

Nyugat-magyarországi Egyetem
Geoinformatikai Kar

Különböző osztályozási eljárások alkalmazása mesterséges felszínek
térképezéséhez
TDK DOLGOZAT

Konzulens:
Verőné Dr. Wojtaszek Malgorzata

Készítette:
Klujber Anikó
Geoinformatikai kar

Székesfehérvár
2011.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	4
2. Távérzékelés, mint adatnyerés	5
2.1. Elektromágneses energia jellemzése	5
2.2. Földfelszín és az energia kölcsönhatása	6
2.3. Felvevőrendszerek	6
3. A városökológia.....	7
3.1. Városökológia feladata, kutatások.....	9
3.2. A városi területek kiértékelésének problémái	10
3.3. Heterogén városi felszínek spektrális összetettségének következménye	11
4. Kutatási terület jellemzése	12
4.1. Székesfehérvár földrajzi elhelyezkedése, kialakulásának főbb állomásai	12
4.2. A város térbeli tagozódása	12
5. Felhasznált adatok, szoftverek jellemzése	13
6. A műholdas felvételek kiértékelése	14
6.1. Előfeldolgozási műveletek	15
6.1.1. Geometriai transzformáció	15
6.1.2. Színkompozit előállítás.....	17
6.3. Műholdas felvételek osztályozása és tematikus térképek készítése	19
6.3.1. Tanuló területek alapján történő osztályozás.....	19
6.3.2. Tanuló területek spektrális jellemzői	22
6.3.3. Pixel-alapú osztályozások	24
6.3.4. Objektum orientált osztályozás.....	26
6.3.5. A szegmens alapú osztályozás és a pixel-alapú osztályozás összehasonlítása.....	30
7. Székesfehérvár terjeszkedési vizsgálata.....	32
8. Összefoglalás	34
Ábrajegyzék	35

Táblázatjegyzék	36
Irodalomjegyzék	37

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 tárolókapacításra, megfelelő hardverekre és szoftverekre. A távérzékelési eljárások nagy területről szolgáltatnak adatokat. Bár csak részleges információt szolgáltatnak a földfelszín egy darabjáról, más adatokkal összevonva, elemezve jelentősen hozzájárulnak a földfelszíni folyamatok leírásához. A távérzékelési eszközök széles skálája gyűjti a multispektrális, pozíció- és egyéb adatokat a földfelszín legkülönbözőbb jelenségeiről, rétegeiről, felületeiről. Természetesen az egyes érzékelők a rendszer által meghatározott fizikai mennyiségeket mérik, és ennek megfelelően értelmezhető maga az objektum, amiről a felvétel készül. A távérzékelési 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 vizsgáltam. A mintaterületet Székesfehérvár képezi. A városi környezet vizsgálatához, légi- és űrfelvételeket használtunk fel. A távérzékelési adatokból származtatott tematikus kategóriák azonosításához, feltérképezéséhez, több osztályozási eljárást alkalmaztam.

Célkitűzés

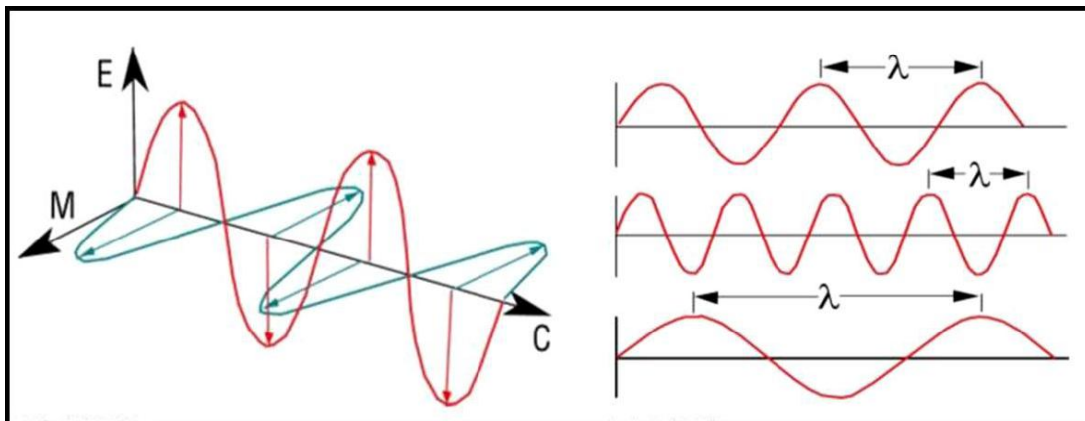
- A beépített területek növekedésének nyomon követése
- Távérzékeléssel detektálható kategóriák meghatározása
- A különböző tematikus kategóriák (pl. eltérő tetőszerkezetek, utak) spektrális jellemzőinek vizsgálata
- A város teljes belterületére vonatkozóan beépített területek feltérképezése
- szuper 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.



