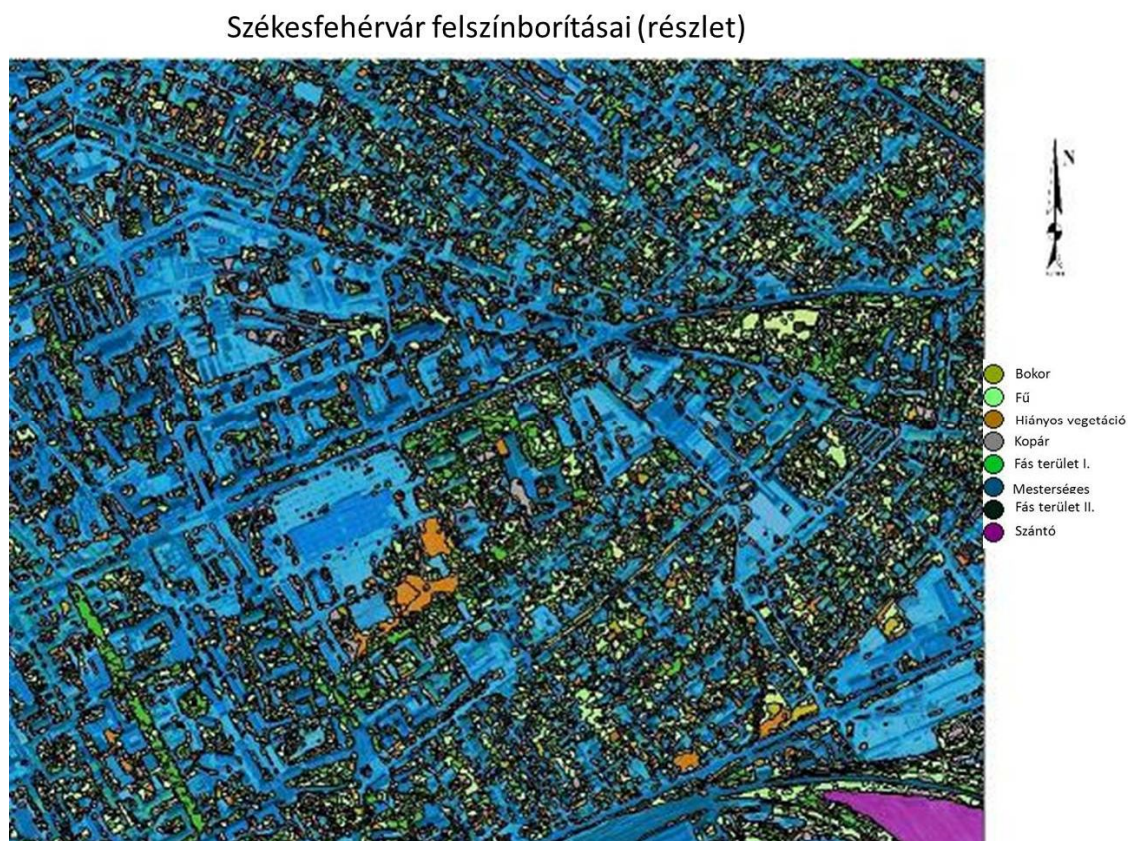
A következő ábrák a vizsgált terület tematikus térképeit mutatják.



