

Nyugat-magyarországi Egyetem
Geoinformatikai Kar

**Mesterséges felszínborítás térképezése
távérzékelési módszerekkel**
SZAKDOLGOZAT

Konzulens:

Verőné Dr. Wojtaszek Malgorzata
egyetemi docens

Készítette:

Klujber Anikó
Nappali tagozat
Földmérő és
földrendező mérnöki
szak
Geoinformatikai
szakirány

Székesfehérvár
2012.

NYILATKOZAT

Alulírott **Klujber Anikó** (neptun kód: XXXXXXXXXX) jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy a **Mesterséges felszínborítás térképezése távérzékelési módszerekkel** 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

Tartalomjegyzék	3
1. Bevezetés.....	5
1.1. Célkitűzés.....	5
2. Távérzékelés, mint adatnyerés.....	6
2.1. Elektromágneses energia jellemzése.....	6
2.2. Földfelszín és az energia kölcsönhatása.....	7
2.3. Felvevőrendszerek	8
3. A városökológia.....	10
3.1. Városökológia feladata, kutatások	11
3.2. A városi területek kiértékelésének problémái	13
3.3. Heterogén városi felszínek spektrális összetettségének következménye.....	14
4. Kutatási terület jellemzése	16
4.1. Székesfehérvár földrajzi elhelyezkedése, kialakulásának főbb állomásai	16
4.2. A város térbeli tagozódása	16
5. Felhasznált adatok, szoftverek jellemzése	18
5.1. Idrisi Taiga	18
5.2. Ecognition Developer	19
6. A műholdas felvételek kiértékelése	20
6.1. Osztályozási műveletek végrehajtása Idrisi Taiga szoftverrel	20
6.1.1. Előfeldolgozási műveletek	20
6.1.2. Műholdas felvételek osztályozása és tematikus térképek készítése	24
6.1.3. Pixel-alapú osztályozások	31
6.1.4. Objektum orientált osztályozás	33
6.1.5. A szegmens alapú osztályozás és a pixel-alapú osztályozás összehasonlítása	37
6.2. Osztályozási műveletek végrehajtása Ecognition Developer szoftverrel	39
6.2.1. Szegmentálás	40

6.2.2. Kategóriák és jellemzőinek meghatározása	43
6.2.3. Osztályozás.....	44
7. Pontosságvizsgálat.....	51
8. A szegmens alapú osztályozási eljárások összehasonlítása.....	53
9. Székesfehérvár terjeszkedési vizsgálata	54
Összefoglalás	57
Ábrajegyzék.....	59
Táblázatjegyzék	61
Irodalomjegyzék	62
Mellékletek	64

1. Bevezetés

A térinformatika és a digitális távérzékelés ma intenzíven fejlődő területek, melyeknek komoly szerepe lehet a felszínen zajló felmérésekben. Ehhez a munkához természetesen nagy mennyiségű űr- és légi felvételre van szükség, digitális tárolókapacitásra, megfelelő hardverekre és szoftverekre. A távérzékelési eljárások nagy területről szolgáltatnak részletes adatokat. Jelentősen hozzájárulnak a földfelszíni folyamatok leírásához. A távérzékelési eszközök széles skálája gyűjti a multispektrális, pozíció- és egyéb adatokat a földfelszín legkülönbözőbb jelenségeiről, rétegeiről, felületeiről. Az egyes érzékelők a rendszer által meghatározott fizikai mennyiségeket mérik, és ennek megfelelően értelmezhető maga az objektum, amiről a felvétel készül. A távérzékelte adatok kiértékelése és értelmezése ugyanakkor nehézségeket is rejt magában, hiszen a földi paramétereket közvetett úton, a visszavert sugárzásból, a különböző környezeti tényezők által befolyásolt mérésből kell meghatározni, becsülni.

A távérzékelési adatok kiértékelése, vizuális interpretáció vagy számítógépes analízissel történhet. A tematikus adatok nyeréséhez több osztályozási eljárás használható, mint például a pixel-alapú osztályozás vagy objektum orientált osztályozás. A felvevő rendszerek folyamatos fejlesztésének köszönhetően egyre több és precízebb adat áll rendelkezésre, ami azt jelenti, hogy a kiértékelési eljárásokat folyamatosan fejleszteni kell és gyakorlati alkalmazásokban tesztelni.

A Nyugat- Magyarországi Egyetem Geoinformatikai Karán végzett kutatások keretein belül (TÁMOP: „Városok öko- környezetének komplex vizsgálata a Nyugat-Dunántúli régióban” című projekt) a város beépített területeit távérzékelési módszerekkel vizsgáltuk. A mintaterületet Székesfehérvár képezi. A városi környezet vizsgálatához, légi- és űrfelvételeket használtunk fel. A távérzékelési adatokból származtatott tematikus kategóriák azonosításához, feltérképezéséhez, több osztályozási eljárást alkalmaztunk.

1.1. Célkitűzés

- A beépített terület növekedésének nyomon követése
- Távérzékeléssel detektálható kategóriák meghatározása
- A különböző tematikus kategóriák (pl. eltérő tetőszerkezetek, utak) spektrális jellemzőinek vizsgálata

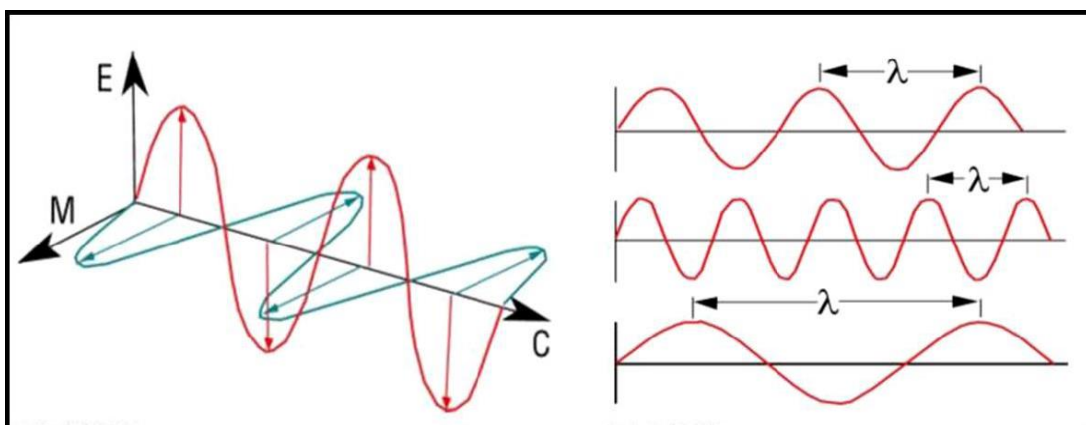
- A város teljes belterületére vonatkozóan beépített területek feltérképezése
- szuper nagyfelbontású műholdas felvételek osztályozása pixel-alapú és szegmens-alapú eljárással

2. Távérzékelés, mint adatnyerés

A távérzékelés olyan eljárás, amelynek során adatokhoz juthatunk a felszíni objektumokról anélkül, hogy bármilyen közvetlen kapcsolat lenne az adott tárgyal. Az adatok felmérése az elektromágneses energia közvetítésével történik. A leggyakrabban használt természetes energiaforrás a nap. Bár minden tárgy bocsájt ki energiát mely megfelelő műszerekkel érzékelhető. A kibocsájtott energia a nap felszínének hőmérsékletétől függ. A nap által kibocsájtott energia a légkörön keresztül terjed és eléri a földfelszínt, ahol elnyelődhet, visszaverődhet vagy szétszóródhat. Ez attól függ, hogy milyen földfelszíni objektumról van szó. A visszavert energia újra a földfelszín légkörén keresztül halad át, majd a vevőberendezés érzékeli ezeket a jeleket. A távérzékelésben gyakori a mesterséges energiaforrások használata, mint például: a lézer vagy a radar [Verőné Wojtaszek, 2007].

2.1. Elektromágneses energia jellemzése

Az elektromágneses energia sinus hullám formájában a fény sebességével terjed. Az elektromágneses sugárzásnak 3 jellemzője van: hullámhossz, fénysebesség, frekvencia. Két szomszédos hullám csúcsa közötti távolságot hullámhossznak, az időegység alatt egy ponton áthaladó csúcsok számát frekvenciának (ν) nevezzük.



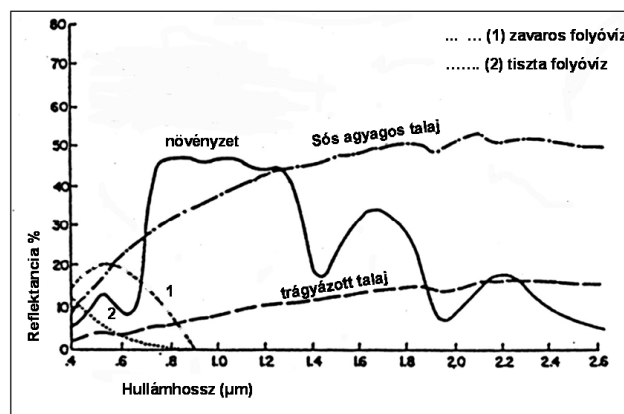
2.1. ábra Az elektromágneses hullám összetevő. E – elektromágnes tér, M – mágneses tér, C – fénysebesség, λ - hullámhossz [http://ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/index_e.php]

A távérzékelésben leggyakrabban használt energiatartományok a következők:

- látható fény tartomány: $\lambda = 0.4 - 0.7 \mu\text{m}$, az emberi szem által még érzékelhető
- infravörös tartomány
 - közeli infravörös: $\lambda = 0.7 - 1.3 \mu\text{m}$, a felszín által visszavert sugárzást észleli
 - közepes infravörös: $\lambda = 1.3 - 3.0 \mu\text{m}$ a kibocsátott energia a távoli infravörös rövidebb hullámhosszú részében is észlelhető
 - távoli infravörös: $\lambda = 3.0 - 15 \mu\text{m}$
- mikrohullámú tartomány: a légkörnek csekély hatása van ebben a tartományban.

2.2. Földfelszín és az energia kölcsönhatása

Az elektromágneses sugárzás a földfelszíni objektumokkal kölcsönhatásba lép. Mindegyik objektum másképpen viselkedik az érkező sugarakkal, tehát valamelyik visszaveri teljes egészében. Ilyenek a sima felületek, amelyek tükörszerűen verik vissza az energiát. Azonban a természetben található felszínre inkább diffúz visszaverődés jellemző. A felszín és a felszíni tárgyak az érkező energiának egy részét elnyelik, és egy részét továbbíthatják. A visszavert sugárzásokat a felvevő berendezések érzékelik. Az elkészült felvételek alapján a sugárzásból fogjuk megállapítani, hogy milyen objektumról volt szó. Ezért fontos ismerni a felszín spektrális tulajdonságait, melyeket reflektancia görbékkel vizsgálhatunk. A reflektancia megmutatja az adott felszínre belépő és arról visszavert energia hányadosát egy adott hullámhosszon.



2.2. ábra A fő felszínborítások spektrális reflektanciája. Forrás: Csornai G. - Dalia O,1991

A 2.2 ábra mutatja a három fő felszínborítás reflektanciáját: növényzet, talaj, víz. Az egészséges növényzet reflektancia görbéje a legváltozóbb és több jellegzetes helyi

minimális és maximális érték jellemzi. A látható spektrum tartományban lévő minimális értékek a fotoszintézisre utalnak, a közeli infravörösben a hirtelen emelkedés összefüggésben van a növény leveleinek szerkezetével.

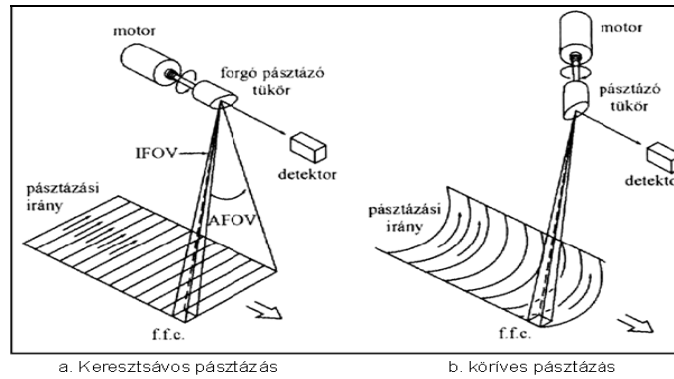
A talajoknál fokozatosan emelkedő visszaverődést láthatunk, ez azonban a talaj fizikai és kémiai tulajdonságaitól függ. Például: a talaj humusztartalmának növekedése a reflektancia csökkentésével jár. A reflektancia továbbá a nedvességtartalomtól, szemcsemérettől, sótartalomtól is függ.

A tiszta víz esetében a hullámhossz növekedésével csökken a reflektancia. A burkolt felszínek reflektanciájával a 3.3 fejezetben foglalkozunk.

2.3. Felvevőrendszerek

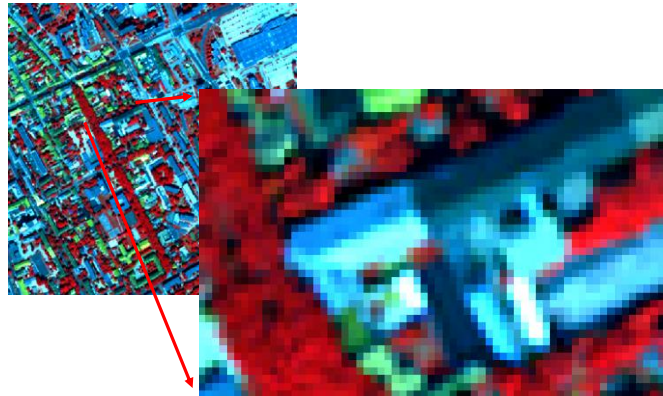
A távérzékelésben leggyakrabban alkalmazott szenzorok a kamerák és a pásztázó rendszerek. A kamera rendszer másik megnevezése az azonnali képkészítő rendszer. Jellemzője, hogy a vizsgált felszín teljes területéről egyszerre készíti a felvételt. A kamerák lencsái a képet a fókuszsíkra vetítik. A zárszerkezet adott időben kinyílik, és ilyenkor fény jut a kamerába, ahol a kép rögzül a filmen, vagy digitális szenzorok képződnek le.

A pásztázó rendszer letapogatást végez úgy, hogy a repülési irányra merőleges sávokból érkező elektromágneses jeleket érzékeli a különböző hullámhosszon. Műholdas szenzoroknál az adatok felmérése több módszerrel történhet, mint pl. keresztsávos vagy a köríves pásztázással. A szenzorban van egy forgó tükör, mely pixelenként rögzíti az adatokat. A vizsgált terület szélessége az egész látómező szélességének felel meg [Verőné Wojtaszek, 2007].



2.3. ábra A különböző pásztázó rendszerek felépítése és működésük. Forrás: Mucsi L. 2004

A pásztázással készített felvételeket szabályos négyzetrácshoz lehet hasonlítani, a fokozatos nagyítással jól látszódnak az egyes pixelek.



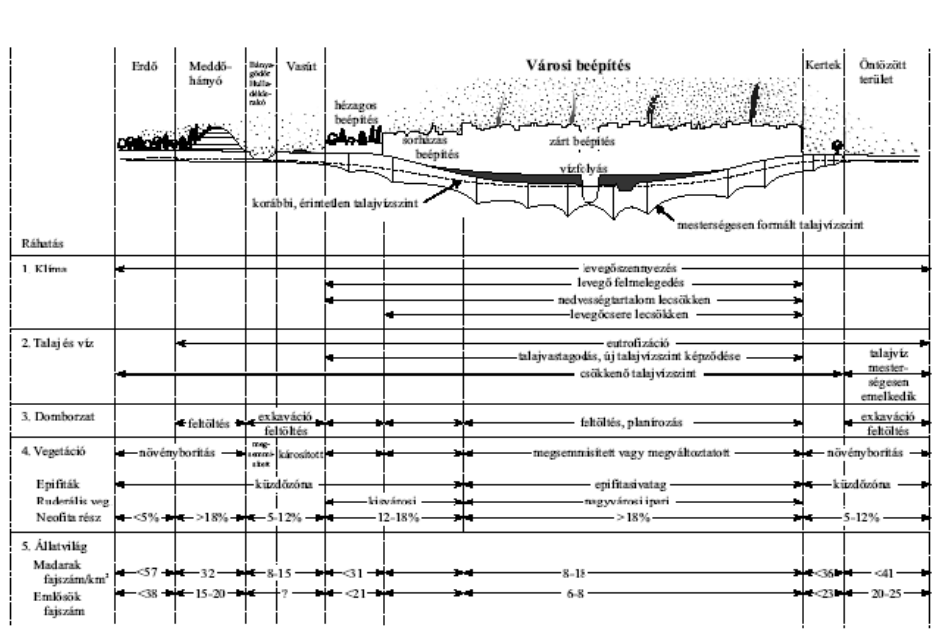
2.4. ábra World View 2 szinkompozít (részlet)

3. A városökológia

A városökológia a városi körülmények között és városi környezetben élő élőlények és élőközösségek egymás közötti kapcsolatát, egymáshoz való viszonyát jelenti. A tudományterület összetettségéből eredően a városökológia biológiai megközelítésében vizsgálja a városnak, mint egységes egésznek az ökológiáját: a városlakó populációk ökológiáját, a városi lakóövezetek, a munkahely, a szabad- és rekreációs területek, a kórházak, az iskolák ökológiáját, a várost. Az elemzés középpontjában a város flórájának és faunájának átfogó elemzése áll. [Nagy I: 2009]

A XIX. században a Föld lakóinak mindössze 2.4 %-a élt városokban, mára ez 51 %-ra növekedett. Folyamatosan nőnek a beépített területek. Az emberiségnek tehát több mint felét érintik a mesterségesen létrehozott városi környezet káros hatásai. Egyértelmű, hogy a város szükségszerűen problematikusvá válik, tanulmányozása pedig sokoldalúságot feltételez. Ezért született a városökológia.

A környezet lehet fizikai és társadalmi-gazdasági. A fizikai környezet alrendszerei a természetes környezet, illetve az átalakított környezet. A társadalmi-gazdasági környezet részei, a művi környezet a természetbe beépített antropogén létesítmények rendszere, mellyel a modern társadalom berendezkedik a térben. A város dinamikai egységes rendszert képez. Három kategóriába – természeti, társadalmi és mesterséges – sorolható részei szoros kölcsönhatásban vannak egymással. A város új, megváltozott ökológiai feltételeket hoz létre. Tehát a városökológia kutatásának szférájába az ökológiai paramétereket meghatározó tényezők (klíma, vegetáció, vizek, talajok), a környezeti terhelést figyelembe vevő várostervezés, valamint a városi emberi populációk biológiai és társadalmi sajátosságainak demográfiai, orvosi, szociális, szociológiai jellegű kérdései tartoznak [Nagy I.2009]



3.1. ábra Település környezetre gyakorolt hatásának néhány eleme (Sukopp – Witting 1993 után)

A városi ökorendszer vizsgálata hármas irányú –

- városökológiai paraméterek,
- környezeti kataszter felállítás és
- ökológiai alapú városfejlesztés.