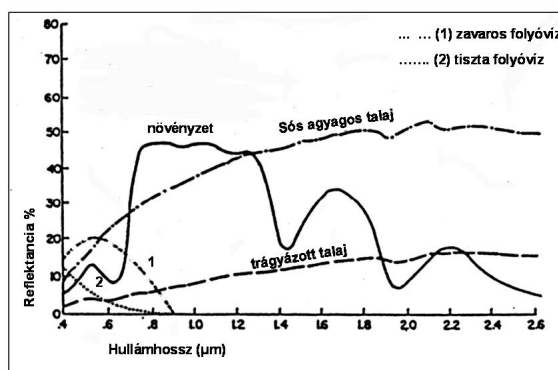
2.1. ábra Az elektromágneses hullám összetevő. E – elektromágnes tér, M – mágneses tér, C – fénysebesség, λ - hullámhossz

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 felszínekre 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 legváltozób 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.

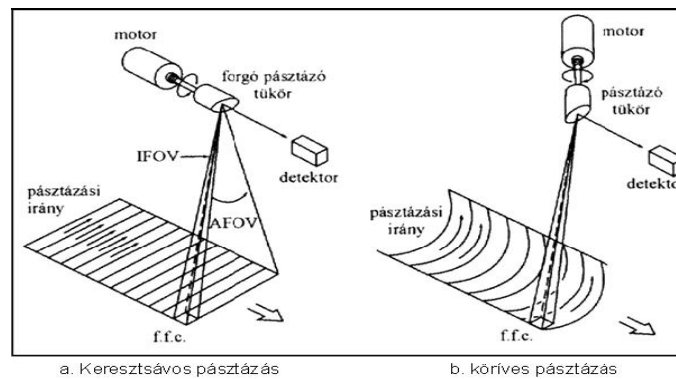
A talajoknál fokozatosan emelkedő visszaverődést láthatunk, ez azonban a talaj fizikai és kémiai tulajdonságaitól függ. Például: a talaj humusztartalmának növekedése a reflektancia csökkentésével jár. A reflektancia továbbá a nedvességtartalomtól, szemcseméretől, sótartalomtól is függ.

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

2.3. Felvevőrendszerek

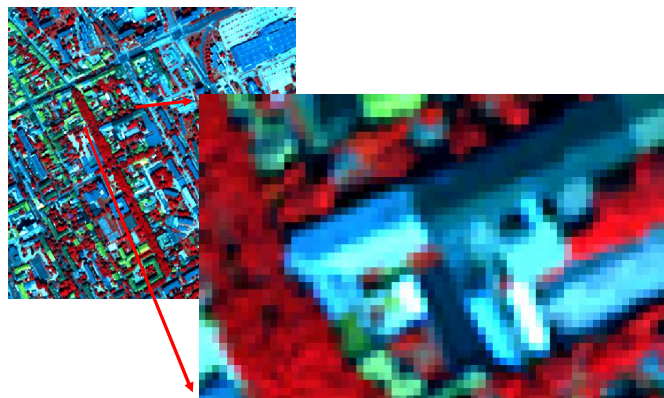
A távérzékelésben leggyakrabban alkalmazott szenzorok a kamerák és a pásztázó rendszerek. A kamera rendszer másik megnevezése az azonnali képkészítő rendszer. Jellemzője, hogy a vizsgált felszín teljes területéről egyszerre készíti a felvételt. A kamerák lencsége a képet a fókusz síkra vetíti. A zárszerkezet 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 kamerában 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.