9.26. ábra Tematikus térkép 1

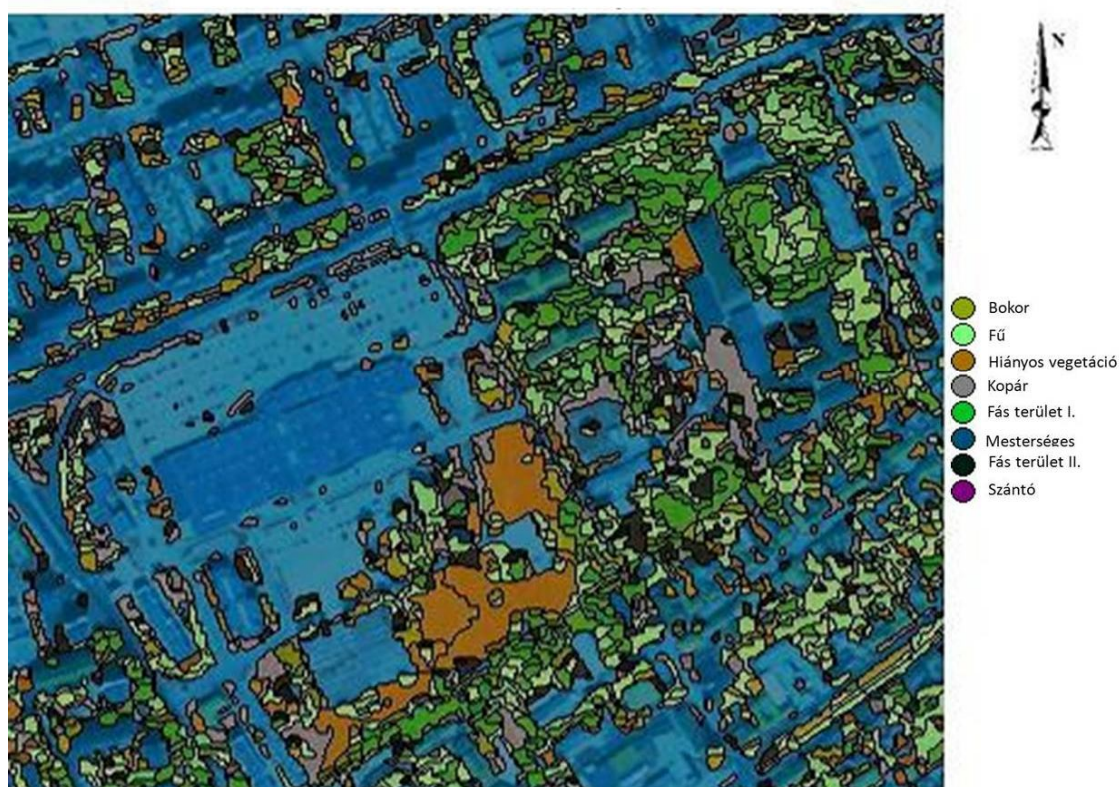


9.27. ábra Tematikus térkép 1 (részlet)



9.28. ábra Tematikus térkép 2

Székesfehérvár felszínborításai (részlet)



9.29. Tematikus térkép 2 (részlet)

9.3. Pontosságvizsgálat

Az osztályozásnál ideális esetben egy tematikus kategórián belül ugyanolyan spektrális tulajdonságú objektumok szerepelnek. A valóságban azonban egyes felszíni objektumok igen változatosak és eltérő spektrális tulajdonságokkal is rendelkeznek vagy ugyanazon spektrális tulajdonság több tematikus kategóriában is előfordul, ami melléosztályozáshoz vezethet. Ezért szükséges a tematikus osztályozás eredményét pontosságvizsgálatnak alávetni. A pontosságvizsgálat során az ún. referenciaterület adatait összehasonlítjuk osztályozásunk eredményével. Két féle eredményt kaphatunk a pontosságvizsgálat során: egy tévesztési táblázatot és egy hibatérképet.

Tévesztési táblázat

A tévesztési táblázat azt mutatja meg számunkra, hogy a referenciaosztályok egyes pixelei az osztályozás során melyik tematikus kategóriába kerültek. A táblázat főátlójában láthatjuk azokat a pixeleket, melyek helyesen kerültek besorolásra. A helyesen besorolt pixelek százalékos értéke a találati arány. Az ettől eltérő pixelek hibás besorolásúak.

Az ún. elsőfajú hiba a kihagyott pixeleket mutatja, tehát azokat a képpontokat, melyeket más kategóriába soroltunk be. A másodfajú hiba az ún. beválogatás, vagyis egy másik tematikus kategóriából való átválogatás téves osztályba.

A 8. táblázat az objektum orientált osztályozás (Idrisi szoftver) pontosságára vonatkozó adatokat foglalja össze.