3.1. Városökológia feladata, kutatások

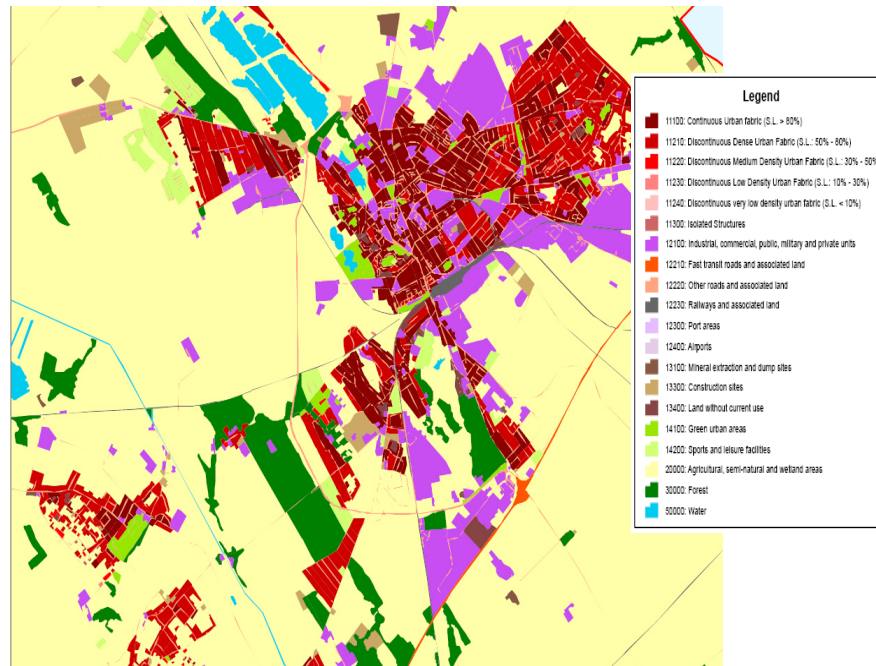
A megváltozott ökológiai feltételek felmérése a feladata, amelyek adatokat igényelnek, és ezek az adatok a távérzékelésből nyerhetők.

Az agglomerációk esetében pont ez a legkényesebb kérdés; vajon milyen indikátorok alapján határozhatjuk el a mesterséges és természetes felszín egyes darabjait, milyen ismertetőjeleket keressünk a városi település együttesek és nem urbán területek elkülönítésére. Az Európai Közösségben több évtizedes múltra tekintenek vissza azok a kutatások, amelyek ezt a fogalomkört igyekeztek egyértelművé tenni.

Az utóbbi időben egyre több ilyen jellegű kutatás folyik, mind nemzetközi, mind hazai szinten:

- CORINE, Land Cover (CLC) a felszínborításokat szigorú nomenklátúra szerint kategorizálta:
 - összefüggő település szerkezet

- nem összefüggő település szerkezet
 - ipari vagy kereskedelmi területek
 - út- és vasúthálózatok
 - városi zöldterületek.
- Moland: huszonöt európai agglomeráció területhasználati változásairól gyűjtött adatokat. A városi zónák lehatárolásánál három egységet használ:
 - összefüggő mesterséges felszínek
 - városi magterületek
 - városkörüli övezet
- Evdab: 305 városi település együttesben vizsgálja a környezeti kockázatokat természeti-, társadalmi adatbázisok alapján. Három térbeli egységet különít el:
 - maga a város
 - városhalmazok
 - városrészek.
- Urban Atlas: 100000 főnél népesebb uniós városok, összevethető területhasználati és felszínborítási atlasza. Az Urban Atlas projekt lényege a műholdfelvételek ezrein alapuló részletes és költséghatékony digitális térképezés [EEA, 2009])



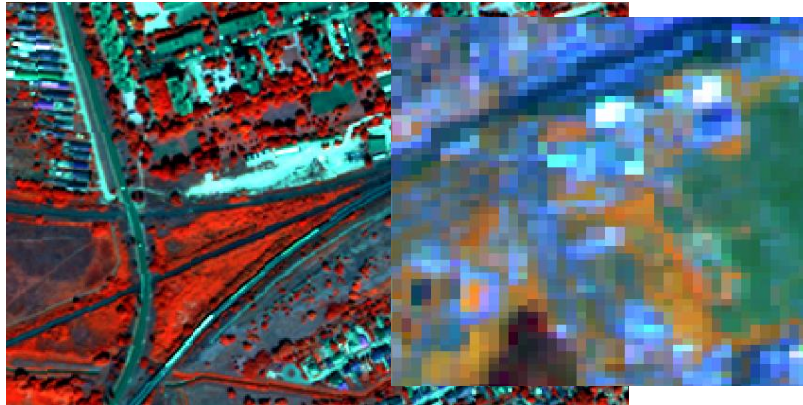
3.2. ábra Urban Atlas Székesfehérvár tematikus térképe Forrás:
<http://dataservice.eea.europa.eu/map/UrbanAtlasBeta/>

3.2. A városi területek kiértékelésének problémái

A városi felszínfejlődés vizsgálatánál a beépített területek meghatározása az egyik legfontosabb cél, mivel a mesterséges felületek nagysága döntően befolyásolja a környezetfizikai folyamatokat. A beépítés azt is jelenti, hogy egyben vízzáró felületek jönnek létre. Ezen vízzáró felületek műholdképekről történő leválogatásával feltérképezhetjük az eltérő beépítettségű, felszínborítási típusokat a városban, meghatározhatjuk a városi kiterjedését és különböző időpontokban készült felvételeket használva detektálhatjuk a város terjeszkedését.

A városi területek nagyfelbontású műholdas adatok interpretációjának a problémája, hogy a felszínt borító egyes anyagok kisebb méretben reprezentáltak, mint a műholdkép felbontása, így a szenzorok által érzékelt pixelek összetett kompozíciója lesz az utak, fák, házak spektrális tulajdonságainak. Ennek következtében a képpontjai nem egyetlen tárgyat jellemeznek, hanem a felszínt alkotó anyagok visszaverődésének keverékét. További probléma, hogy a városi felszínek spektrális tulajdonságai hasonlítanak más felszíni visszaverődésekhez. A lakóövezetek meghatározásánál gondot jelenthet, hogy eltérő anyagok sokasága fordul elő, ebből adódik, hogy a hagyományos pixel-osztályozási eljárások nem mindig a kellő pontossággal alkalmazhatóak a városi területek feltárására.

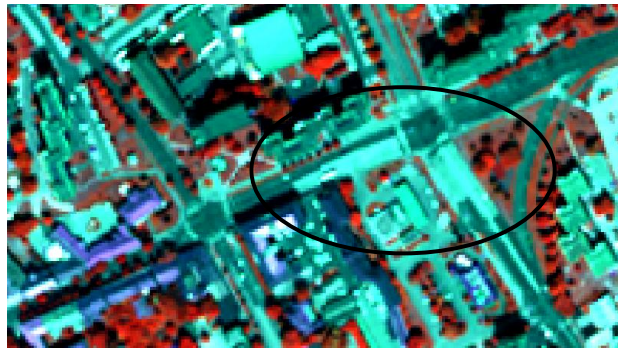
Ilyen feltérképezésnél a túl részletes adatok sem a legtokéletebbek, mivel zavarhatják a feldolgozást és csökkenthetik a becslések pontosságát.



3.3. ábra Eltérő geometriai felbontású felvételek, „kevert” pixelek (különböző felszínborítás visszaverődése egy pixelen belül) Landsat TM felvételen

3.3. Heterogén városi felszínek spektrális összetettségének következménye

A cseréptetők és más mesterséges felszínek, valamint a talajfelszínek visszaverődési sajátosságai igen hasonlóak. A mesterséges anyagok továbbá az idő múlásával változtatják minőségüket (moha, por, pernye).

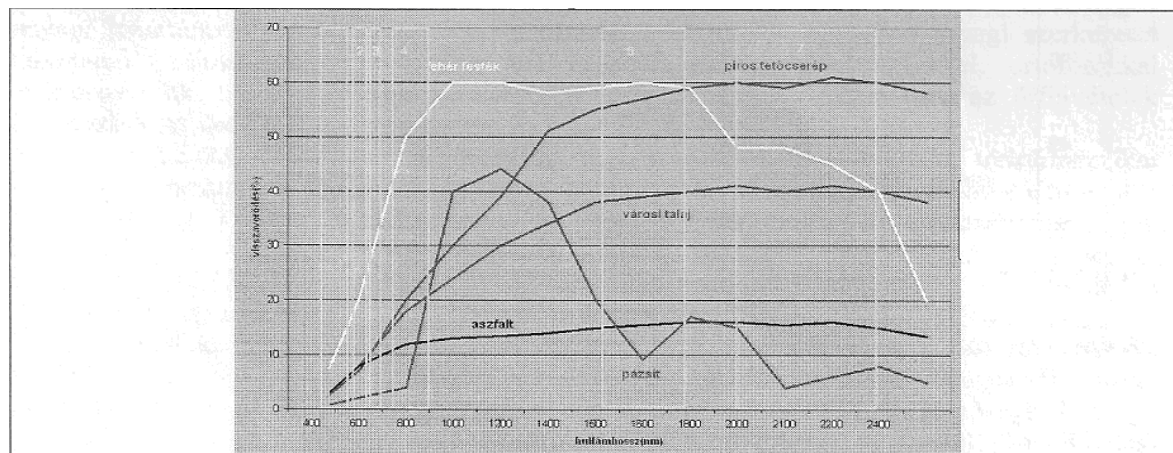


3.4. ábra Anyagminőségi eltérések az úthálózaton belül

A legjellemzőbb városi anyagokat 3 csoportba bonthatjuk. Ásványok (homok, talaj, kavics, tetőcserép, beton...), hidrokarbonátok (festett felszínek, aszfaltok, bitumen), növényzet. Az aszfaltra a magas elnyelő képesség jellemző a látható fény tartományában, viszont az infravörös tartományban nehéz elkülöníteni a visszaverődéseket. Mint az 3.5. ábra mutatja, több csatornát kell alkalmazni a kívánt anyagok leszűrésére és még így sem

biztos, hogy lefedhetjük a városi anyagok összetételéből eredő ideális spektrális sávokat.

[Roncyk L. 2010]



3.5. ábra Jellemző városi anyagok spektrális visszaverődés egyszerűsített görbéje és a LANDSAT ETM + szenzor sávjai (Herold M. et al 2007. alapján)

4. Kutatási terület jellemzése

4.1. Székesfehérvár földrajzi elhelyezkedése, kialakulásának főbb állomásai

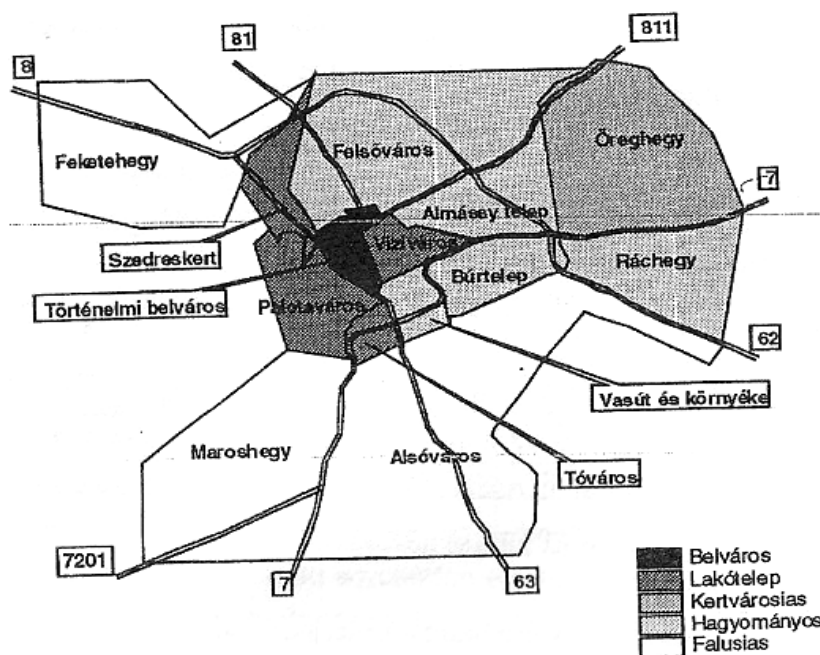
Székesfehérvár megyei jogú város a Velencei-hegység délnyugati letörésének peremén fekszik a Móri árok déli, mezőföldi nyílásában. Kedvező helyzetéből adódóan fontos közlekedési csomópont. A város alapjait Géza fejedelem fektette le, amikor székhelyét a mai belváros helyén alakította ki. Az államalapító I. István király csak megerősítette a város helyzetét. A XVIII. század az építészet, a XIX. század első fele a kulturális élet nagyarányú fellendülésének korszaka volt, ebben az időszakban alakult ki a város mai jellegzetes barokk építészeti arculata. Gazdaságát hosszú időn keresztül a mezőgazdaság és az erre épülő élelmiszeripar jellemezte. Az ipar a 30-as években indult fejlődésnek.

4.2. A város térbeli tagozódása



4.1. ábra Székesfehérvár belterületének egy része [<http://hu.wikipedia.org/wiki/Székesfehérvár>]

A város magja a történelmi belváros, melyet nagyrészt nem hagyományos beépítésű lakóterületek, hanem lakótelepek határolják – Palotaváros, Víziváros, Szedreskert. Székesfehérvár terjeszkedése a belvárostól keletre, észak és dél felé történt, mivel a nyugati területek kevésbé alkalmasak az építkezésre. A városnak egy kertvárosi része van, az északkeleti oldalon elhelyezkedő Öreghegy, mely a város többi részétől magasabb tengerszint feletti magasságával és sok új építésű házával alakult önálló városrészé.



4.2. ábra Székesfehérvár városának térbeli tagozódása (Központi Statisztikai Hivatal)

5. Felhasznált adatok, szoftverek jellemzése

A városra jellemző felszínborítási kategóriák felméréséhez a következő adatokat használtuk fel (1. táblázat):

- távérzékelési adatok
- topográfiai térképek
- légifényképek
- egyéb tematikus térképek, mint pl. katonai felmérések.

1. táblázat A felhasznált távérzékelési adatok

<i>Távérzékelési adatok</i>	<i>Terepi felbontás</i>	<i>Spektrális felbontás</i>
<i>2009-es ortofotó</i>	<i>0.5 m geometriai</i>	<i>színhelyes</i>
<i>2008-as ortofotó</i>	<i>0.5 m geometriai</i>	<i>infraszínes</i>
<i>1986-os űrfelvételek (Landsat TM)</i>	<i>30 m</i>	<i>6 sáv: látható közeli, közepes infravörös</i>
<i>WorldView 2011</i>	<i>2 m</i>	<i>8 sáv: látható, közeli infravörös</i>

5.1. Idrisi Taiga

Az IDRISI a Clark Egyetemen kifejlesztett széles körben használt, raszter alapú térinformatikai, és képfeldolgozó program. Idrisi 16 The Taiga Edition. 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.

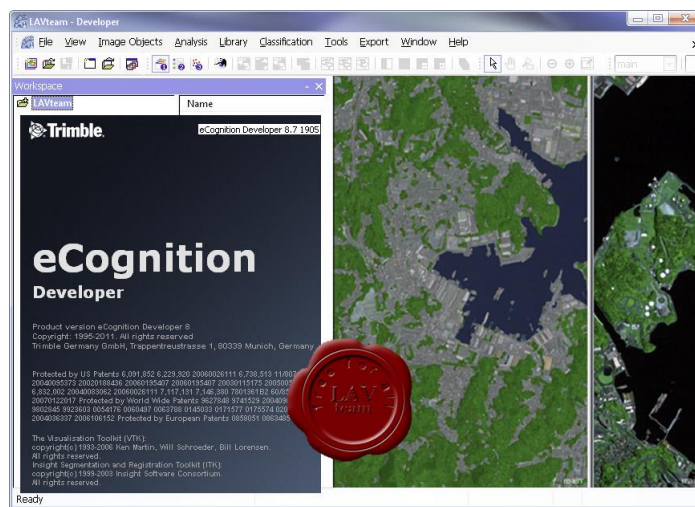
Az Idrisi képfeldolgozási lehetőségei:

1. képhelyreállítás (image restoration): alapelve az, hogy megvizsgálja a vízfelületek szürkeségi értékeit a felvétel összes sávjában.
2. kéпкиemelés (image enhancement): szűrési eljárásokat valósít meg, adott 3x3-as szűrőmátrix segítségével.

3. képosztályozás (image classification): az IDRISI lehetőséget biztosít mind az ellenőrzött mind az ellenőrizetlen osztályozásra. Az osztályozás pixelek alapján és szegmensek alapján is történhet.

5.2. Ecognition Developer

A piacon megjelent első, általános jellegű objektum orientált képelemző szoftver az eCognition volt (Benz et al, 2004), melynek 2009. november elején jelent meg a legújabb, 8-as verziója. Ezen szoftveren belül a leggyakrabban használt képszegmentáció régió alapú (régió-összevonó, „bottom-up”) algoritmusra épül, ahol a spektrális tulajdonságok és az alak-koncepció kombinációjáról van szó.



5.1. ábra Ecognition Developer szoftver kezelőfelülete

Az Ecognition Developer egy környezet, objektum-alapú képosztályozását végzi el. Az automatikus elemzés távérzékelési adatok alapján történik.

Ezzel a szoftverrel az összes általános távérzékelési feladatot el lehet végezni, ezek:

1. Vegetációelemzés
2. Jellemzők kiemelése
3. Változás észlelés
4. Tárgyfelismerés

Az objektum-alapú osztályozáshoz több adatforrás állhat rendelkezésünkre, mint például a közepes és nagy felbontású műholdképek, nagy felbontású légifényképek, LIDAR, radar és még hiperspektrális adatok.

6. A műholdas felvételek kiértékelése

A több időpontban készült (1986-2011), többsávos és több forrásból származó űrfelvételek elemzését IDRISI szoftverrel végeztük. Az előfeldolgozott űrfelvételeket több szempontból kiértékeljük. A WorldView felvételek tematikus osztályozásával – tanulóterületek alapján – felmértük a terület felszínborítását.

A területhasznosítás összefüggésben van a felszínborítással, ami felhasználható a felméréshez. Ennek során a terület felszínborítás eltéréseit és a felszín egységeinek egymáshoz való viszonyát, összefüggéseit vizsgáljuk. Előfordulhat, hogy egy adott időpontban egyes tematikus kategóriák spektrális tulajdonságai hasonlóak vagy egyformák, ami téves osztályozást eredményezhet. Ilyenkor a probléma megoldása, más időpontban készült vagy nagyobb geometriai felbontású felvételek felhasználásával oldható meg. A teljes kiértékelési folyamatot eloszthatjuk az előfeldolgozásra és osztályozásra.

6.1. Osztályozási műveletek végrehajtása Idrisi Taiga szoftverrel

6.1.1. Előfeldolgozási műveletek

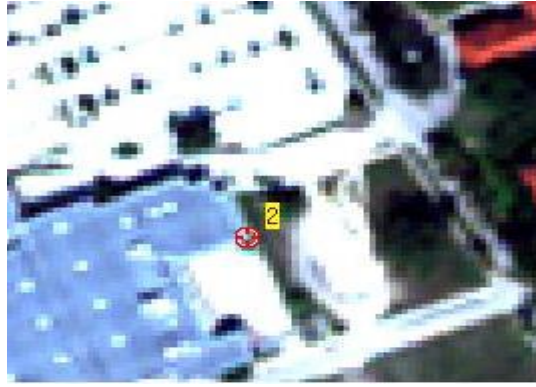
Műholdas felvételeket különböző radiometriai és geometriai hibák terhelik, így az osztályozást megelőzően el kell végezni a radiometriai és geometriai hibák javítását. Az előfeldolgozási feladat közé tartozik például, a térképi rendszerbe való beillesztés, vagyis a transzformáció, geometriai hibák javítása, radiometriai korrekció, hányados képek létrehozása.