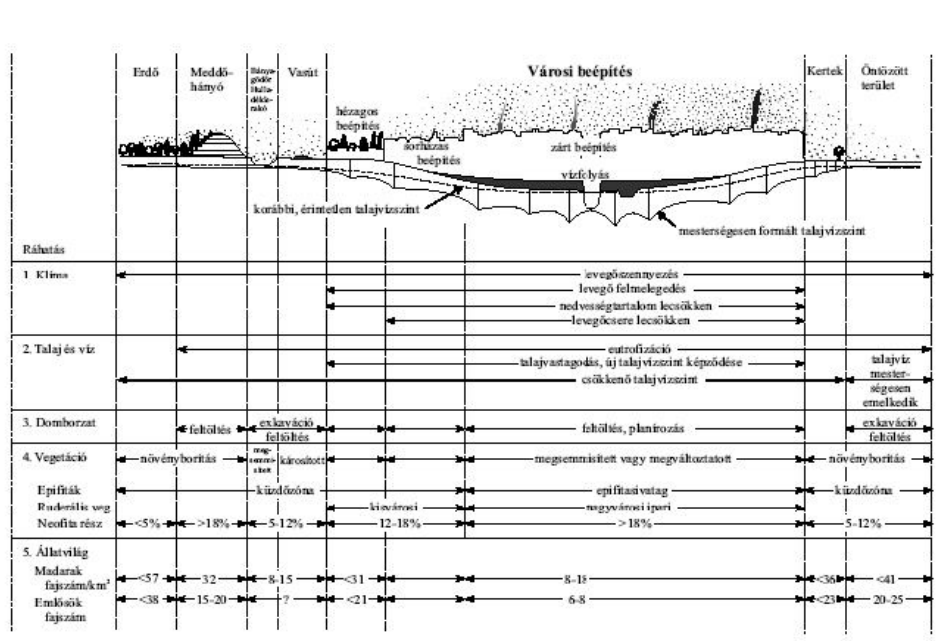
2.4. ábra World View 2 szinkompozít (részlet)

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 problematikusává 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.

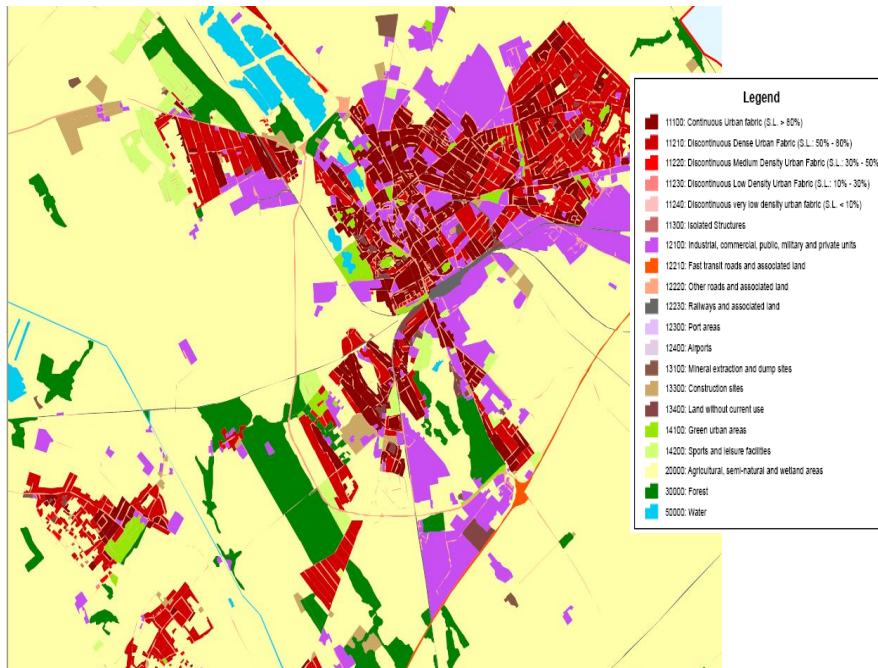
3.1.Városökológia feladata, kutatások

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

Az agglomerációk esetében pont ez a legkényesebb kérdés; vajon milyen indikátorok alapján határolhatjuk 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 nómenklatúra 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: 10000 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)