8. táblázat Pontosságvizsgálati eredmények Idrisi Taiga szoftver esetén

	fás ter.1	bokor	fás ter.2	fás ter.3	fű	kopár	hiányos veg.	mester séges	víz	Összes pixelszám	Elsőfajú hiba
fás ter.1	760	57	4012	59	578	0	0	0	37	5503	0.8619
bokor	8	565	580	0	0	0	0	3	0	1156	0.5112
fás ter.2	0	0	345	16	229	0	0	0	0	590	0.4153
fás ter.3	54	0	270	8334	0	0	0	0	0	8658	0.0374
fű	0	0	308	166	5745	0	42	0	0	6261	0.0824
kopár	0	0	0	0	0	274	4	0	0	278	0.0144
hiányos veg.	0	0	746	0	22	223	636	0	106	1733	0.6330
mesterséges	0	31	0	0	0	204	1	1095	0	1331	0.1773
víz	0	0	0	0	0	0	0	0	1874 5	18745	0.0000
Összes pixelszám	822	653	6261	8575	6574	701	683	1098	1888 8	44255	
Másodfajú hiba	0.07 54	0.1348	0.944 9	0.0281	0.1261	0.6091	0.0688	0.0027	0.00 76		0.1753

Az Idrisi Taiga szoftverben végzett pontosságvizsgálat alapján látható, hogy összesen kilenc tematikus kategóriát definiáltunk. Az egyes kategóriákra jellemző hibás besorolás a következőképpen alakult: fás terület 1. ~ 86 %, bokor ~ 51 %, fás terület 2. ~ 41 %, fás terület 3. ~ 3 %, füves terület ~ 8 %, kopár felszín ~ 1 %, a hiányos vegetáció ~ 63 %, mesterséges környezet ~ 18 %. Jól látható, hogy a legtöbb hibásan besorolt pixel a fás területeket, a legtöbb helyesen besorolt pixel pedig a kopár kategóriát illetve a vízfelületet jellemzi. A téves besorolások oka a felszínborítások hasonló spektrális tulajdonságaiban kereshető. Az egyes fatípusok egymástól spektrális értelemben nehezen elválaszthatók, mely tévesen besorolt pixeleket eredményez.

A 9. táblázat az objektum orientált osztályozás (eCognition szoftver) pontosságára vonatkozó adatokat foglalja össze.

9. Táblázat Pontosságvizsgálati eredmények eCognition Developer szoftver esetén

	fás ter.1	fás ter.2	bokor	fű	hiányos veg.	kopár	szántó	mesterséges	Összes pixelszám	Elsőfajú hiba
fás ter.1	1427	107	19	338	0	0	0	0	1891	0.2454
fás ter.2	0	95	33	3	0	0	0	0	131	0.2748
bokor	30	9	185	0	23	0	0	0	247	0.2510
fű	292	81	23	863	22	1	0	0	1282	0.3268
hiányos veg.	1	0	2	0	2682	0	0	0	2685	0.0011
kopár	4	14	3	0	18	449	0	0	488	0.0799
szántó	0	0	0	0	0	0	5733	0	5733	0.0000
mesterséges	0	11	1	0	0	457	0	1530	1999	0.2346
Összes pixelszám	1754	317	266	1204	2745	907	5733	1530	14456	
Másodfajú hiba	0.1864	0.7003	0.3045	0.2832	0.0230	0.5050	0.0000	0.0000		0.1032

Az eCognition Developer program pontosságvizsgálati eredménye azt mutatja, hogy az összes pixel közel 90 %-a került helyes kategóriába, a maradék pixelmennyiséget pedig tévesen kategorizáltuk. Az elsőfajú hibát tekintve a legmagasabb tévesztési arány a füves területeket jellemzi (~ 33 %), ezt követi a bokros terület ~ 25 %-kal és a mesterséges felszín ~ 23 százalékkal. A fás területek 1. illetve a fás területek 2. kategóriák besorolása ebben az esetben 24% ill. 27 % elsőfajú hibával rendelkezik, mely arra utal, hogy az eCognition szoftver komplex elemzésével a különböző fafajok jobban elkülöníthetők, mint az Idrisi szoftverrel. A másodfajú hiba azonban ebben az esetben is a fás terület 2. esetében a legnagyobb, ami azt jelenti, hogy ebbe a kategóriába válogattunk be legtöbb pixelt más kategóriákból. Itt is elmondható, hogy a legkisebb hibaszázalék a vegetációval nem borított területeket jellemzi.

A pontosságvizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy a két eljárás közül az eCognition Developer szoftver objektum orientált osztályozása pontosabb volt, mint az Idrisi Taiga szoftveré. Az adatok alapján megállapítható, hogy eCognition szoftvernél a helyesen besorolt pixelek száma 10 %-kal volt több mint az Idrisi szoftvernél. A 8. illetve 9. számú táblázat adatai alapján látható, hogy az eCognition szoftver pontosabban különítette el a vegetációs területeket a mesterséges és kopár felszíntől valamint az egyes vegetációs felszínborításokat egymástól. Ennek oka az, hogy az eCognition képelemző program széleskörű eszközkészlettel rendelkezik, mely segítségével az osztályozás során az intenzitási értékek mellett más jellemzőket is figyelembe lehet venni, mint az alak, szomszédsági viszonyok, textúra, területnagyság, stb. A különböző fizikai jellemzők összevont elemzésével pontosabban végezhető el a felszínborítási kategóriák szétválasztása.

A pontosságvizsgálat eredeti jegyzőkönyvei, valamint a pontosságvizsgálat teszt területei az 1. és 2. számú mellékletben találhatók.

10. Összefoglalás

A dolgozatnak az volt a célja, hogy távérzékelési adatok felhasználásával vizsgáljuk meg Székesfehérvár városi vegetációjának időbeli változását, a város területi növekedését, a zöld területek és a beépített környezet arányát. Ezen kívül elemeztük a várostér szerkezetre jellemző vegetáció típusokat. Az elemzések alapját a műholdas felvétel jelentette, de azt kiegészítettük egyéb tematikus adatokkal is, mint pl. topográfiai térképek, katonai felmérések eredményei.

A kiértékelést elsőként Idrisi Taiga szoftverrel oldottuk meg. Elvégeztünk pixel- alapú, objektum orientált és NDVI index- alapú osztályozást is. Az NDVI index alapú vizsgálat alapján megállapítható, hogy Székesfehérvár területén a zöld területek nagysága 1986 és 2006 között lecsökkent közel 90 hektárral. 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 város lakott területe a vizsgált időszakban kiterjedt, ezáltal a zöld területek aránya lecsökkent. A csökkenés elsősorban a fás területeket érinti (1206 hektárról 998 hektárra illetve 341 hektárról 210 hektárra csökkent). A füves és bokros területek nagysága nem csökkent le, ami magyarázható azzal, hogy a beépített területek mellett a parkok száma is növekszik.

A város területi növekedése kapcsán megállapítható, hogy Székesfehérvár területe 1819-től napjainkig közel tízszeresére növekedett. Míg az első katonai felmérés idejében a város területe 4.4 km² volt, ez az érték a 2011-es elemzések alapján 42 km².

Az eredmények alapján látható, hogy szegmens-alapú osztályozás előnye a pontosság növekedése, a melléosztályozások elkerülése és a határvonalak töredezettségének mérséklése. Ezt a problémát az Idrisi Taiga szoftver alkalmazásával nem tudtuk teljes mértékben kezelni, így további elemzéseket végeztünk. A probléma megoldása kereshető a műholdas felvételek geometriai felbontásának javításában valamint a hiperspektrális felvételek használatában.

A munkát eCognition Developer programmal folytattuk. Ez szoftver alkalmas volt arra, hogy ne csak az intenzitás értékek alapján történjen az osztályozás, hanem egyéb tulajdonságok (alak, textúra, terület, stb.) komplex vizsgálatával. Az osztályozás során sikerült elkülöníteni Székesfehérvár belterületének főbb felszínborításait és meghatározni azok arányát.

Szegmens-alapú osztályozással az eCognition szoftver esetében a helyesen besorolt pixelek száma 10 %-kal volt több mint az Idrisi szoftvernél, tehát az osztályozás pontosabb volt. Emellett az is elmondható, hogy az eCognition szoftverrel az egyes spektrálisan hasonló felszínborítások elkülönítése pontosabb eredményt mutat. Példaként megemlíjtük a fás területek kategorizálását, ahol Idrisi szoftverrel végzett osztályozáskor közel 86 %, eCognition szoftverrel végrehajtott osztályozáskor pedig közel 25 % volt a besorolási hiba. A két érték különbsége szemlélteti, hogy ha az osztályozást nemcsak az intenzitási értékek vizsgálatával végezzük el, hanem figyelembe vesszük az egyéb fizikai jellemzőket is munkánk során, sokkal pontosabb eredményt kaphatunk.