6.1.1.1. Geometriai transzformáció

A 2011-ben készült WorldView2 felvétel geometriai korrekcióját illesztőpontok alapján végeztük. Referencia adatként 2009-ben készült ortofotót használtuk fel. A geometriai korrekció két részfeladatra bontható:

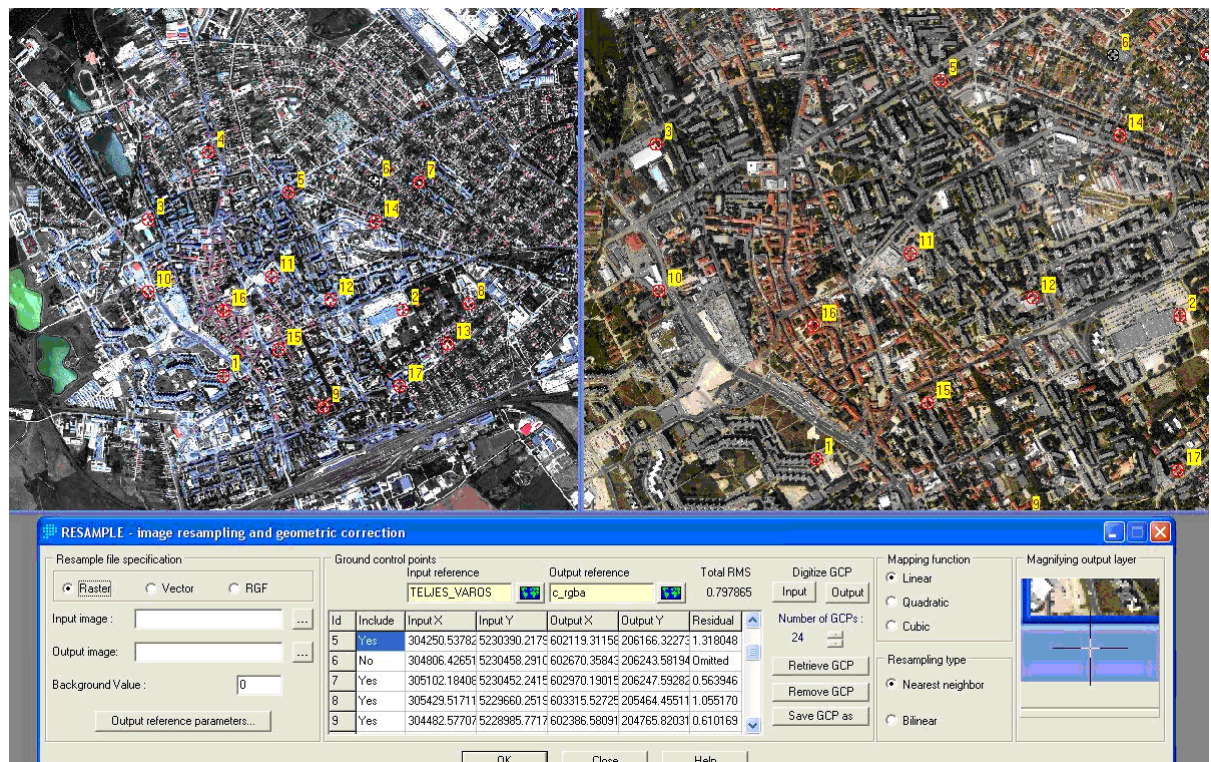
- a koordináta transzformáció paramétereinek meghatározására,
- pixelenkénti koordináta transzformációra és az újramintavételezésre.

A transzformáláshoz megfelelő számú illesztőpont kijelölése szükséges. Illesztőpontoknak azok a pontok tekinthetők, amelyek mindkét képen megtalálhatóak, és megfelelően azonosíthatóak. Ilyen pont lehet útkereszteződés, vagy ház sarok.



6.1. ábra Egy illesztőpont elhelyezkedése (épület sarokpontja) műholdas felvételen

Munkám során 20 darab illesztőpontot jelöltünk ki, amelyek szétszórtnak helyezkednek el. A két különböző koordináta rendszer (UTM és EOVR) között megkeressük a függvénykapcsolatot, mely segítségével a nyers felvétel az EOVR rendszerbe átszámítható. Az átszámításhoz elsőfokú függvényt alkalmaztunk. Az átszámítási hiba 1 pixelnél kisebb volt. Az intenzitási értékek módosítása a legközelebbi szomszéd elv alapján történt. A továbbiakban már a transzformált képekkel dolgoztunk.



6.2. ábra Illesztőpontok kiválasztása

A megjelenített képen (6.3. ábra) egyes illesztőpontok adatai láthatóak:

Geometric correction

Ground control points

Input reference: TELJES_VAROS Output reference: c_rgba Total RMS: 0.797865 Digitize GCP: Input Output

Id	Include	Input X	Input Y	Output X	Output Y	Residual
3	Yes	303333.03833	5230209.1622	601207.98185	205961.02298	0.996967
4	Yes	303725.10267	5230646.9871	601587.32504	206409.48327	1.212463
5	Yes	304250.53782	5230390.2179	602119.31158	206166.32273	1.318048
6	No	304806.42651	5230458.2910	602670.35843	206243.58194	Omitted
7	Yes	305102.18408	5230452.2415	602970.19015	206247.59282	0.563946

Number of GCPs: 24

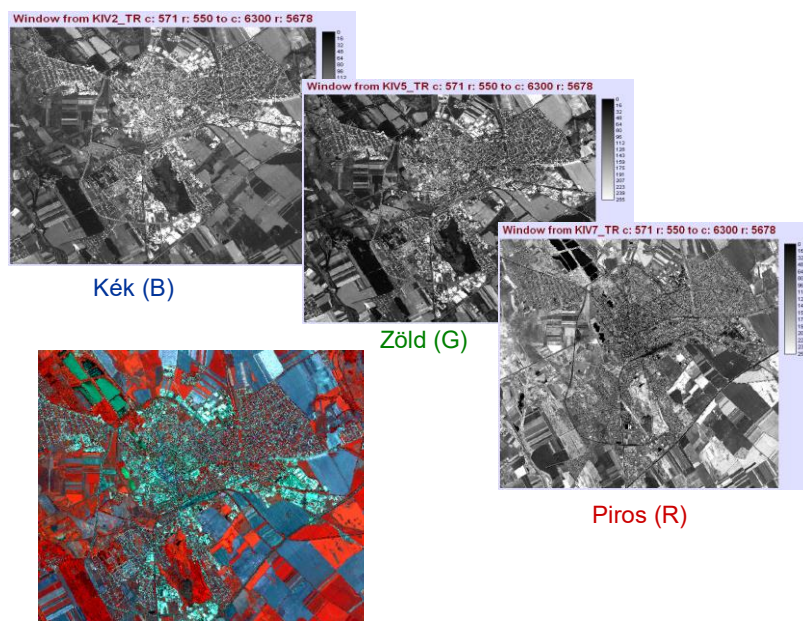
Retrieve GCP Remove GCP Save GCP as

OK Close Help

6.3. ábra Illesztőpontok egyes paraméterei és átszámítási hibái

6.1.1.2. Színekompozít előállítás

A WorldView felvétel 8 sávból áll, így a színekompozít előállításához ki kell választani 3 sávot, és hozzárendelni 3 alapszínt (RGB). Az additív színkeveréssel előállítható színes felvétel, lehet színhelyes vagy hamis színes. A megfelelő sáv kiválasztásához ismerni kell az egyes hullámsávok főbb alkalmazási területeit és vizsgált felszínborítások spektrális jellemzőit. A munkám céljainak megfelelően a színekompozít előállításához kiválasztottuk a látható spektrumtartomány 2-es (kék) és 5-ös (vörös) sávját, valamint a 7-es közeli infravörösben készült sávot.



6.4. ábra A szíkompozit előállítás



6.5. ábra Egy objektum eltérő megjelenése különböző szíkompozíton

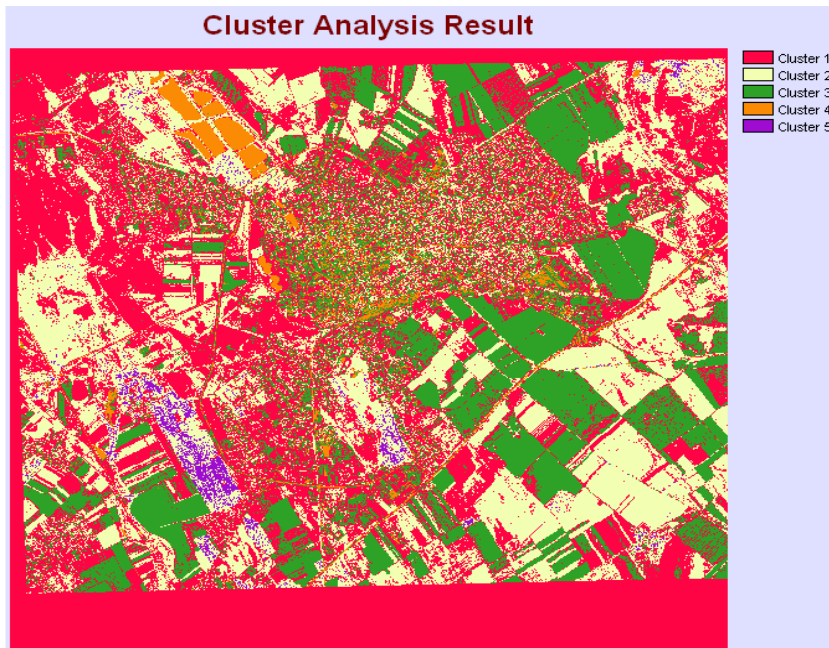


6.6. ábra Színtkompozit, a 2, 4, 7-es sávokra

Székesfehérvár területéről készült űrfelvételeken jól elkülöníthetők a vegetációs (piros szín és árnyalatai) és a burkolt területek (szürkés-kék).

6.1.2. Műholdas felvételek osztályozása és tematikus térképek készítése

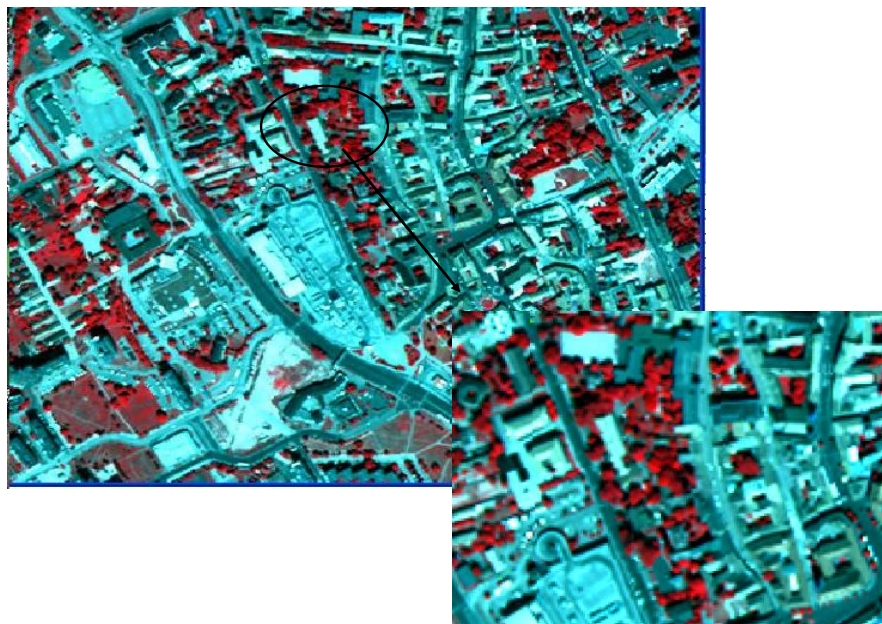
Az IDRISI térinformatikai szoftver és komoly képfeldolgozó modullal rendelkezik, amely többféle osztályozási lehetőséget biztosít. Az ellenőrzött osztályozás során az ismeretlen hovatartozású pixeleket az előre meghatározott célkategóriák valamelyikébe soroljuk be. Ehhez ismerni kell a célkategóriák spektrális tulajdonságait, vagyis a kategóriákra jellemző leíró statisztikákat és előfordulási gyakoriságukat. A tanuló területek kiválasztása előtt elvégeztük a spektrális adatok automatikus osztályozását, klaszterezését. Ezzel a módszerrel vizsgálhatóak az adatcsoportosulások, vagyis előzetes információt nyerhetünk tematikus kategóriák homogenitásáról. Az egyes tematikus osztályok pixeljei az intenzitástérben csoportosulnak, tehát eredményeként az egymáshoz hasonló adatok egy csoportba kerülnek.



6.7. ábra Az automatikus osztályozás

6.1.2.1. Tanuló területek alapján történő osztályozás

A tanuló területek alapján történő osztályozás során, a teljes feldolgozandó terület 2-4 %-áról gyűjteni kell referencia-adatokat, ami azt jelenti, hogy ismerni kell ennek a területnek a felszínborítását (vegetáció, épület, út, stb). Digitalizálni kell a területet, így egy poligonokat tartalmazó vektorfájlt készítünk. Az elején minden típusú borítást digitalizálunk, tehát a vegetációs és nem vegetációs területeket is, majd a végén kizárjuk azt, amelyik nem képezi a kiértékelés tárgyát.

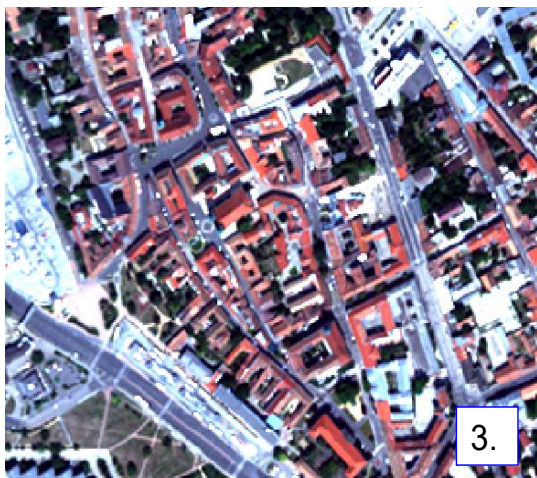


6.8. ábra Mesterséges felszínborítás és vegetáció megjelenítése színekompozíton

Az osztályozáshoz szükséges tanuló területek kiválasztásánál figyelembe vettük a terület felszínborítását és térbeli mintázatokat. Ezek alapján, megkülönböztetünk különféle beépítettségű területeket:

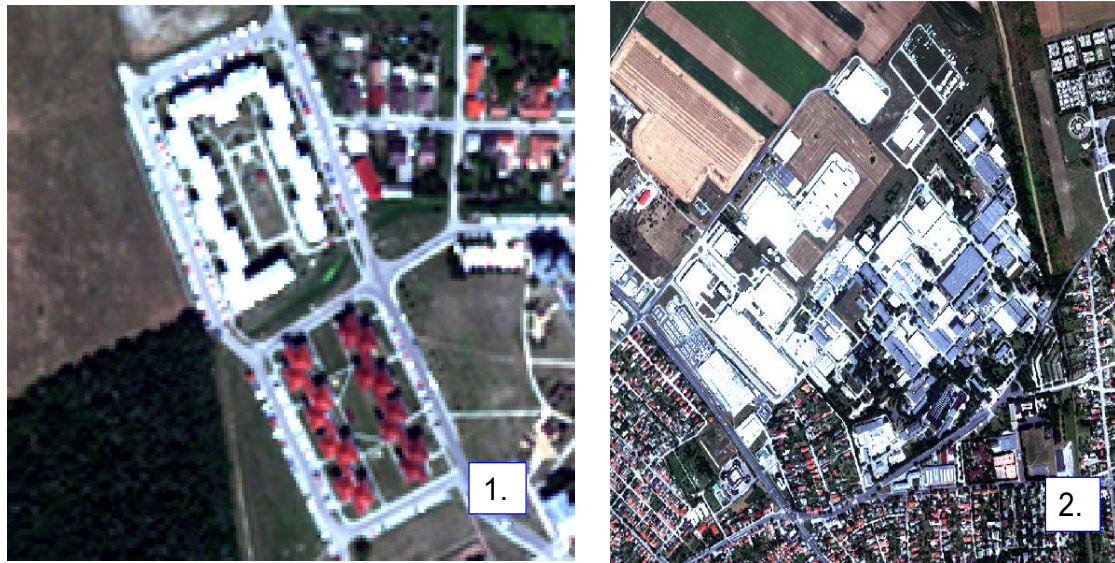
1. Székesfehérváron a pályaudvarral szemben lévő panel együttes
2. Palotavárosi társasházak
3. Belváros jellemző épületei, nyerges tetők
4. Ipari, szolgáltató építmények (lapos tetők)

6.9. számú ábrán jól látható a fent kiemelt területekre jellemző mintázat, mely eltérő típusú beépítettségéből adódik. A 6.9.1. ábrán jól megfigyelhető, hogy a panelházak egymáshoz képest milyen alakzatokat vesznek fel. A Palotavárosi házaknál jellemző a lépcsőzetes elhelyezkedés (6.9.2. ábra). A 6.9.3. ábra a belvárosi házak tetőfelépítéséről árulkodik, ez alapján jól kivehető a nyerges tetőszerkezet. Az Interspar bevásárlóközpont tetőszerkezetének elhelyezkedése a 6.9.4. ábrán látható.