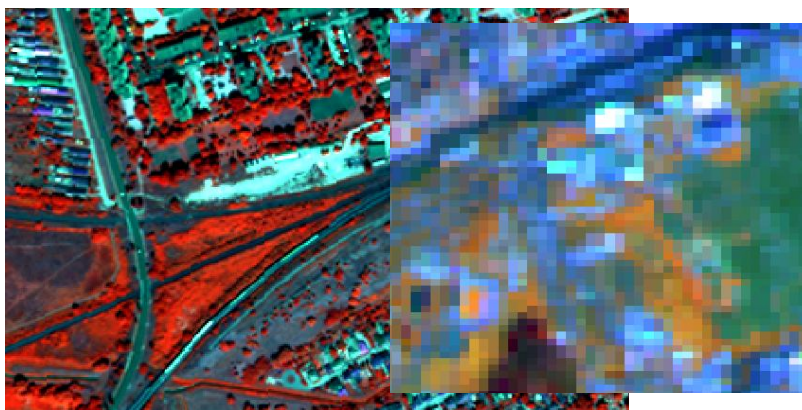


3.2. ábra Urban Atlas Székesfehérvár tematikus térképe Forrás:
<http://dataservice.eea.europa.eu/map/UrbanAtlasBeta/>

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.

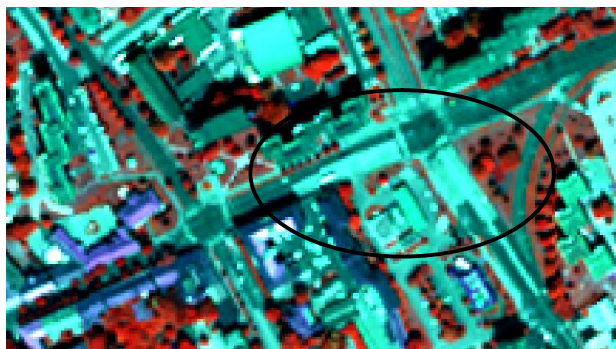
A városi területek nagyfelbontású műholdas adatok interpretációjának a problémája, hogy a felszínt borító egyes anyagok kisebb méretben reprezentáltak, mint a műholdkép felbontása, így a szenzorok által érzékelt pixelek összetett kompozíciója lesz az utak, fák, házak spektrális tulajdonságainak. Ennek 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 feltérképezésére. Ilyen feltérképezésnél a túl részletes adatok sem a legalkalmasabbak, 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

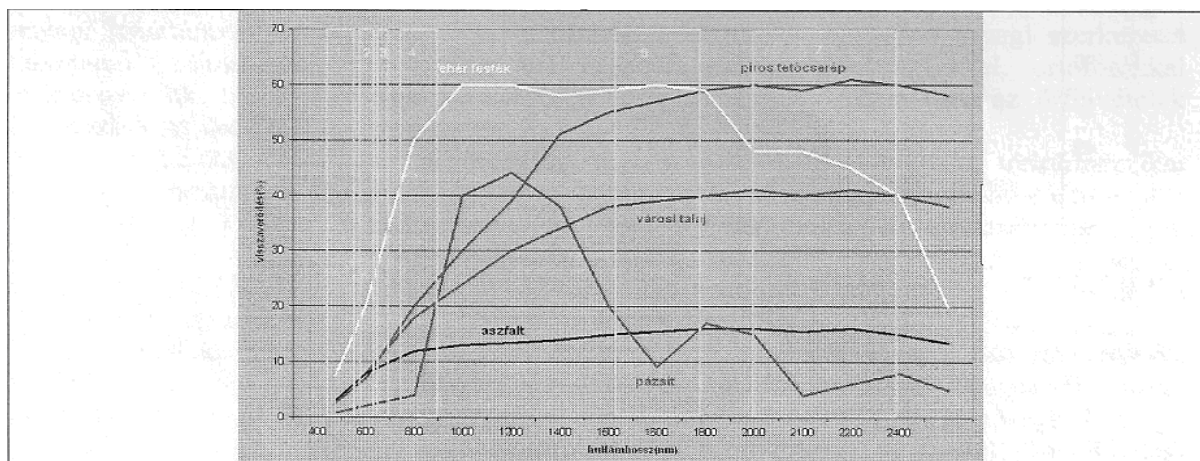
3.3. Heterogén városi felszínek spektrális összetettségének következménye