Irodalomjegyzék

1. Czímber Kornél: Geoinformatika, 2001, elektronikus jegyzet
2. Kollár Szilvia: Az objektum alapú képosztályozás és a vizes élőhelyek kutatása, 2010, Geodézia és kartográfia
3. Kraus Kraus: Fotogrammetria, 1988, Tertia Kiadó, Budapest
4. Lang et al.: Supervised and forest type- specific multi- scale segmentation of single trees, 2006
5. Mezősi Gábor- Mucsi László- Rakonczai János- Géczi Róbert: Városökológia, 2007, JATEPress
6. Verőné dr. Wojtaszek Malgorzata: Távérzékelés, 2009, Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, Székesfehérvár
7. eCognition szoftver hivatalos weboldala
 - <http://www.ecognition.com/>
8. Földmérési és Távérzékelési Intézet honlapja
 - www.fomi.hu
9. FÖMI szaklapjainak adatbázisa
 - <http://www.fomi.hu/honlap/magyar/szaklap/2010/08/6.pdf>
10. Szeitz Tamás: Székesfehérvár területi fejlődése térképeken és metszeteken
 - <http://lazarus.elte.hu/~zoltorok/oktat/2000/szeitz/SzeitzTamas.html>
11. Székesfehérvár történelme:
 - <http://hu.wikipedia.org/wiki/Székesfehérvár>
12. Távérzékelés-térinformatikai fogalomtár
 - www.gisfigyelo.geocentrum.hu

Ábrajegyzék

1.1. ábra A távérzékelés folyamata (Verőné Wojtaszek M., 2010).....	3
1.2. ábra Az elektromágneses spektrum hullámhossz tartományai (Verőné Wojtaszek M., 2010).....	4
1.3. ábra A vegetáció és a talaj reflektancia görbéje (Utah State University, Near Infrared Tutorial)	5
4.1. ábra Székesfehérvár beépített területének növekedése az első katonai felméréstől napjainkig.....	11
5.1. ábra Felhasznált felvételek (részlet) A: WorldView felvétel, B: LANDSAT felvétel, C: légifénykép	12
7.1. ábra Katonai felmérés (1819 – 1869), a város területe: 4359940 m ² (4.4 km ²)	15
7. 2. ábra Székesfehérvár térkép (1921), a város területe: 13753401 m ² (13.8 km ²)	15
7.3. ábra LANDSAT TM (1986), a város területe: 29285129 m ² (29 km ²)	16
7.4. ábra WorldView (2011), a város területe: 42437144 m ² (42 km ²)	16
7.5. ábra Székesfehérvár területi növekedése 1819 – 2011 közötti időszakban.....	16
7.6. ábra Székesfehérvár terjeszkedése 1819 – 2011 közötti időszakban	17
8.1. ábra Geometriai korrekció	19
8.2. ábra Általam választott illesztőpont (példa)	20
8.3. ábra A geometriai transzformáció paraméterei és az átszámítási hiba.....	20
8.4. ábra WV2 spektrális felbontása és a színtkompozít (257, részlet).....	21
8.5. ábra Reflektancia görbe	22
8.6. ábra NDVI index számításának eredménye (részlet) A: műholdas felvétel, B: NDVI index alkalmazása	22
9.1. ábra Egyes tanulóterületek az űrfelvételen (részletek).....	24
9.2. ábra Egyes tanulóterületek elhelyezkedése az intenzitási térben (WoldView 57)	24
9.3. ábra Egyes vegetáció típusok az űrfelvételen (részlet).....	25
9.4. ábra Egyes vegetáció típusokra jellemző spektrális tulajdonságainak részletek kimutatása	26
9.5. ábra Az intenzitás értékek megoszlása (átlag és szórás)	27
9.6. ábra Székesfehérvár belterületének felszínborítása osztályozott képen (részlet)	28
9.7. ábra A különböző küszöbértékű szegmentálás eredményei (részlet).....	29
9.8. ábra Szegmentálás eredménye (részlet).....	29
9.9. ábra Objektum orientált osztályozás eredménye	30