6.9. ábra Különböző beépítettségű területek

A 6.10.-es képen látható mintázat, jellemző társasházak övezetre, valamint ipartelepekre:



6.10. ábra Jellegzetes cseréptetős szerkezet és ipartelepek

Célszerű külön azonosítani a különböző fafajtákat, vegetáció típusokat, figyelni kell az árnyékos területekre, tehát azokat külön kell azonosítani. Külön figyelmet fordítottunk a mesterséges felszínek elkülönítésére és azonosítására. A mesterséges felszínborítás elkülönítése alapvetően színek alapján történt, de figyelembe vettük még az objektumok elhelyezkedését és méretét (pl. egy út és egy épület spektrálisan hasonló lehet, de az alak és méret szempontjából teljesen eltérnek egymástól). Az osztályozáshoz az alábbi felszínborításokat azonosítottuk:

- lapostető
- piros nyeregtető
- panel teteje (sötét)
- panel teteje (világos)
- világosabb piros nyeregtető
- barna tető
- út (világos)
- út (sötét)
- szürke tető
- zöld lapos tető
- fa
- parkoló
- fű
- bokor
- lombos fa



Útburkolat



Piros cseréptető



Szürke tető

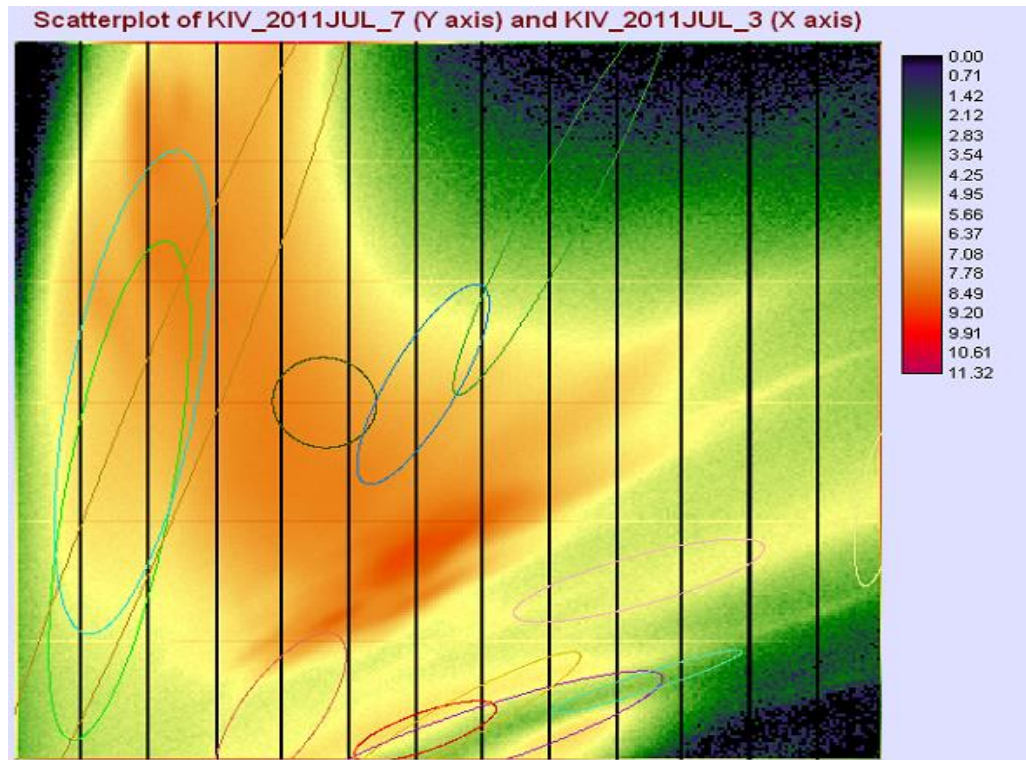


Lapos tető

6.11. ábra Egyes tanulóterületek elhelyezkedése a felvételen

6.1.2.2. Tanuló területek spektrális jellemzői

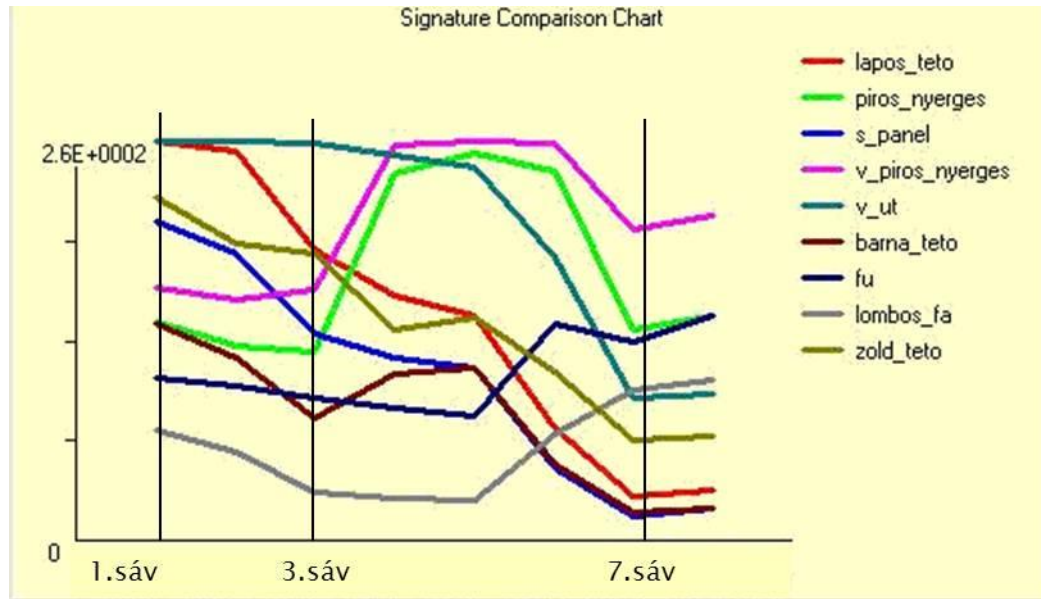
Tematikus kategóriák spektrális jellemzőit tanulóterületek alapján határozzuk meg és az intenzitási tér segítségével vizsgálhatjuk a kategóriák elkülöníthetőségét.



6.12. ábra Scatterplott ábra bemutatása

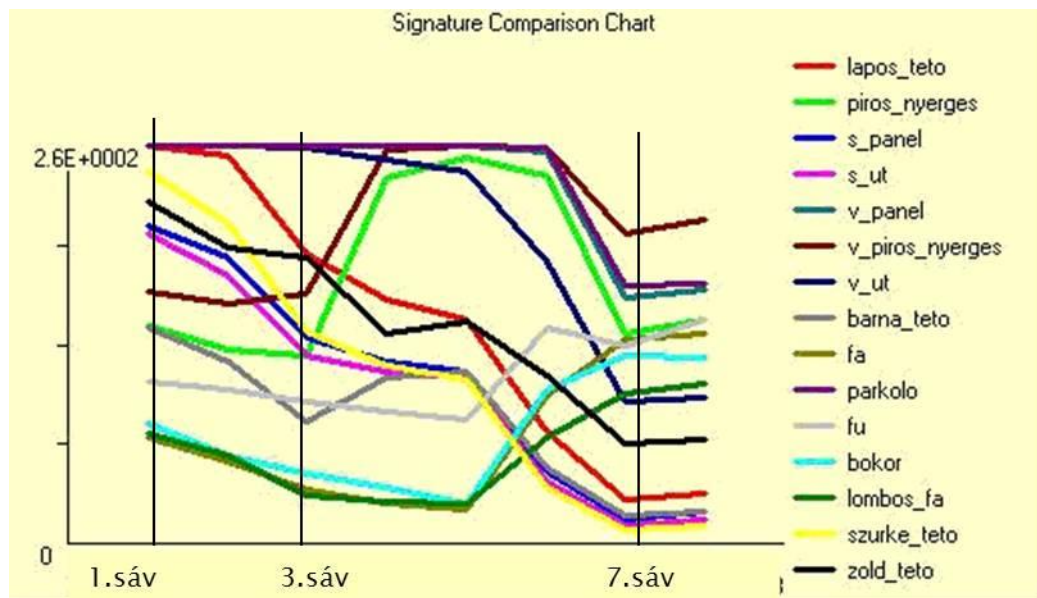
6.12. számú ábrán megfigyelhető egyes tanulóterületek az intenzitási térben (7-es és a 3-as sáv). Az alsó ellipszisek az épületeket, a felsők pedig a vegetációt ábrázolják. A vegetáció egyes típusaira jellemző intenzitási értékek hasonlóak, vagy azonosak. Ebben az esetben az ellipszisek között átfedés látható.

A tanulóterületek további vizsgálata során, a sötét tetejű panel és a barna tető a látható spektrumtartományban jól elkülöníthető, azonban a közeli infravörösben, erre a két területre jellemző intenzitási értékek átfedésben vannak.



6.13. ábra Mesterséges (beépített) felszínborításra jellemző intenzitási értékek

Vannak olyan kategóriák (pl.: zöld tető, lapos tető), amelyek mind a közeli infravörösben, mind a látható spektrumtartományban jól elkülöníthetőek. Némelyik azonban (pl.: sötét út, sötét panel) nagyon közel van egymáshoz, mind a két tartományon belül, így a pixel-alapú osztályozással nehéz lesz elkülöníteni ezeket a kategóriákat.



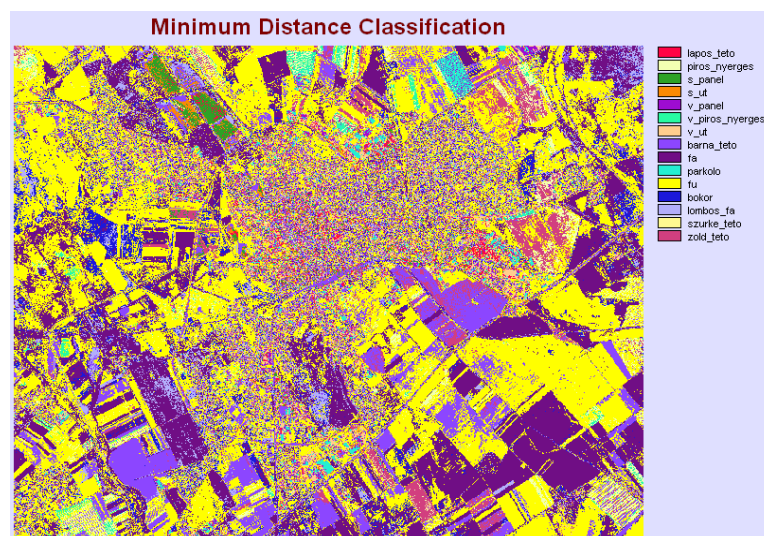
6.14. ábra Intenzitási értékek megjelenítése a 8 sávon belül

Továbbá jól látható a fenti ábrán, hogy a 3-as, 5-ös és a 7-es sávban a vizsgált kategóriákra eltérő intenzitási értékek jellemzőek.

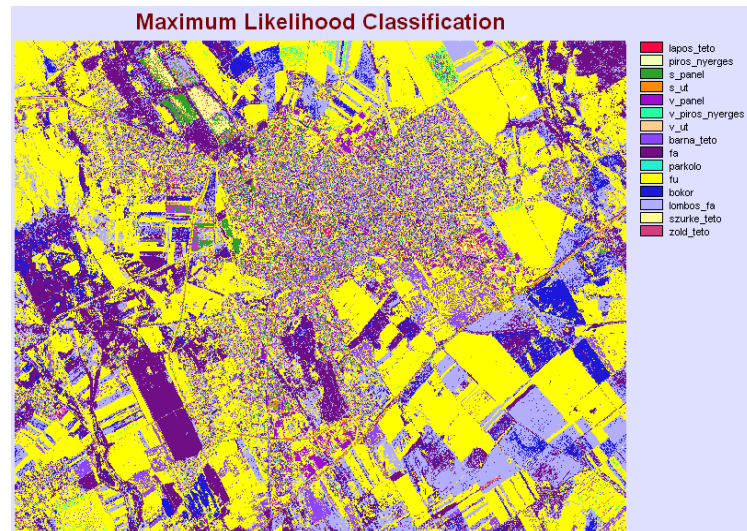
6.1.3. Pixel-alapú osztályozások

Az ismeretlen hovatartozású pixeleket az előre meghatározott célkategóriák valamelyikébe soroljuk be. Ehhez ismerni kell a célkategóriák spektrális tulajdonságait, vagyis a kategóriákra jellemző leíró statisztikákat és előfordulási gyakoriságukat. A számítógépes osztályozás, képpontokon alapuló műveleteket, statisztikus és szintaktikus módszereket foglal magában.

Ismeretlen hovatartozású pixelek besorolását két módszerrel végeztük (maximum likelihood, minimum distance). A melléosztályozás szempontjából a maximum likelihood jobb módszernek bizonyult, így a továbbiakban ennek az osztályozásnak eredményét dolgoztuk fel.

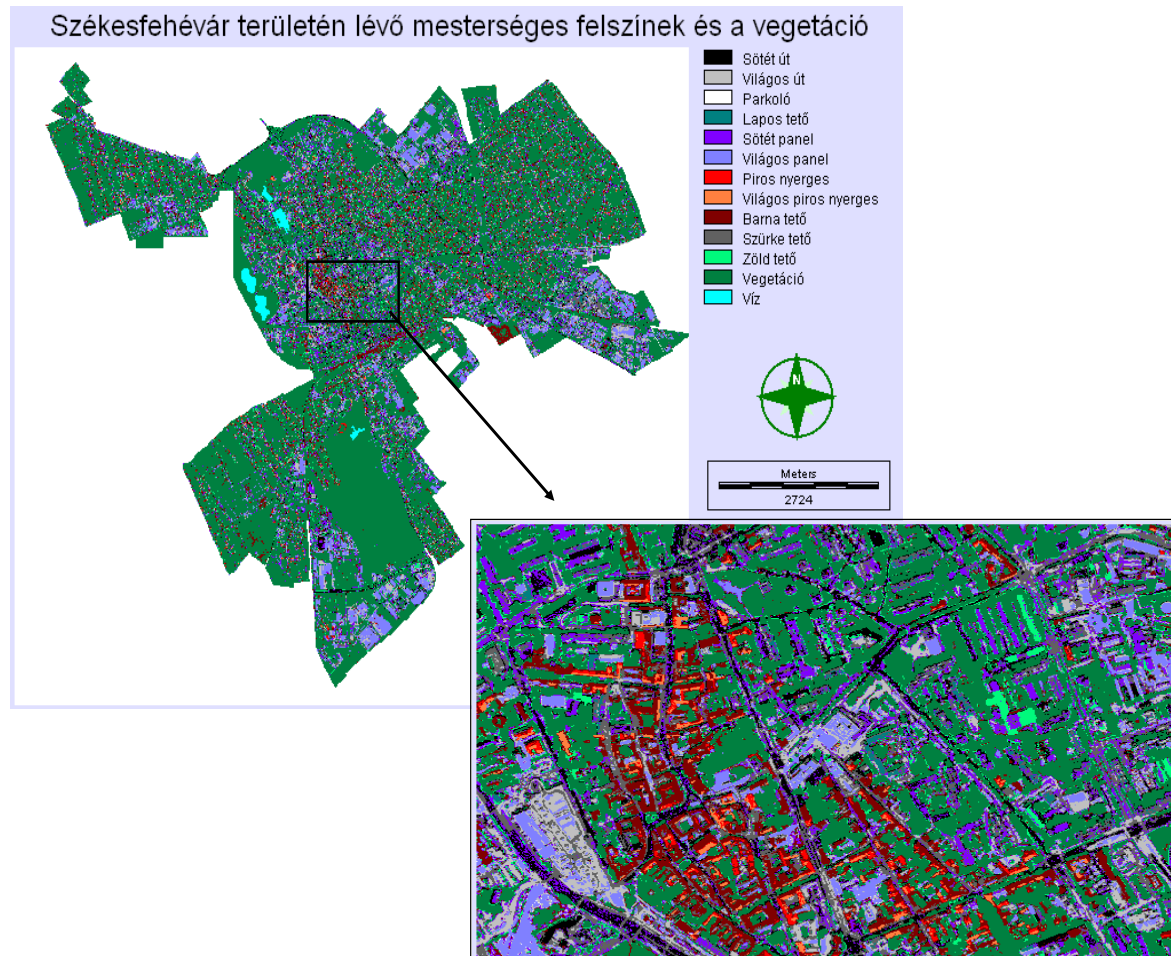


6.15. ábra Minimum distance osztályozás eredménye



6.16. ábra Maximum likelihood osztályozás eredménye

A pixel-alapú osztályozás során összevonásra kerültek az egyes kategóriák. Az összes épület, külön kategóriába tartozik, csak a vegetáció került egy azonosító érték alá. Az összevonás műveletét a „Reclass” funkcióval hajtottuk végre. Itt megadtuk, hogy mik kerülnek összevonásra. A következő ábrán (6.17.) jól látható, hogy a burkolt területeket és épületeket különítettük el nagyobb részletességgel, a vegetáció pedig az egész városra egyforma. Ezután Székesfehérvár területét lehatároltuk egy vektoros állomány segítségével. Ebből készítettünk egy térképet, megjelenítettük rajta az észak jelet és egy mértékléce.



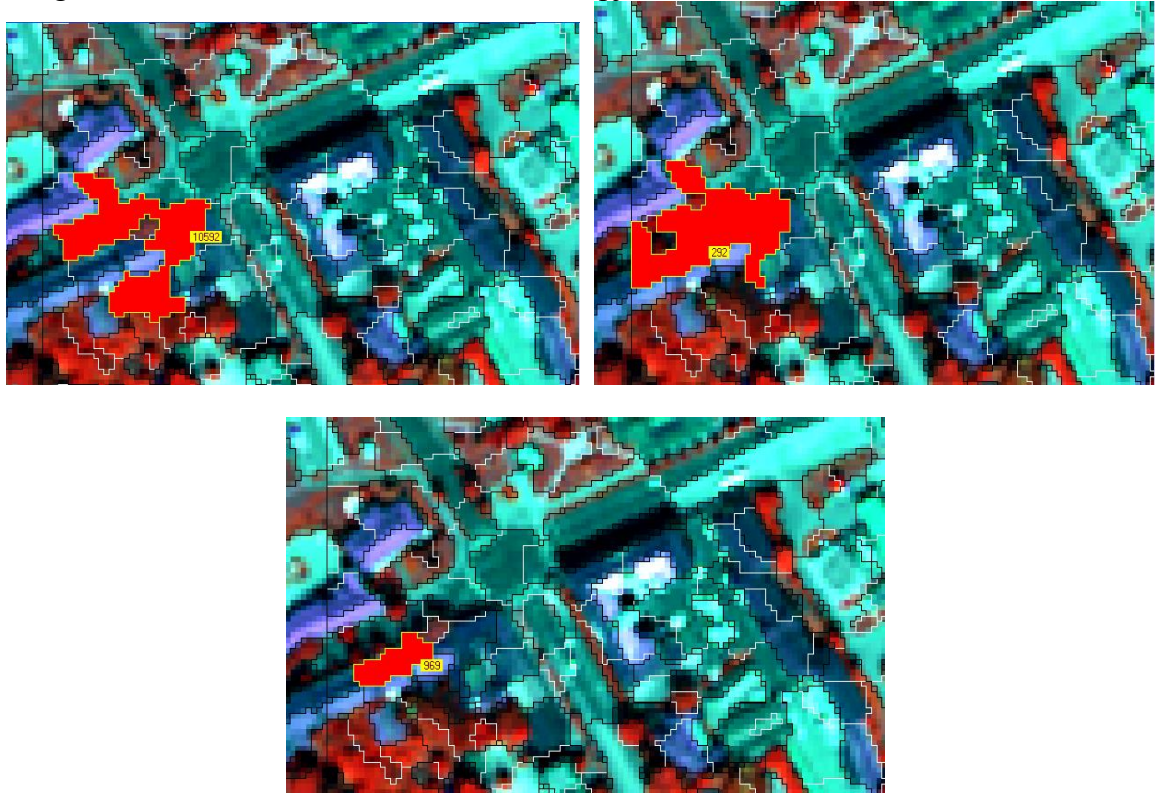
6.17. ábra Tematikus térkép a teljes mintaterületre, valamint egy részlet a belvárosról

6.1.4. Objektum orientált osztályozás

Az objektum alapú osztályozás előtt el kell végezni kép szegmentálását. A szegmentáció során, a képet egymással összefüggő, homogén, a szomszédoktól elkülönülő részekre osztjuk.

A szegmensek nagysága a hasonlósági kritérium (homogenitás kritérium) nagyságától függ. A szegmensek homogenitása kisebb küszöbérték meghatározásával érhető el. Nagyobb küszöbérték esetén a szegmensekre nagyobb méretű heterogenitás a jellemző. Az osztályozáshoz szükséges tanulóterületek definiálása szegmentált képen történik.