A cseréptetők és más mesterséges felszínek és 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 infra 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. (Ronczyk L. 2010)



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

4. Kutatási terület jellemzése

4.1. Székesfehérvár földrajzi elhelyezkedése, kialakulásának főbb állomásai

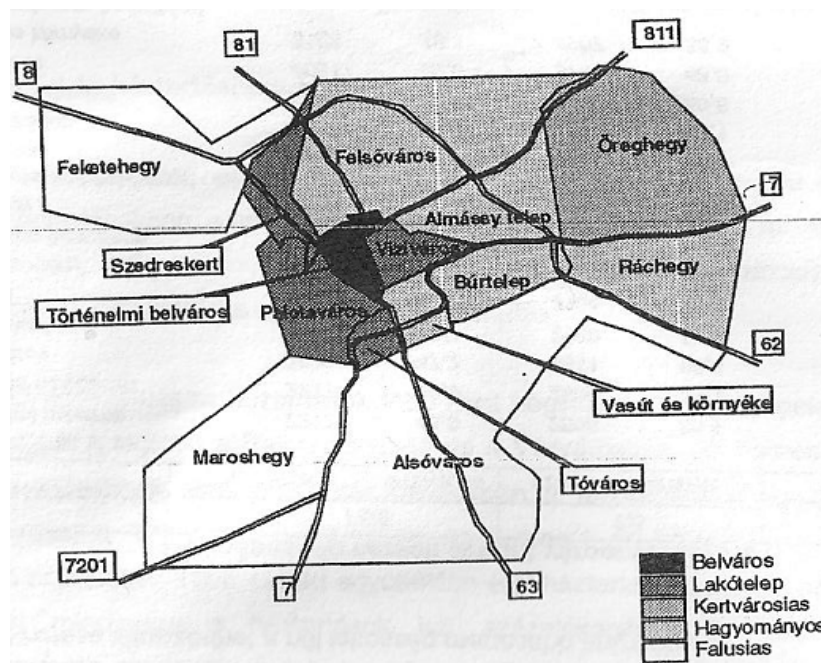
Székesfehérvár megyei jogú város a Velencei-hegység délnyugati letörésének peremén fekszik a Móri árok déli, mezőföldi nyílásában. Kedvező helyzetéből adódóan fontos közlekedési csomópont. A város alapjait Géza fejedelem fektette le, amikor székhelyét a mai belváros helyén alakította ki. Az államalapító 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

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 használtam 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>7 sáv: látható közeli, közepes infravörös</i>
<i>WorldView 2011</i>	<i>0.5 m / 2 m</i>	<i>8 sáv: látható, közeli infravörös</i>

IDRISI

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

Az Idrisi képfeldolgozási lehetőségei:

1. képhelyreállítás (image restoration): alapelve az, hogy megvizsgálja a vízfelületek szürkességi értékeit a felvétel összes sávjában.
2. képkiemelés (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.