9.10. ábra Pixel alapú és objektum orientált osztályozás összehasonlítása.....	31
9.11. ábra Az egészséges és egészségtelen vegetáció összehasonlításáról A: egészséges vegetáció, B: nem egészséges vegetáció	31
9.12. ábra 1986-os és 2006-os felvételek összehasonlítása NDVI index alapján (részlet)	32
9.13. ábra 2011-es felvételre készített tematikus térkép összehasonlítása az 1986-os felvétellel	33
9.14. ábra NDVI index számítása a WorldView (2011) felvételre.....	34
9.15. ábra Az eCognition Developer szoftver felülete.....	36
9.16. ábra Szegmentálási küszöbértékek összehasonlítása.....	37
9.17. ábra Szegmentálási küszöbértékek összehasonlítása.....	38
9.18. ábra Szegmentálás módosítása.....	38
9.19. ábra Szegmentálás módosítása.....	39
9.20. ábra Felszínborítási kategóriák I.	39
9.21. ábra Felszínborítási kategóriák II.....	40
9.22. ábra Osztályozás eredménye (részlet)	41
9.23. ábra Osztályozás eredménye (részlet)	41
9.24. ábra Osztályozás eredménye (részlet)	42
9.25. ábra A szántó kategória leválogatásának lépései	43
9.26. ábra Tematikus térkép 1.....	43
9.27. ábra Tematikus térkép 1 (részlet).....	44
9.28. ábra Tematikus térkép 2.....	44
9.29. ábra Tematikus térkép 2 (részlet).....	45
9.30. ábra Pontosságvizsgálat teszt területei (Idrisi Taiga)	57
9.31. ábra Pontosságvizsgálat teszt területei eCognition szoftverre.....	59

Táblázatok jegyzéke

1. Táblázat Felhasznált adatok paraméterei.....	12
2. Táblázat NDVI index számítási módjai	22
3. Táblázat Az intenzitás értékek átlaga egyes vegetáció típusoknál	26
4. Táblázat Az intenzitás értékek szórása egyes vegetáció típusoknál	27
5. táblázat 1986-os és 2006-os felvételek összehasonlítása NDVI index alapján	32
6. Táblázat Az osztályozás fő szempontjainak összefoglalása.....	40
7. Táblázat Az osztályozás módosítása	42
8. Táblázat Pontosságvizsgálati eredmények Idrisi Taiga szoftver esetén.....	46
9. Táblázat Pontosságvizsgálati eredmények eCognition developer szoftver esetén	47

Mellékletek

1. Pontosságvizsgálat eredménye Idrisi Taiga szoftver esetén
2. Pontosságvizsgálat eredménye eCognition Developer szoftver esetén

1. számú melléklet

Error Matrix Analysis of REF_IDRISI (columns : truth) against BELTERULET_2011_RECLASS (rows : mapped)

	1	2	3	4	5	

1	760	57	4012	59	578	0.8619
2	8	565	580	0	0	0.5112
3	0	0	345	16	229	0.4153
4	54	0	270	8334	0	0.0374
5	0	0	308	166	5745	0.0824
6	0	0	0	0	0	0.0144
7	0	0	746	0	22	0.6330
8	0	31	0	0	0	0.1773
9	0	0	0	0	0	0.0000

Total	822	653	6261	8575	6574	
ErrorO	0.0754	0.1348	0.9449	0.0281	0.1261	

	6	7	8	9	Total	ErrorC

1	0	0	0	37	5503	0.8619
2	0	0	3	0	1156	0.5112
3	0	0	0	0	590	0.4153
4	0	0	0	0	8658	0.0374
5	0	42	0	0	6261	0.0824
6	274	4	0	0	278	0.0144
7	223	636	0	106	1733	0.6330
8	204	1	1095	0	1331	0.1773
9	0	0	0	18745	18745	0.0000

Total	701	683	1098	18888	44255	
ErrorO	0.6091	0.0688	0.0027	0.0076		0.1753

ErrorO = Errors of Omission (expressed as proportions)
 ErrorC = Errors of Commission (expressed as proportions)

90% Confidence Interval = +/- 0.0030 (0.1723 - 0.1782)
 95% Confidence Interval = +/- 0.0035 (0.1717 - 0.1788)
 99% Confidence Interval = +/- 0.0047 (0.1706 - 0.1799)

KAPPA INDEX OF AGREEMENT (KIA)

Using BELTERULET_2011_RECLASS as the reference image ...