Szegmentálás különböző toleranciaértékek alapján:

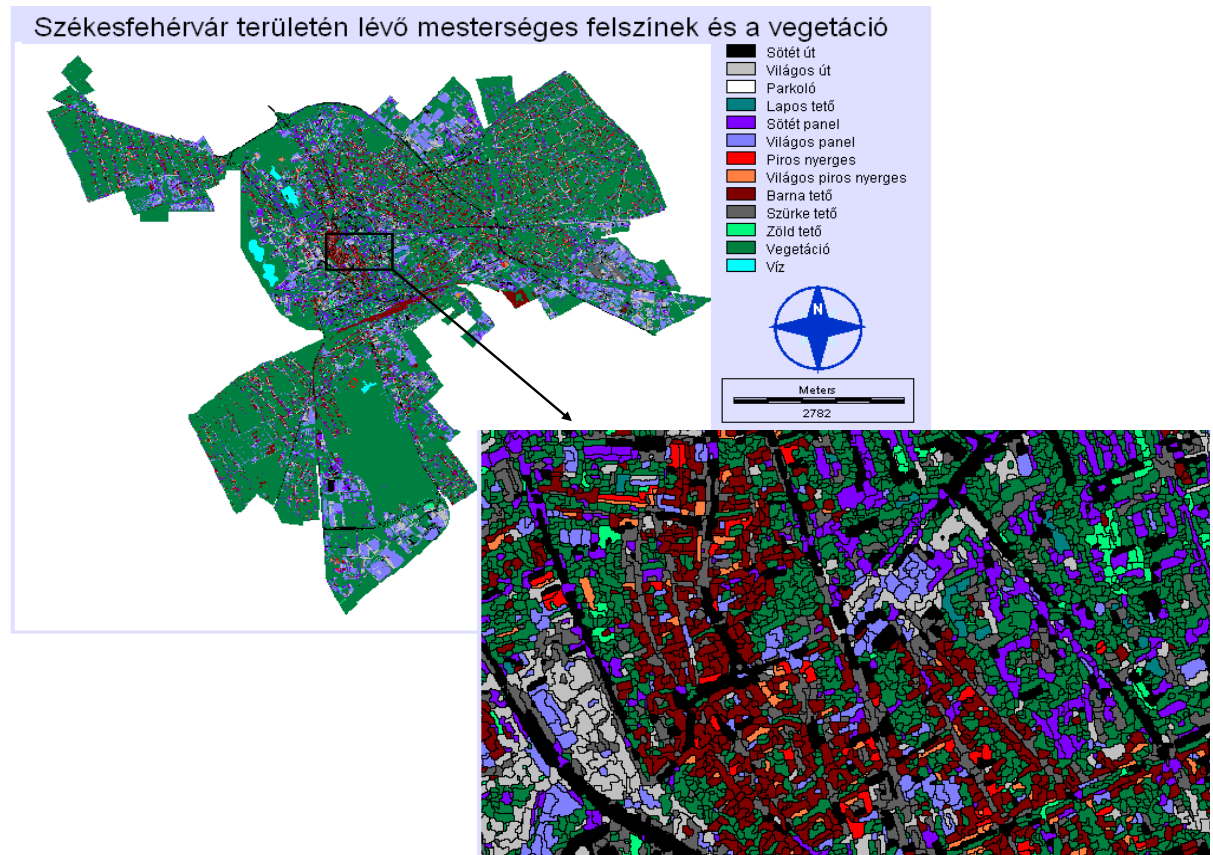


6.18. ábra Egy felvétel (részlet) szegmentálásának eredménye különböző tolerancia értékek esetén

Az első képnél 30-as tolerancia értéket adtunk meg, de ezen jól látható, hogy az épületet, fát és az utat is beleveszi egy szegmensbe. Kipróbáltuk a 20-as tolerancia értéket is, de ez sem bizonyult jónak, így a 10-est választottuk, amely már teljesen különválasztotta az egyes objektumokat.

A szegmentációt a Segclass paranccsal végeztük el, a maximum értékek alapján szegmentált kép és a 10-es toleranciaértékű szegmentált állományok segítségével. Ezután a vegetációs területeket összevontuk, majd ismét lehatároltuk Székesfehérvár területét, így a továbbiakban azzal dolgoztunk tovább. Kialakítottunk egy sorrendet a kategóriák alapján, megfelelő színeket hozzárendeltük a pixel-alapúhoz hasonlóan, és így megkaptuk a végleges formát. Az első képen (6.19.) jól látható a szegmentáció eredménye, amely lényegesen különbözik a pixel-alapú osztályozáshoz képest. Sokkal jobban elkülöníthetőek az egyes osztályok

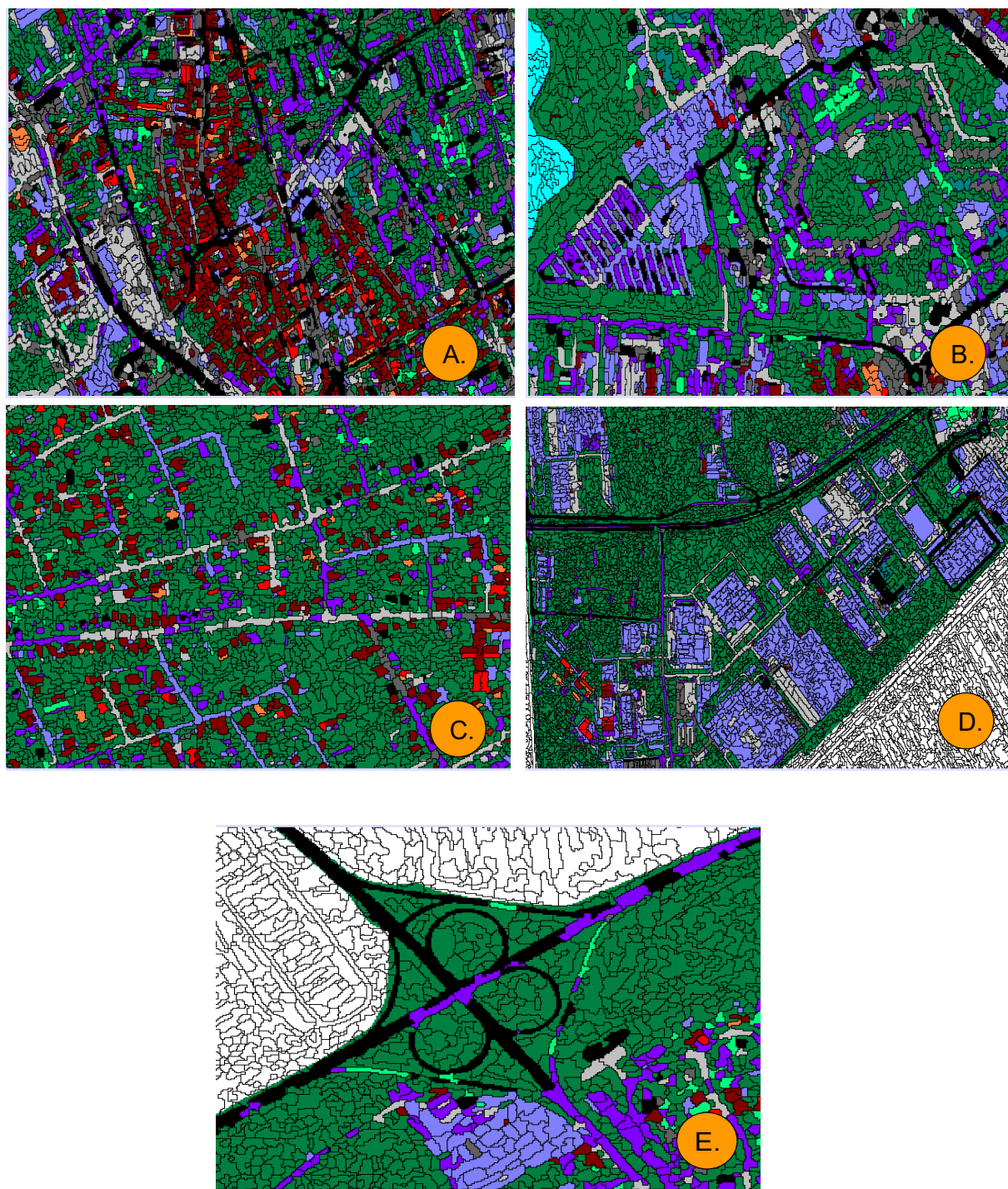
6.1.4.1. Szegmens alapú osztályozás eredménye



6.19. ábra Tematikus térkép a teljes mintaterületre, valamint egy részlet a belvárosról

Különböző térszerkezetű városrészek osztályozási eredménye:

- A. Belváros: jól elkülöníthetőek a nyeregtetős épületek
- B. Palotaváros: a 10 emeletes panellakások jellegzetes elhelyezkedése jól látható
- C. Családi házas övezet (Öreghegy)
- D. Ipartelepek
- E. Móri úti elágazás



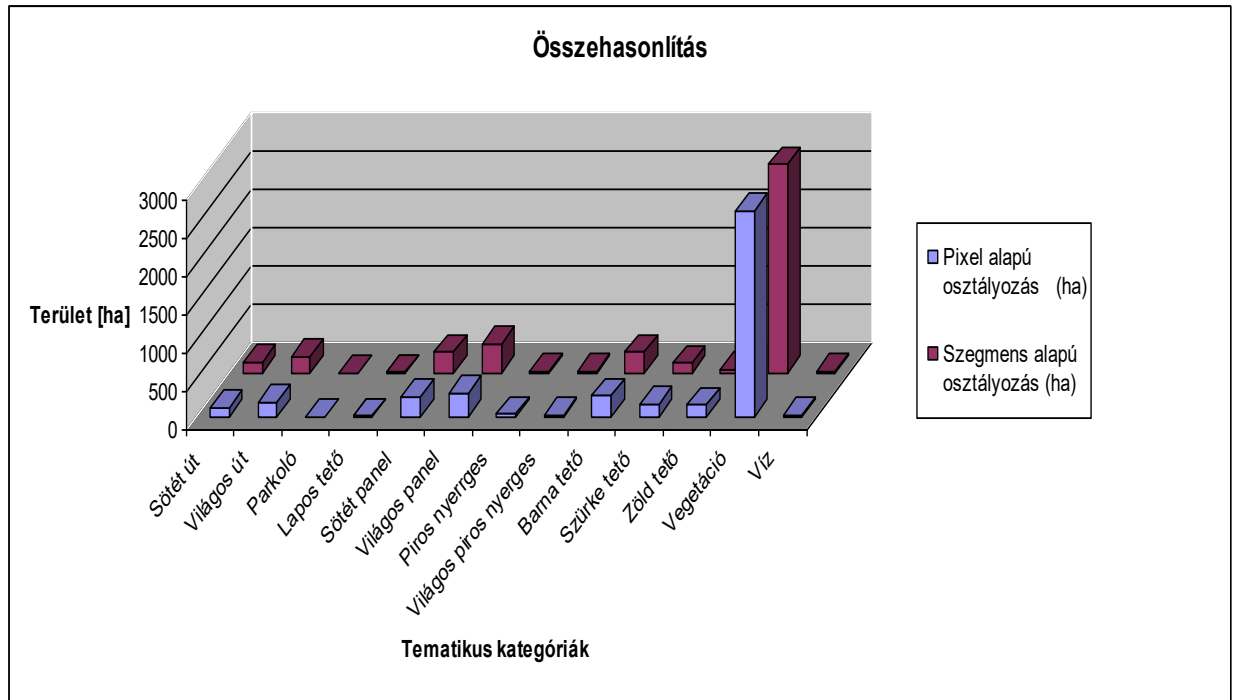
6.20. ábra Szegmens alapú osztályozás, különböző térszerkezetű városrészekben

6.1.5. A szegmens alapú osztályozás és a pixel-alapú osztályozás összehasonlítása

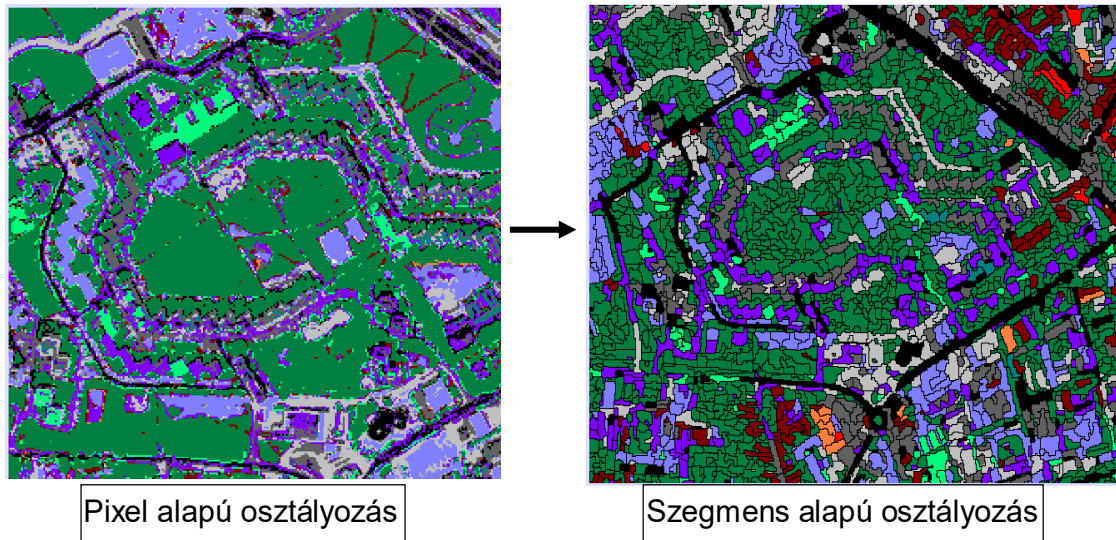
A 2. táblázatban a kategóriák hektárban kifejezett terület értékei láthatóak, mind a pixel-alapú, mind a szegmens-alapú osztályozásnál, továbbá ezt a 6.21.-es ábrán is szemléltettem.

2. táblázat A két osztályozással nyert tematikus kategóriák területi adatai

<i>Tematikus kategóriák</i>	<i>Pixel-alapú osztályozás (ha)</i>	<i>Szegmens-alapú osztályozás (ha)</i>
<i>Sötét út</i>	119.74	133.78
<i>Világos út</i>	185.69	209.59
<i>Parkoló</i>	3.34	0.06
<i>Lapos tető</i>	10.22	7.42
<i>Sötét panel</i>	265.02	268.11
<i>Világos panel</i>	308.52	384.77
<i>Piros nyeregtető</i>	31.88	26.89
<i>Világos piros nyeregtető</i>	26.35	25.03
<i>Barna tető</i>	270.39	269.69
<i>Szürke tető</i>	163.46	124.85
<i>Zöld tető</i>	150.00	46.90
<i>Vegetáció</i>	2686.96	2724.49
<i>Víz</i>	22.10	22.10



6.21. ábra A két osztályozással nyert tematikus kategóriák területi értékeinek kimutatása



6.22. ábra Pixel alapú és szegmens alapú osztályozás közötti eltérés

A burkolt területeket összegezve elmondható, hogy a pixel alapú osztályozás során az összes mesterséges felszínborítás Székesfehérvár területén 1556.71 ha, a vegetációs területek 2686.96 ha, a szegmens alapú osztályozással ez 1541.30 ha, a vegetáció pedig 2724.49 ha, ami azt mutatja, hogy több vegetáció található a városban, mint mesterséges felszínborítás.

A kétféle osztályozás eredményeit összevetve megállapítható, hogy hasonló értékeket kaptunk a kétféle osztályozás során, azonban vannak eltérések. A legnagyobb különbség a vegetációnál volt. A szegmensalapú osztályozás a pixel-alapú osztályozásnál jóval megbízhatóbb eredményekkel szolgál. Szegmentálás esetén a kép nem töredezik, egy tematikus kategórián belül nincsenek pixelnyi eltérések, ezek mind részeivé válnak valamely szegmensnek.

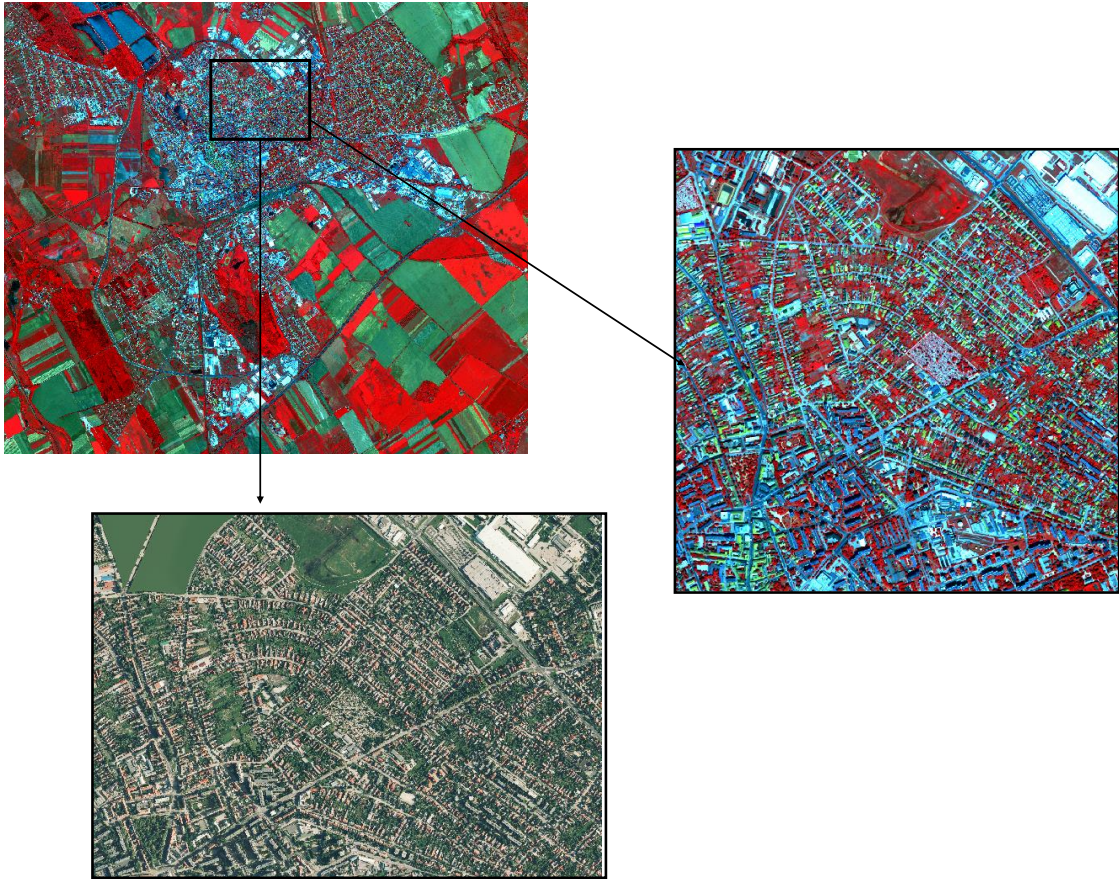
A szegmens alapú osztályozás sokkal jobb eredményekkel szolgál, mint a pixel-alapú és az előnyei a következők:

- kategóriák spektrális eltéréseiből adódó melléosztályozások csökkenthetőek,
- az osztályozási pontosság növekszik,
- az osztályok közötti határvonalak töredezettsége csökken,
- megszűnik az összefüggő területeken belüli inhomogenitás.

6.2. Osztályozási műveletek végrehajtása Ecognition Developer szoftverrel

Az Ecognition Developer szoftverrel az osztályozás előre meghatározott szabályokon alapul, melyeket a spektrális, térbeli és/vagy hierarchikus viszonyok leírása határoz meg. Az osztályozás alapját képezheti mintaobjektumok megadása vagy egyszerű szabály felépítése küszöbérték megadásával. Mintaobjektumok alapján működik a „Nearest Neighbor” algoritmus, ahol az egyes osztályokhoz kiválasztott minták alapján szín vagy szín és textúra vagy szín és kontextus vizsgálata történik meg és kerülnek meghatározásra a mintákhoz e tekintetben közel eső további képobjektumok. Szabályhoz rendelt küszöbérték képezi az osztályozás alapját, amikor pl. a fényerő határértékeinek („Brightness Threshold”) megadásáról van szó. Ez az objektum-orientált képosztályozás, nem csak az intenzitási értékeket veszi figyelembe, hanem a szegmens méretét, alakját, textúráját, geometriáját, valamint a szomszédsági viszonyokat.