6. A műholdas felvételek kiértékelése

A több időpontban készült (1986-2011), többsávos és több forrásból származó űrfelvételek elemzését IDRISI szoftverrel végeztem. Az előfeldolgozott űrfelvételeket több szempontból kiértékeltem. 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. 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. Geometriai transzformáció

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

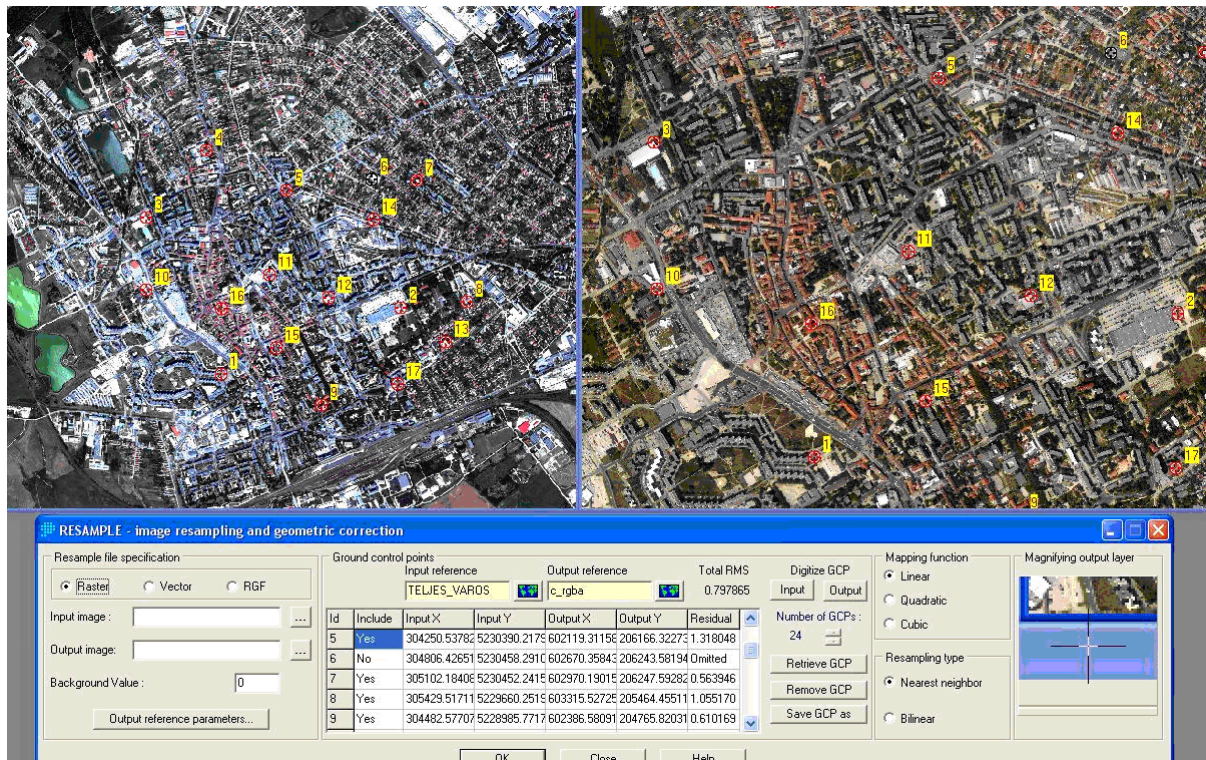
- a koordináta transzformáció paramétereinek meghatározására,
- pixelenkénti koordináta transzformációra és az újramintavételezésre.

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.