Category	KIA

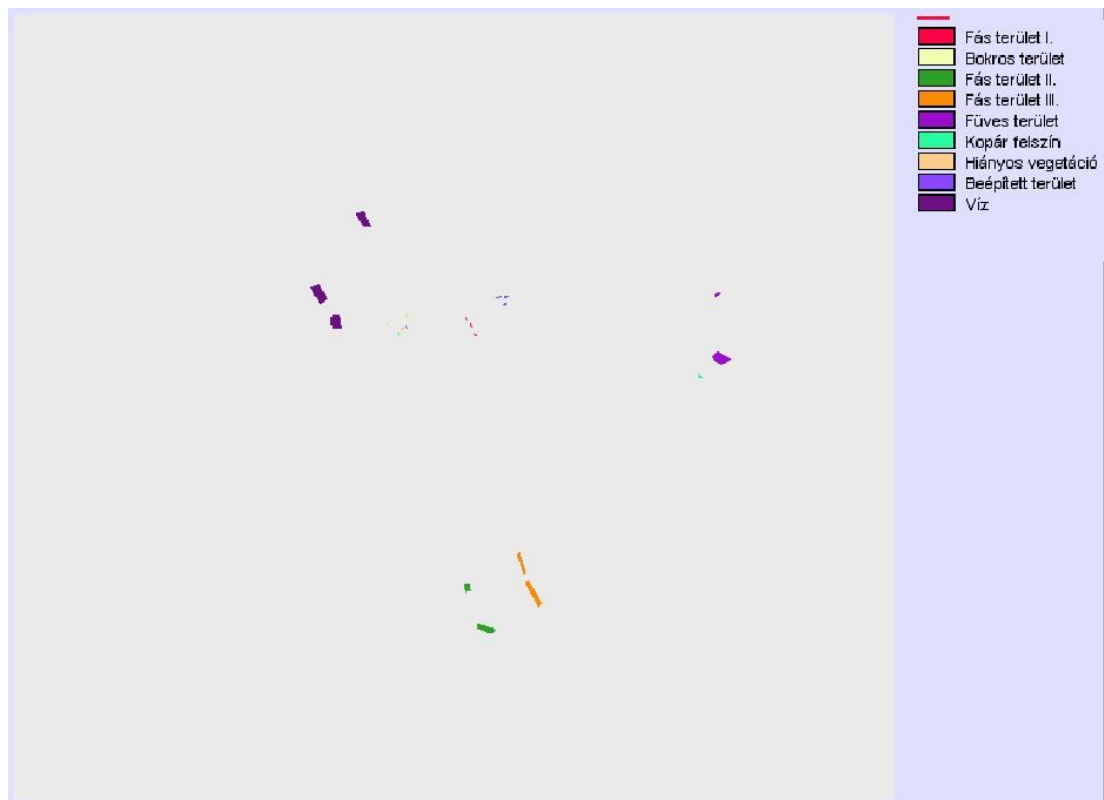
1	0.1218
2	0.4811
3	0.5163
4	0.9536
5	0.9032
6	0.9854
7	0.3571
8	0.8182
9	1.0000

REF_IDRISI

Category	KIA

1	0.9139
2	0.8616
3	0.0423
4	0.9651
5	0.8531
6	0.3870
7	0.9284
8	0.9972
9	0.9869

Overall Kappa = 0.7676



9.30. ábra Pontosságvizsgálati teszt területei (Idrisi Taiga)

2. számú melléklet

Error Matrix Analysis of REF (columns : truth) against OSSZES_KATEGORIA_ECN_RECLASS (rows : mapped)

	1	2	3	4	5	
1	1427	107	19	338	0	0.2454
2	0	95	33	3	0	0.2748
3	30	9	185	0	23	0.2510
4	292	81	23	863	22	0.3268
5	1	0	2	0	2682	0.0011
6	4	14	3	0	18	0.0799
7	0	0	0	0	0	0.0000
8	0	11	1	0	0	0.2346