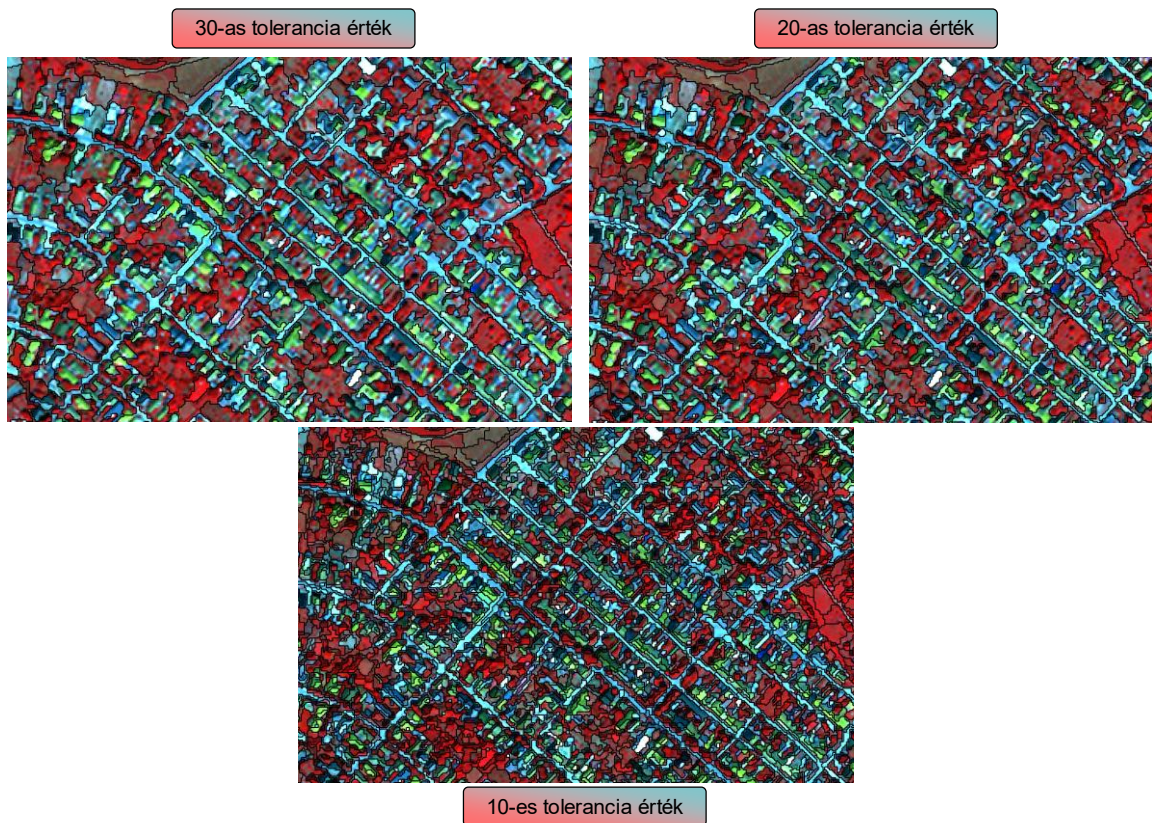
Az osztályozás alapját képező szabály felépítését nem a teljes mintaterületre végeztük el, hanem a város kisebb részére. A szakdolgozatom célja a mesterséges felszínborítások térképezése, így fontos volt, hogy olyan területet válasszunk, amelyiken Székesfehérvárra jellemző mesterséges borítások legyenek döntő többségben. Jellemzően az utak, cseréptetős házak, panellakások, iparterületek találhatók meg.



6.23. ábra Vizsgált terület színterkép

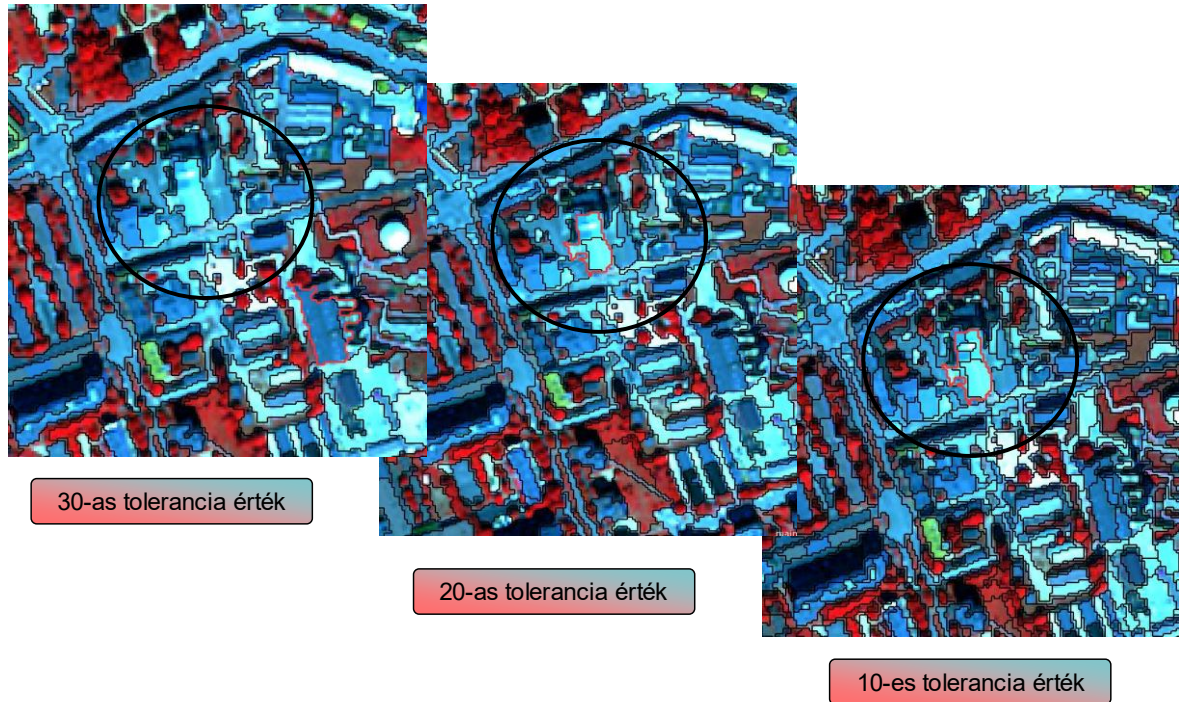
6.2.1. Szegmentálás

A szegmentálás célja az, hogy az egyes objektumok megfelelően elkülönítettek legyenek. Sok esetben a szegmensek határvonala több objektumot zárt magába, ami hibás besorolást eredményezne ezért kellett a szegmentálás tolerancia értékét, oly mértékben változtatni, hogy egy szegmensbe, egyféle objektum kerüljön. Ez csak úgy érhető el, ha megfelelő kritérium értéket adunk meg. A munka során elvégeztük a 30-20-10-es tolerancia értékekre a szegmentálást. A 30-as és a 20-as értékek nagynak bizonyultak, mivel egy szegmens körülhatárolt többféle objektumot. A 10-es érték már nagyon szépen elkülönítette egymástól az egyes szegmenseket.



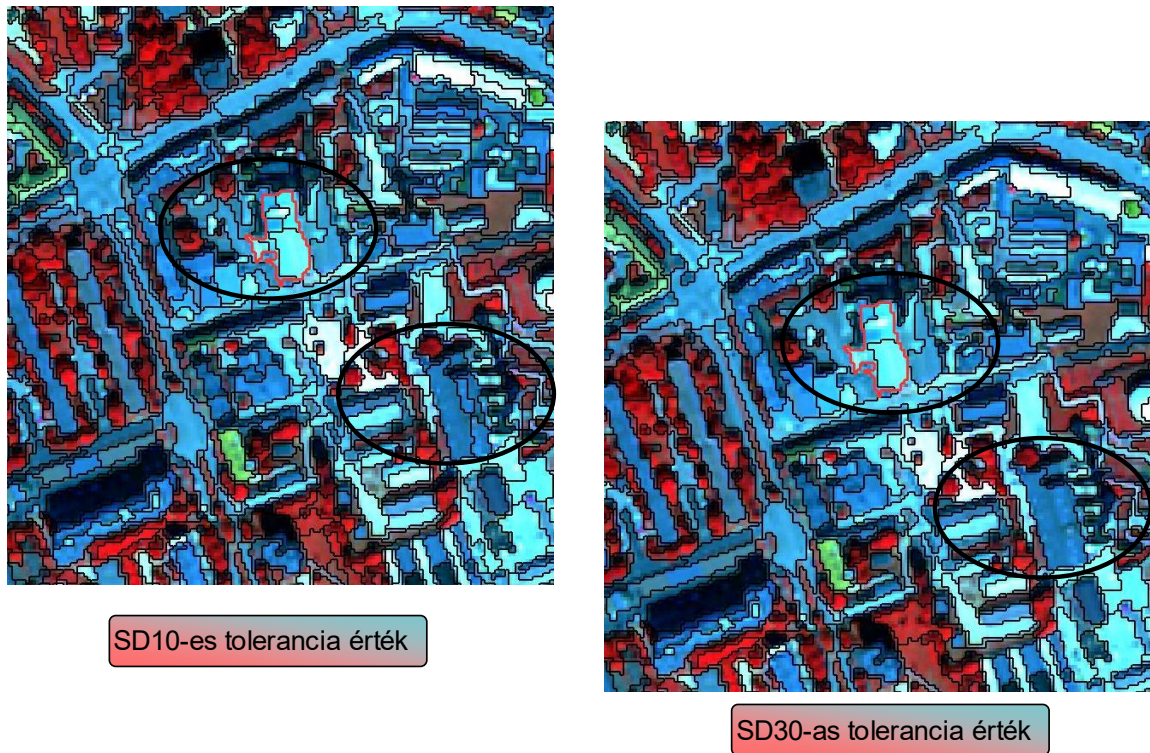
6.24. ábra Szegmentálás eredménye 30-20-10-es toleranciaértékekkel

A következő ábrán kinagyítottunk egy kis részt, amelyen jobban megfigyelhetők a szegmensek. Mint látható a bekarikázott részen is, először 1 nagy szegmens jött létre, majd ahogy csökkent az toleranciaérték, egyre több kis szegmensre osztotta fel az objektumot. Ha például egy cseréptetős ház tetőszerkezetét vizsgálnánk, a legkisebb tolerancia értékkel nagyon jól elkülöníthető lenne a tetőablak, kémény... stb., mivel azoknak már más intenzitási értékük van.



6.25. ábra Egy képrészlet ábrázolása különböző tolerancia értékekkel

A 10-es tolerancia értéken belül megválaszthattuk, hogy az egyes sávokat, milyen súllyal vegye figyelembe, illetve a maximális spektrális különbség legyen 10 és 30. Mivel a 10-esnél már túl kicsi szegmensek keletkeztek, ezért a 30-asat választottuk, ott már összevonásra kerültek azok a szegmensek, amelyek spektrálisan nagyon hasonlóak voltak. A következő képen jól látható, hogy egy cseréptetős épületeken, vagy a panellakásokon is több kisebb szegmens jött létre, ami már túl aprólékos, ezért ezek összevonásra kerültek.



6.26. ábra A szegmentálás finomítása

6.2.2. Kategóriák és jellemzőinek meghatározása

Az osztályozás során figyelembe vett kategóriák a következők:

1. Vegetáció
2. Ipari terület
3. Nyeregtető
4. Panellakás
5. Utak
6. Betonos felület

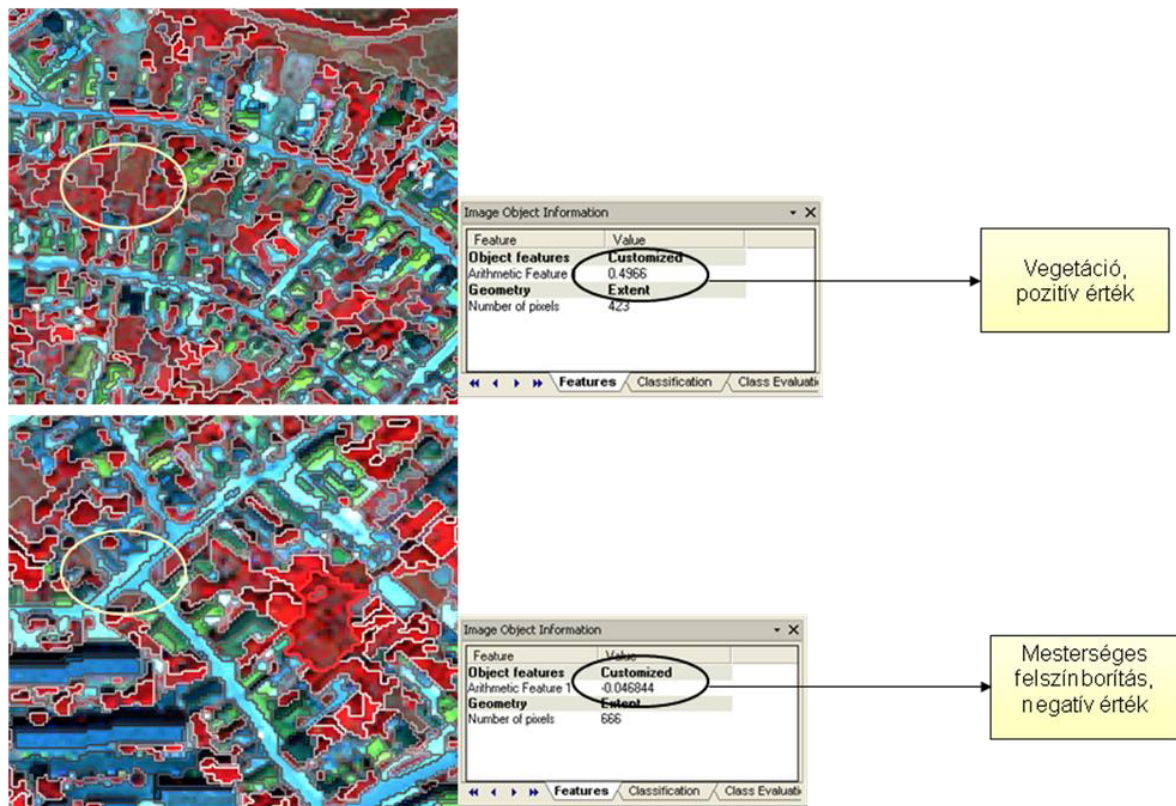
A szegmentálás után, a kategóriák jellemzőinek meghatározása és kiválasztása történt. Ilyen például, az átlag, átlagtól való eltérés, szín, méret, alak, magasság, stb. Ezek alapján a szoftver automatikusan meghatározta minden szegmensre, hogy milyen érték tartozik az adott tulajdonsághoz.

6.2.3. Osztályozás

Először egy vegetációs indexet készítettünk. Ehhez a szegmens sávonkénti átlagértékeire volt szükség. Az NDVI-index képlete:

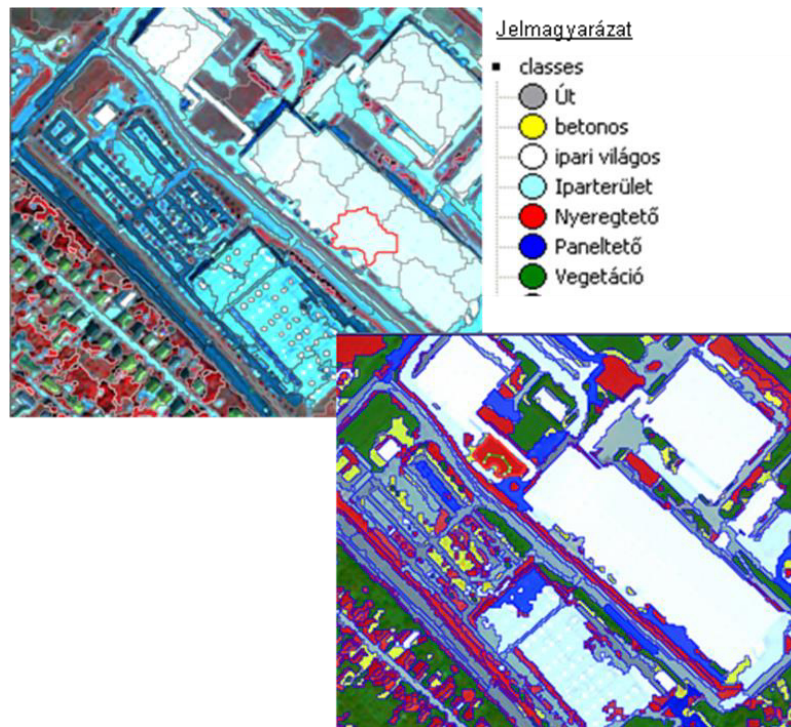
$$NDVI = \frac{NIR - IR}{NIR + IR}$$

A területre jellemző vegetációk pozitív értékeket kaptak, a mesterséges felszínborítások negatívot. Így a vegetációt a megfelelő NDVI érték megadásával, el lehetett különíteni. Minden fás, bokros terület, ami pozitív értéket vett fel, piros színnel van ábrázolva,



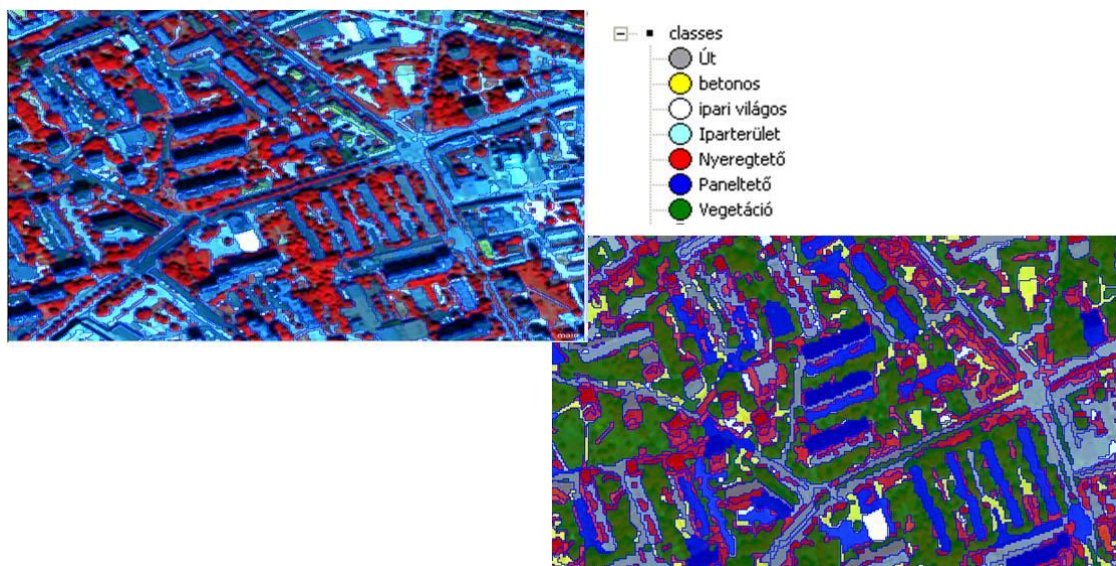
6.27. ábra A vegetáció és a mesterséges felszínborítások elkülönítése

A következő feltétel az ipar területekre vonatkozott. Minden egyes sáv átlagértékét megfigyelve, ami eddig nem került besorolásra sehova sem és értéke egyenlő 250-el az legyen ipari terület. A következő képen jól láthatóak, a város szélén lévő ipari területek, amelyek világos lapos tetővel rendelkeznek. Ezeket az Ipari világos kategóriába soroltuk be.



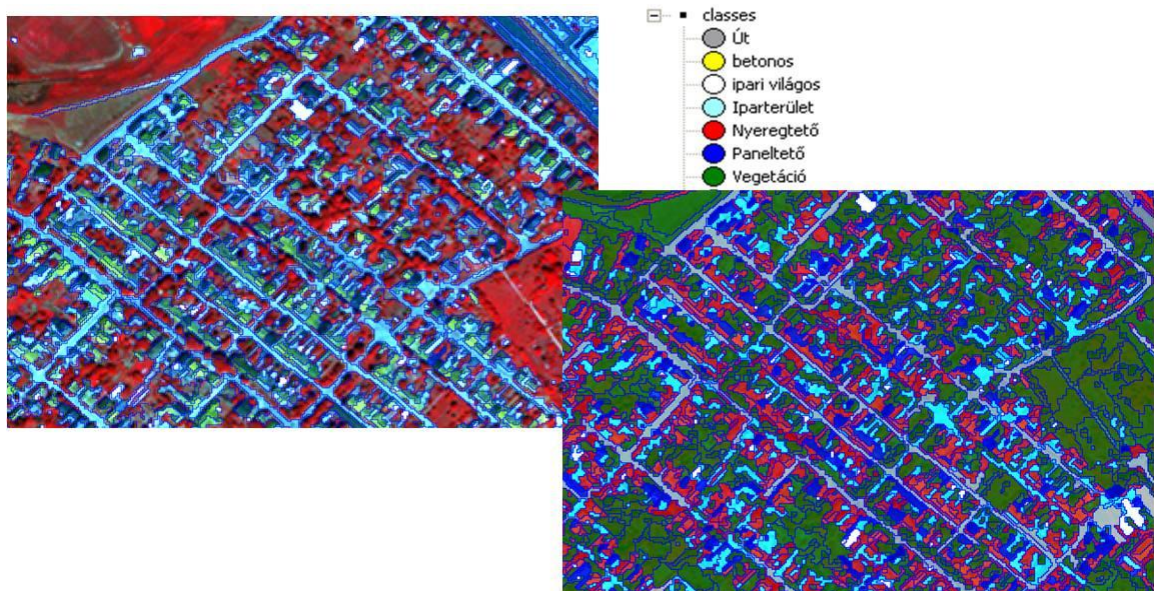
6.28. ábra Ipari területek osztályozása

További kategória osztályozása a panellakások. Ez a kategória az NDVI index alapján került besorolásra, de a leválogatott területekre melléosztályozás volt jellemző, így a korábbi paraméterek beépítése szükségessé vált. Mint például geometriai jellemzők, szomszédsági viszonyok.



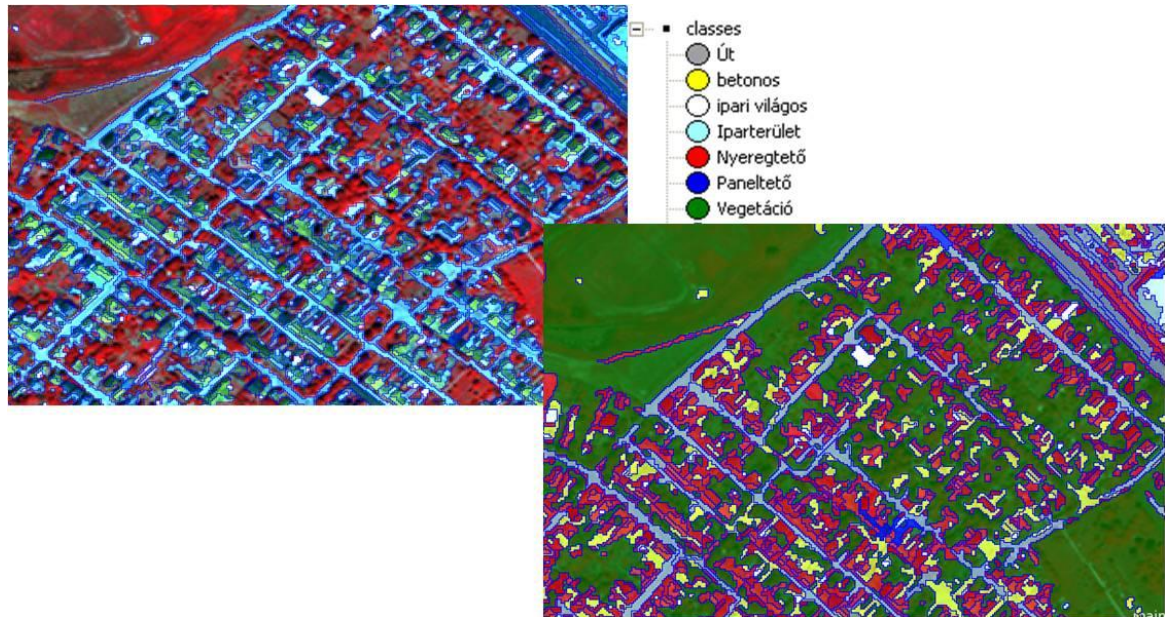
6.29. ábra Panelházak elkülönítése műholdas felvételen és az osztályozás

Egy nyeregtető nagysága nem éri el a paneltetőt, ezért a fent felsorolt jellemzők mellett az objektumok méretét is figyelembe vettük. A műholdas felvételen nagyon jól láthatóak, melyek a panellakások, majd az osztályozás után kékkel jelenítettük meg őket.



6.30. ábra Nyeregtetők és a paneltetők osztályozása az első feltétel felállítása után

A nyeregtető kategória leválogatásánál hasonló paramétereket vettünk figyelembe, azzal a különbséggel, hogy a küszöbértékek módosultak. Ez a feltétel a 80 pixel alatti területekre érvényes. A 6.30.-as ábrán még nagyon sok hibás besorolás volt, de a 6.31.-esen már, kevesebb. Egy családi házas övezeten belül nincsenek panellakások (kék), tehát a helyes feltételek felállítása után, a 6.31.-es ábrán ezek a részek már a megfelelő kategóriába kerültek.



6.31. ábra Családi házas övezet a helyes feltétel megállapítása után

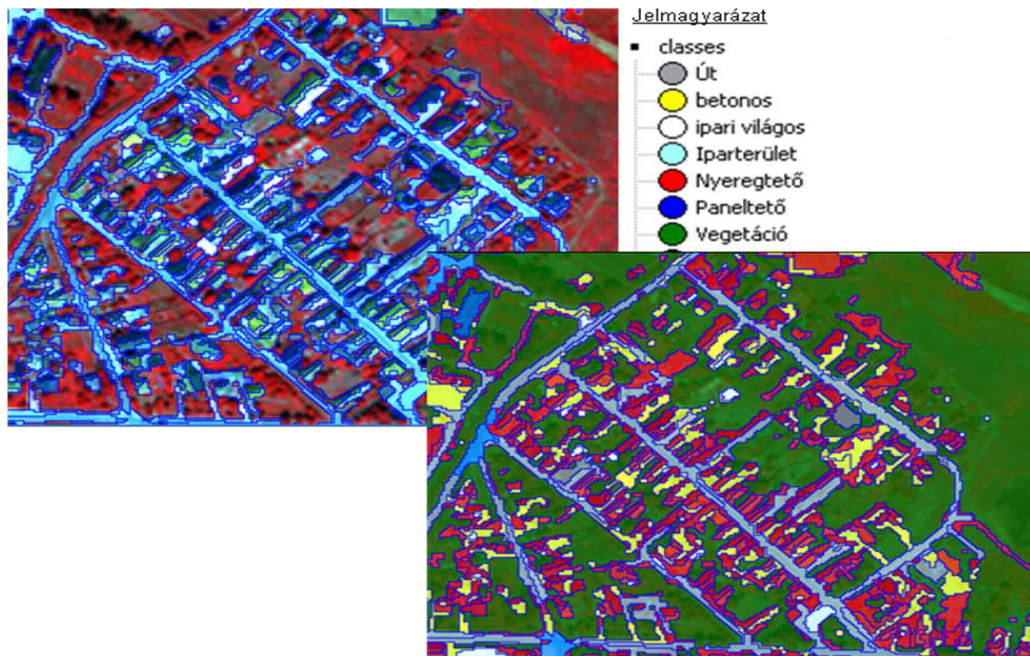
A következő kategória a betonos részek. Ezek általában a házak mögött vagy mellett lévő kisebb parkolók, vagy burkolt felszínek. A leválogatás a következő paraméterek alapján történt: fényesség, méret....

Az út kategória elkülönítése elég nehéznek bizonyult. Több feltételt kellett alkalmaznunk ahhoz, hogy az út kategória megfelelően elkülöníthető legyen. A következő felvétel (6.32. ábra), az út leválogatásának az eredményét mutatja. Ezt beimportáltuk az Ecognition-ba, amely alapján már jól látszódott, hogy valójában hol van út és hol történt hibás besorolás.



6.32. ábra Vizsgált terület utcahálózata Idrisi Taiga szoftverben-ban

Az első feltétel az út kategóriára a hosszúság (length) alapján történt. A következő feltételt területek alapján végeztük.



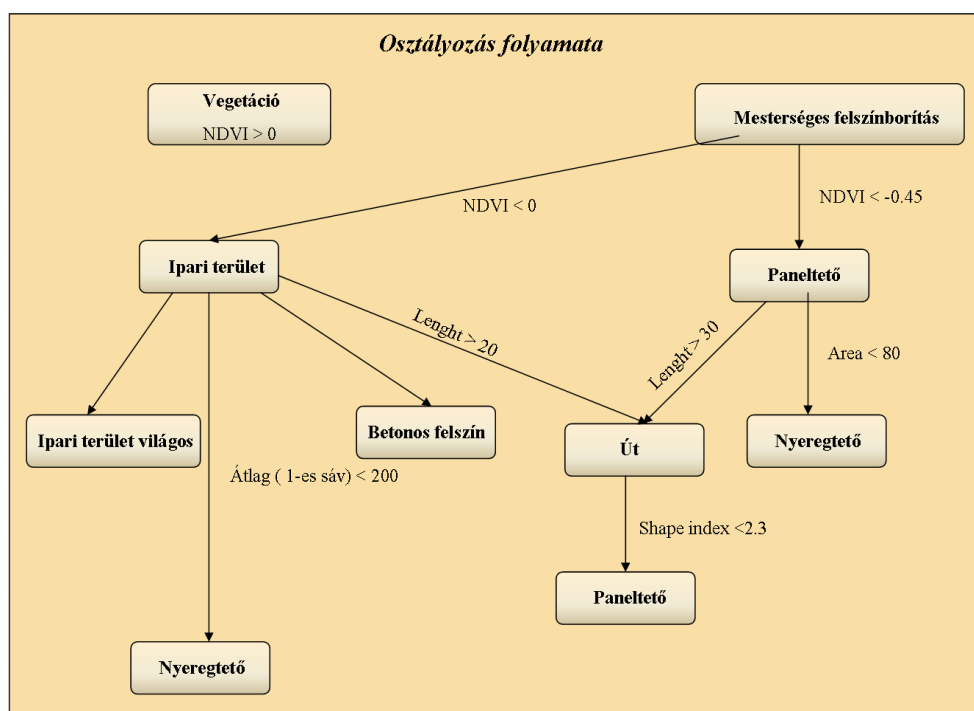
6.33. ábra Utak osztályozása

Az alábbi feltételek felállítása után készítettünk egy összefoglaló táblázatot, amelyben a kategóriák leválogatásának feltételei szerepelnek.

3. táblázat A folyamat során használt osztály jellemzői

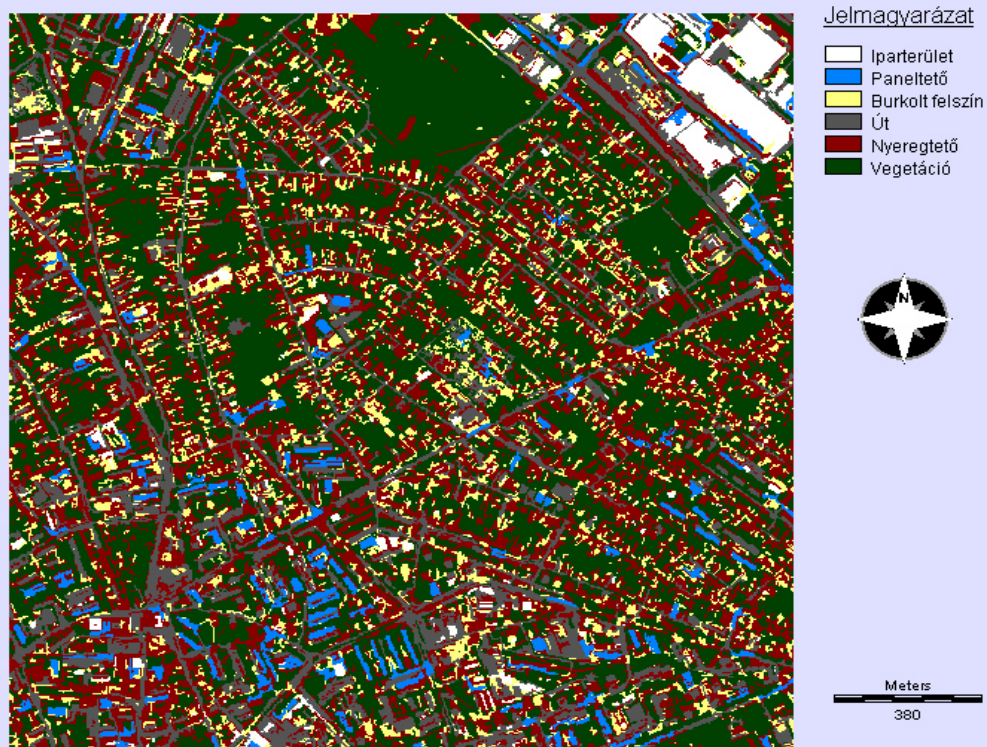
Kategóriák	Osztályozás alapja	Osztályozás	Kiegészítő információk
<i>Vegetáció</i>	NDVI index	$NDVI > 0$	Mean, NDVI, NBRI (tetőindex) Area, Length Length / Width Number of pixels Rectangular Fit Shape Index
<i>Ipari terület</i>	NDVI index	$Unclass > -0.2$	
<i>Ipari terület világos</i>	Átlag alapján az 1-es sávban	$Mean(1) = 255$	
<i>Betonos</i>	Merge	Merge Ipar terület	
<i>Út</i>	Length	$Length < 30$	
<i>Nyeregtető</i>	Átlag alapján az 1-es sávban	$Átlag < 200$	
<i>Paneltető</i>	NDVI index	$NDVI < -0.45$	
<i>+Utakhoz</i>	Area	$150 > Area > 300$	

A fent felsorolt feltételek szerint az osztályozás eredményeit a 6.35. ábrán ábrázoltuk.



6.34. ábra Osztályozás folyamata

Székesfehérvár egy részének mesterséges felszínborításai



6.35. ábra Tematikus térkép a vizsgált területről

7. Pontosságvizsgálat

A kiértékelés során minden egyes objektum a tematikus kategóriák valamelyikébe kerül besorolásra. Az azonos kategóriákba tartozó objektumok, spektrálisan ugyanúgy viselkednek. Azonban ez nem minden esetben egyértelmű, így hibás besorolások történhetnek. Ennek következményei a tematikus osztályozási hibák, ezért van szükség az osztályozás pontosságának vizsgálatára. Ebben az esetben a teszteredület adatait összehasonlítjuk az osztályozással nyert tematikus térképpel. [Verőné, 2009]

A pontosságvizsgálat során kapott táblázat főátlójában a helyesen besorolt pixelek száma található. Az adott főátlótól való eltérés a hibás besorolásra utal. A sorban lévő eltérés az elsőfajú hiba, az oszlopban lévő eltérés az ún. másodfajú hiba. Az elsőfajú hibát, az adott kategóriából más kategóriába való besorolás jelenti. A másodfajú hibát pedig a más kategóriából az adott kategóriába való besorolás jelzi.

4. Táblázat Pontosságvizsgálat eredményei az Idrisi Taiga szoftveralkalmazásával nyert tematikus térkép esetében

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Elsőfajú hiba	Másodfajú hiba
S_Út	359	0	3	0	0	0	0	0	0	14	112	0	0	0.2643	0.0
V_Út	0	86	120	0	0	18	0	0	0	7	0	0	0	0.6277	0.6532
Parkoló	0	0	71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.7428
Lapos tető	0	0	0	379	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.5091
S_panel	0	43	0	0	171	168	0	0	0	64	0	0	0	0.6166	0.1576
V_panel	0	18	77	393	0	350	0	0	0	0	0	0	0	0.5823	0.3783
Ny_tető	0	0	0	0	0	0	1	50	0	0	0	0	0	0.9804	0.9855
Ny_tető2	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0.0	0.9048
B_tető	0	0	0	0	0	0	57	12	49	0	4	0	0	0.5984	0.3194
Sz_tető	0	100	5	0	0	26	0	0	0	147	0	0	0	0.4712	0.4167
Z_tető	0	0	0	0	32	0	0	0	0	16	121	0	0	0.2840	0.4895
Vegetáció	0	1	0	0	0	1	11	33	23	4	0	1190	0	0.0578	0.0
Víz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3326	0.0	0.0

5. Táblázat Pontosságvizsgálat eredményei az Ecognition Developer szoftverrel

	Iparterület	Paneltető	Burkolt felszín	Út	Nyeregtető	Vegetáció	Elsőfajú hiba	Másodfajú hiba
Iparterület	1595	8	141	0	0	0	0.0854	0.1255
Paneltető	0	1342	116	61	0	0	0.1165	0.0987
Burkolt felszín	37	5	132	7	3	0	0.2826	0.7227
Út	176	15	53	1214	30	0	0.1841	0.0906
Nyeregtető	0	107	34	38	75	0	0.7047	0.3119
Vegetáció	16	12	0	15	1	976	0.0431	0.0

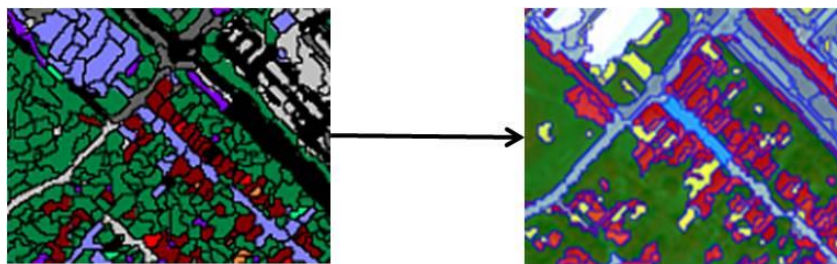
A pontosságvizsgálat alapján elmondható, hogy az Idrisi szoftverrel végzett művelet 69%-os pontos besorolást hajtott végre, az Ecognition szoftverben pedig 81%-osan sorolta be az egyes pixeleket a megfelelő kategóriákba. Az elsőfajú hiba a hibás besorolást mutatja adott kategórián belül, és ha az eredményeket összehasonlítjuk, akkor az Ecognition szoftverrel végzett osztályozás sokkal jobbnak bizonyult.

8. A szegmens alapú osztályozási eljárások összehasonlítása

Az eredmények összehasonlítása során megállapítható, hogy az Ecognition Developer szoftverrel végzett kiértékelés pontosabb eredményeket adott. Az Idrisi Taiga szoftverrel végzett szegmentálás során a határvonalak töredezettsége csökken, a melléosztályozások mértéke is nagyban csökken a pixel alapú osztályozáshoz képest. Az osztályozási pontosság nőtt, de nem olyan mértékben, mint az Ecognition szoftverrel végzett osztályozás. Ez annak a következménye, hogy ez a szoftver az objektumoknak nemcsak a spektrális tulajdonságait, de a szegmensek alakját, méretét, színét, geometriai viszonyokat, az intenzitási értékeket és a szomszédsági viszonyokat veszi figyelembe.



8.1. ábra Az Idrisi Taiga és az Ecognition szoftverrel kapott eredmények összehasonlítása



8.2. ábra Összehasonlítás egy kivágaton

9. Székesfehérvár terjeszkedési vizsgálata

A felszínborítás változásának vizsgálatához katonai felmérések, topográfiai felmérések, egyéb térképek és űrfelvételek kiértékelésének eredményeit vettem alapul. Ezeken a felvételeken jól látható Székesfehérvár beépített területeinek növekedése és a város terjeszkedése.