Total	1754	317	266	1204	2745	
ErrorO	0.1864	0.7003	0.3045	0.2832	0.0230	

	6	7	8	Total	ErrorC
1	0	0	0	1891	0.2454
2	0	0	0	131	0.2748
3	0	0	0	247	0.2510
4	1	0	0	1282	0.3268
5	0	0	0	2685	0.0011
6	449	0	0	488	0.0799
7	0	5733	0	5733	0.0000
8	457	0	1530	1999	0.2346

Total	907	5733	1530	14456	
ErrorO	0.5050	0.0000	0.0000	0.1032	

ErrorO = Errors of Omission (expressed as proportions)
ErrorC = Errors of Commission (expressed as proportions)

90% Confidence Interval = +/- 0.0042 (0.0990 - 0.1074)
95% Confidence Interval = +/- 0.0050 (0.0983 - 0.1082)
99% Confidence Interval = +/- 0.0065 (0.0967 - 0.1097)

KAPPA INDEX OF AGREEMENT (KIA)-----

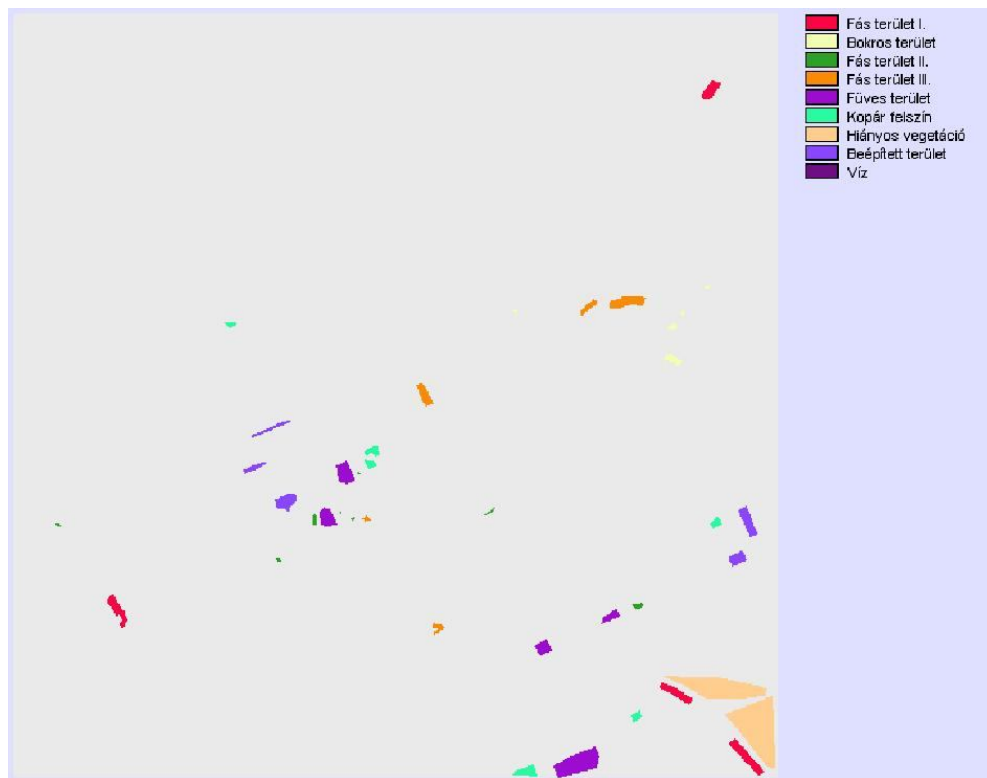
Using OSSZES_KATEGORIA_ECN_RECLASS as the reference image ...

Category	KIA
1	0.7207
2	0.7190
3	0.7443
4	0.6435
5	0.9986
6	0.9147
7	1.0000
8	0.7376

REF

Category	KIA
1	0.7855
2	0.2933
3	0.6902
4	0.6892
5	0.9718
6	0.4774
7	1.0000
8	1.0000

Overall Kappa = 0.8654



9.31. ábra Pontosságvizsgálat teszt területei (eCognition)