Katonai felmérés (1819 – 1869)

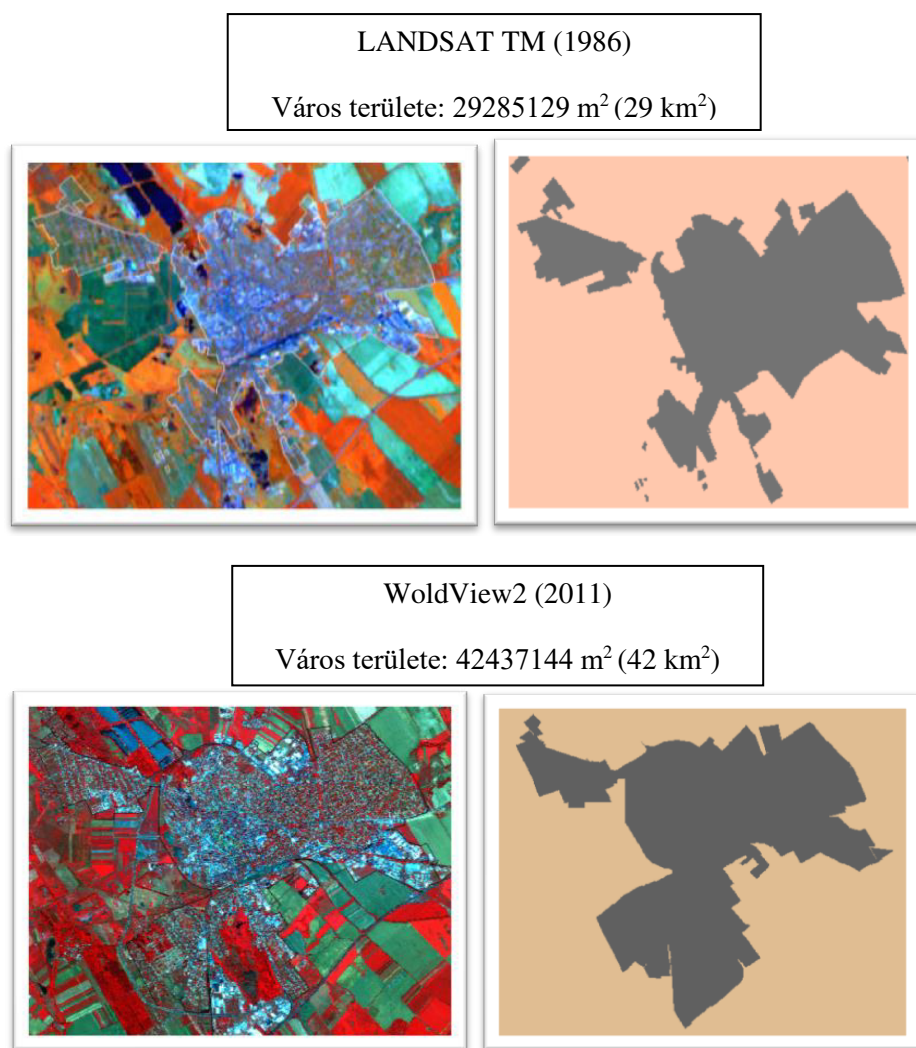
Város területe: 4359940 m² (4.4 km²)



Székesfehérvár térkép (1921)

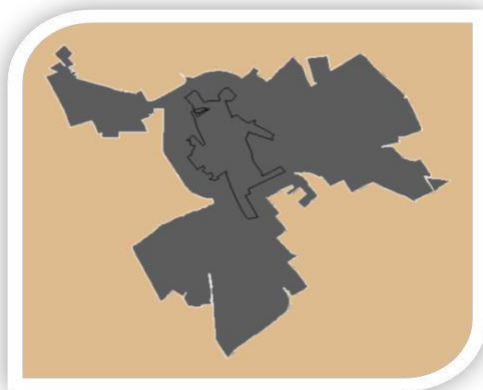
Város területe: 13753401 m² (13.8 km²)





9.1. ábra Székesfehérvár terjeszkedése 1819 és 2011 között különböző felvételeken

A legszembeütőbb változás az idő múlásával a város belterületének terjeszkedése. 1819-ben a város területe 4,4 km² volt, amely 2011-re 42 km² lett. Ez a mai állapot egy WorldView felvételen jól megfigyelhető. A városon belül további városrészek keletkeztek.



9.2. ábra Az 1819-es és a 2011-es állapot összehasonlítása

Összefoglalás

A várost, mint ökológiai rendszert vizsgáltuk távérzékelés segítségével, Székesfehérvár területére vonatkozóan.

A feldolgozás célja az volt, hogy meghatározzuk a Székesfehérvár területén lévő mesterséges felszínborításokat, és különböző osztályozási módszerek segítségével feltérképezzük ezeket. További céljaink közé tartozott, a beépített területek növekedésének nyomonkövetése, a különböző tematikus kategóriák (pl. eltérő tetőszerkezetek, utak) spektrális jellemzőinek vizsgálata, a város teljes belterületére vonatkozóan a beépített területek feltérképezése.

Vizsgálatainkhoz egy Landsat TM felvétel, ortofotó, valamint egy WorldView-2 felvétel állt rendelkezésünkre. A felvételek geometriai korrekciója után, különféle színkompozítók előállítását hajtottuk végre, melyeket felhasználtuk a tanulóterületek definiálásához és mesterséges felszínborítás spektrális jellemzőinek vizsgálatához. A pixel- és szegmensalapú osztályozási módszer segítségével vizsgáltuk Székesfehérvár mesterséges felszíneinek területi értékeit. A panelházak esetében a területi érték pixel-alapú osztályozás esetén 573.54 ha, szegmens alapú osztályozás esetén ez az érték, 652.88 ha. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a szegmensalapú osztályozás jóval megbízhatóbb eredményekkel szolgál a pixelalapú osztályozáshoz képest. A felszínborítási kategóriák kiértékelése során arra jutottunk, hogy bizonyos kategóriákat nem lehet egyértelműen elkülöníteni egymástól. Ilyenek voltak, például a sötét tetejű panelház intenzitási értékét azonosnak tekintette a sötét színű út értékével, valamint a lapos tető és a parkolók intenzitási értékeit is hasonlóan vette, tehát azonos kategóriába sorolta.

A megoldást olyan szoftver alkalmazásában találtam, amelyek osztályozásánál nemcsak az intenzitási értékeket veszik figyelembe, de az objektum alakját, méretét illetve az objektumok szomszédsági viszonyait. A mesterséges felszínborítás elkülönítéséhez, térképezéséhez a továbbiakban Ecognition szoftvert alkalmaztunk, mely lehetőséget ad a fent említett paraméterek szegmentálás során történő figyelembevételéhez. A pontosságvizsgálat során egyértelműen megállapítható, hogy az Ecognition szoftverrel végzett osztályozás 81%-os pontosságot ért el, míg a korábbi szoftverrel, ez az érték csak 69%. A szegmentálás művelete mindegyik alkalommal, jól elkülöníthető szegmenseket

hozott létre. Az osztályozás végrehatása során megfelelő feltételek felállításával, az egyes kategóriák besorolásra kerültek.

Ezen adatok ismeretében nyomon követhettük Székesfehérvár mesterséges felszíneinek nagyságát, valamint további kiértékeléseket végezhattünk. 1819-ben a város területe 4,4 km² volt, amely 2011-re 42 km² lett.

Ábrajegyzék

2.1. ábra Az elektromágneses hullám összetevő. E – elektromágnes tér, M – mágneses tér, C – fénysebesség, λ - hullámhossz	6
2.2. ábra A fő felszínborítások spektrális reflektanciája. Forrás: Csornai G. - Dalia O,1991	9
2.3. ábra A különböző pásztázó rendszerek felépítése és működésük. Forrás: Mucsi L. 2004	9
2.4. ábra World View 2 szinkompozit (részlet)	9
3.1. ábra Település környezetre gyakorolt hatásának néhány eleme.....	9
3.2. ábra Urban Atlas Székesfehérvár tematikus térképe	9
3.3. ábra Eltérő geometriai felbontású felvételek, „kevert” pixelek (különböző felszínborítás visszaverődése egy pixelen belül) Landsat TM felvételen	9
3.4. ábra Anyagminőségi eltérések az úthálózaton belül.....	9
3.5. ábra Jellemző városi anyagok spektrális visszaverődés egyszerűsített görbéje és a LANDSAT ETM + szenzor sávjai	9
4.1. ábra Székesfehérvár belterületének egy része	16
4.2. ábra Székesfehérvár városának térbeli tagozódása.....	9
5.1. ábra Ecognition Developer szoftver kezelőfelülete	9
6.1. ábra Egy illesztőpont elhelyezkedése (épület sarokpontja) műholdas felvételen.....	9
6.2. ábra Illesztőpontok kiválasztása	21
6.3. ábra Illesztőpontok egyes paraméterei és átszámítási hibái	22
6.4. ábra A szinkompozit előállítása	9
6.5. ábra Egy objektum eltérő megjelenése különböző szinkompozíton.....	9
6.6. ábra Szinkompozit, a 2, 4, 7-es sávokra	9
6.7. ábra Az automatikus osztályozás.....	9
6.8. ábra Mesterséges felszínborítások és vegetáció megjelenése szinkompozíton	9
6.9. ábra Különféle beépítettségű területek	26

6.10. ábra Jellegzetes cseréptető szerkezet és ipartelepek	26
6.11. ábra Egyes tanulóterületek elhelyezkedése a felvételen	28
6.12. ábra Scatterplott ábra bemutatása	29
6.13. ábra Mesterséges (beépített) felszínborításra jellemző intenzitási értékek.....	30
6.14. ábra Intenzitási értékek megjelenítése a 8 sávon belül	30
6.15. ábra Minimum distance osztályozás eredménye	31
6.16. ábra Maximum likelihood osztályozás eredménye.....	32
6.17. ábra Tematikus térkép a teljes mintaterületre, valamint egy részlet a belvárosról pixel alapú osztályozásnál.....	33
6.18. ábra Egy felvétel (részlet) szegmentálásának eredménye különböző tolerancia értékek esetén.....	34
6.19. ábra Tematikus térkép a teljes mintaterületre, valamint egy részlet a belvárosról, szegmens alapú osztályozásnál.....	35
6.20. ábra Szegmens alapú osztályozás, különböző térszerkezetű városrészekben	36
6.21. ábra A két osztályozással nyert tematikus kategóriák területi értékeinek kimutatása	38
6.22. ábra Pixel-alapú és szegmens alapú osztályozás közötti eltérés.....	38
6.23. Vizsgált terület színek kompozíciója	40
6.24. ábra Szegmentálás eredménye 30-20-10-es toleranciaértékekkel	41
6.25. ábra Egy képrészlet ábrázolása különböző tolerancia értékekkel.....	42
6.26. ábra A szegmentálás finomítása	43
6.27. ábra A vegetáció és a mesterséges felszínborítások elkülönítése	44
6.28. ábra Ipari területek osztályozása.....	45
6.29. ábra Panelházak elkülönítése műholdas felvételen és az osztályozás	45
6.30. ábra Nyeregtetők és a paneltetők osztályozása az első feltétel felállítása után	46
6.31. ábra Családi házas övezet a helyes feltétel megállapítása után	47
6.32. ábra Vizsgált terület utcahálózata Idrisi Taiga szoftverben-ban.....	48
6.33. ábra Utak osztályozása	48

6.34. ábra Osztályozás folyamata	50
6.35. ábra Tematikus térkép a vizsgált területről.....	50
8.1. ábra Az Idris Taiga és az Ecognition szoftverrel kapott eredmények összehasonlítás	53
8.2. ábra Összehasonlítás egy kivágaton	53
9.1. ábra Székesfehérvár terjeszkedése 1819 és 2011 között különböző felvételeken	55
9.2. ábra Az 1819-es és a 2011-es állapot összehasonlítása	56

Táblázatjegyzék

1. táblázat A felhasznált távérzékelési adatok	188
2. táblázat A két osztályozással nyert tematikus kategóriák területi adatai.....	37
3. táblázat A folyamat során használt feltételek	49
4. táblázat Pontosságvizsgálat eredményei az Idrisi Taiga szoftverrel.....	51
5. táblázat Pontosságvizsgálat eredményei az Ecognition Developer szoftverrel	52

Irodalomjegyzék

1. Czimber, K. (2001): Geoinformatika. Elektronikus jegyzet. Szegedi Tudományegyetem, Szeged

<http://www.geo.u-szeged.hu/~joe/fotogrammetria/GeoInfo/index.htm>
2. EEA (2009): About Urban Atlas

http://dataservice.eea.europa.eu/map/UrbanAtlasBeta/about_urbanatlas.html
3. FÖMI, (2011): Nemzeti Űrfelvétel Archivum: Landsat műholdak. Földmérési és Távérzékelési Intézet, Budapest

<http://www.fomi.hu/portal/index.php/termekeink/urfelvetelek/nemzeti-urfelvetel-archivum-landsat-mholdak>
4. Henits, L., Mucsi, L. (2010): Település beépítettségének mérése idősoros vegetációs index alapú elemzéssel. In: Geodézia és Kartográfia 62 (10): p. 10-17.

<http://www.fomi.hu/honlap/magyar/szaklap/2010/10/2.pdf>
5. Jung A. (2005) : Spektrális információk alkalmazása a városklíma-kutatásban
6. Központi Statisztikai Hivatal: Nagyvárosok belső tagozódása, Székesfehérvár
7. Kollár Szilvia, (2010): Objektum alapú vizsgálat vizes élőhelyek példáján

<http://www.geo.info.hu/gisopen/gisopen2010/eloadasok/pdf/kollar.pdf>
8. Mezősi, G., Mucsi, L., Rakonczai, J., Géczi, R. (2007): A városökológia fogalma, néhány elméleti kérdése. In: Mezősi, G. (szerk.) (2007): Városökológia. JATEPress, Szeged, p. 9-17.
9. Nagy I. (2009): A városökológia elméleti megközelítése

<http://www.sci.u-szeged.hu/eghajlattan/baba/NagyImre.pdf>

10. Podmaniczky, L. (2009): Távérzékelés. Elektronikus jegyzet. Szent István Egyetem, Gödöllő

http://www.ktg.gau.hu/~podma/terinfo/4_fejezet.htm
11. Stibrányi Máté , Eke István, Padányi Gulyás Gergely, (2010) :
http://sirasok.blog.hu/2010/09/16/otszaz_negyzetkilometer_repulve_es_gyalog
12. Trimble: eCognition Developer 8:
<http://www.ecognition.com/products/ecognition-developer&usg=ALkJrhjLnt121aG4X9hpcb3ZYumq86HKQ>
13. Verőné Wojtaszek, M. (2007): Távérzékelés. Kézirat. Nyugat-magyarországi Egyetem, Székesfehérvár, p. 172.

Mellékletek

1. Pontosságvizsgálat eredménye Idrisi Taiga Szoftverre
2. Pontosságvizsgálat eredménye Ecognition Developer Szoftverre

Pontosságvizsgálat eredménye Idrisi Taiga szoftverre

Error Matrix Analysis of REF_IDRISI (columns : truth) against
BELTERULET_2011_SZEG (rows : mapped)

	1	2	3	4	5	

1	359	0	3	0	0	0.2643
2	0	86	120	0	0	0.6277
3	0	0	71	0	0	0.0000
4	0	0	0	379	0	0.0000
5	0	43	0	0	171	0.6166
6	0	18	77	393	0	0.5823
7	0	0	0	0	0	0.9804
8	0	0	0	0	0	0.0000
9	0	0	0	0	0	0.5984
10	0	100	5	0	0	0.4712
11	0	0	0	0	32	0.2840
12	0	1	0	0	0	0.0578
13	0	0	0	0	0	0.0000

Total	359	248	276	772	203	
ErrorO	0.0000	0.6532	0.7428	0.5091	0.1576	

	6	7	8	9	10	

1	0	0	0	0	14	0.2643
2	18	0	0	0	7	0.6277
3	0	0	0	0	0	0.0000

4	0	0	0	0	0	0.0000
5	168	0	0	0	64	0.6166
6	350	0	0	0	0	0.5823
7	0	1	50	0	0	0.9804
8	0	0	10	0	0	0.0000
9	0	57	12	49	0	0.5984
10	26	0	0	0	147	0.4712
11	0	0	0	0	16	0.2840
12	1	11	33	23	4	0.0578
13	0	0	0	0	0	0.0000

Total	563	69	105	72	252	
ErrorO	0.3783	0.9855	0.9048	0.3194	0.4167	

	11	12	13	Total	ErrorC

1	112	0	0	488	0.2643
2	0	0	0	231	0.6277
3	0	0	0	71	0.0000
4	0	0	0	379	0.0000
5	0	0	0	446	0.6166
6	0	0	0	838	0.5823
7	0	0	0	51	0.9804
8	0	0	0	10	0.0000
9	4	0	0	122	0.5984
10	0	0	0	278	0.4712
11	121	0	0	169	0.2840
12	0	1190	0	1263	0.0578

13	0	0	3326	3326	0.0000

Total	237	1190	3326	7672	
ErrorO	0.4895	0.0000	0.0000	0.1840	

ErrorO = Errors of Omission (expressed as proportions)

ErrorC = Errors of Commission (expressed as proportions)

90% Confidence Interval = +/- 0.0073 (0.1768 - 0.1913)

95% Confidence Interval = +/- 0.0087 (0.1754 - 0.1927)

99% Confidence Interval = +/- 0.0114 (0.1726 - 0.1955)

KAPPA INDEX OF AGREEMENT (KIA)

Using BELTERULET_2011_SZEG as the reference image ...

Category	KIA
-----	-----

1	0.7227
2	0.3513
3	1.0000
4	1.0000
5	0.3666
6	0.3715
7	0.0107
8	1.0000

9	0.3960
10	0.5128
11	0.7069
12	0.9316
13	1.0000

REF_IDRISI

Category	KIA
-----	-----

1	1.0000
2	0.3265
3	0.2503
4	0.4645
5	0.8326
6	0.5753
7	0.0079
8	0.0941
9	0.6754
10	0.5677
11	0.4995
12	1.0000
13	1.0000

Overall Kappa = 0.6996

Pontosságvizsgálat eredménye Ecognition Developer szoftverre

Error Matrix Analysis of REF_ECOGN (columns : truth) against ECOGN (rows : mapped)

	1	2	3	4	5	

1	1595	8	141	0	0	0.0854
2	0	1342	116	61	0	0.1165
3	37	5	132	7	3	0.2826
4	176	15	53	1214	30	0.1841
5	0	107	34	38	75	0.7047
6	16	12	0	15	1	0.0431

Total	1824	1489	476	1335	109	
ErrorO	0.1255	0.0987	0.7227	0.0906	0.3119	

	6	Total	ErrorC

1	0	1744	0.0854
2	0	1519	0.1165
3	0	184	0.2826
4	0	1488	0.1841
5	0	254	0.7047
6	976	1020	0.0431

Total	976	6209	
ErrorO	0.0000		0.1409

ErrorO = Errors of Omission (expressed as proportions)

ErrorC = Errors of Commission (expressed as proportions)

90% Confidence Interval = +/- 0.0073 (0.1337 - 0.1482)

95% Confidence Interval = +/- 0.0087 (0.1323 - 0.1496)

99% Confidence Interval = +/- 0.0114 (0.1295 - 0.1523)

KAPPA INDEX OF AGREEMENT (KIA)

Using ECOGN as the reference image ...

Category	KIA
-----	-----
1	0.8790
2	0.8467
3	0.6939
4	0.7654
5	0.2827
6	0.9488

REF_ECOGN

Category	KIA
-----	-----
1	0.8254
2	0.8693
3	0.2552
4	0.8808
5	0.6748
6	1.0000

Overall Kappa = 0.8190