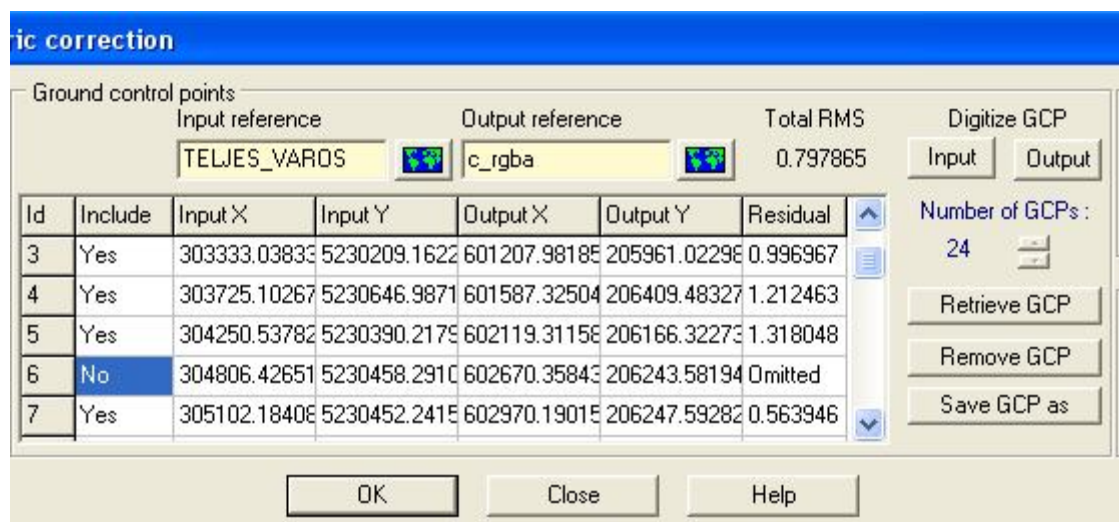
6.1. ábra Egy illesztőpont elhelyezkedése (épület sarokpontja) műholdas felvételen

Munkám során 20 darab illesztőpontot jelöltem ki, amelyek szétszórtnak helyezkednek el. A két különböző koordináta rendszer (UTM és EOTR) között megkeressük a függvénykapcsolatot, mely segítségével a nyers felvétel az EOVS rendszerbe átszámítható. Az átszámításhoz elsőfokú függvényt alkalmaztam. 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

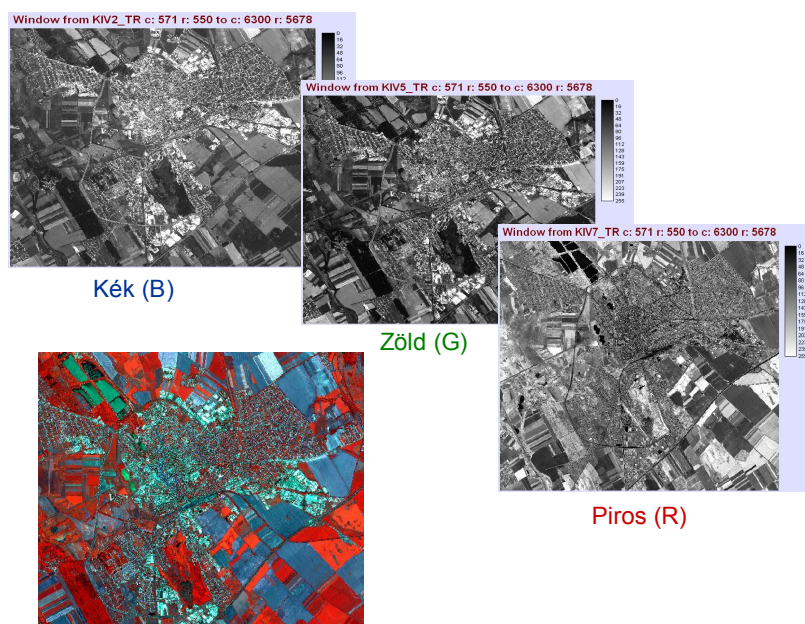
A megjelenített képen (6.3. ábra) egyes illesztőpontok adatai láthatóak:



6.3. ábra Illesztőpontok átszámítási hibái

6.1.2. Színkompozít előállítása

A WorldView felvétel 8 sávból áll, így a színkompozít 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 színkompozít előállításához kiválasztottam a látható spektrumtartomány 2-es (kék) és 5-ös (vörös) sávját, valamint a közeli infravörösben készült sávot.



6.4. ábra A színkompozít színei visszaverési sajátosságai, a mért hullámhossz tartományban a felvétel készítés időpontjában



6.5. ábra Egy objektum eltérő megjelenése különböző színekompozíton

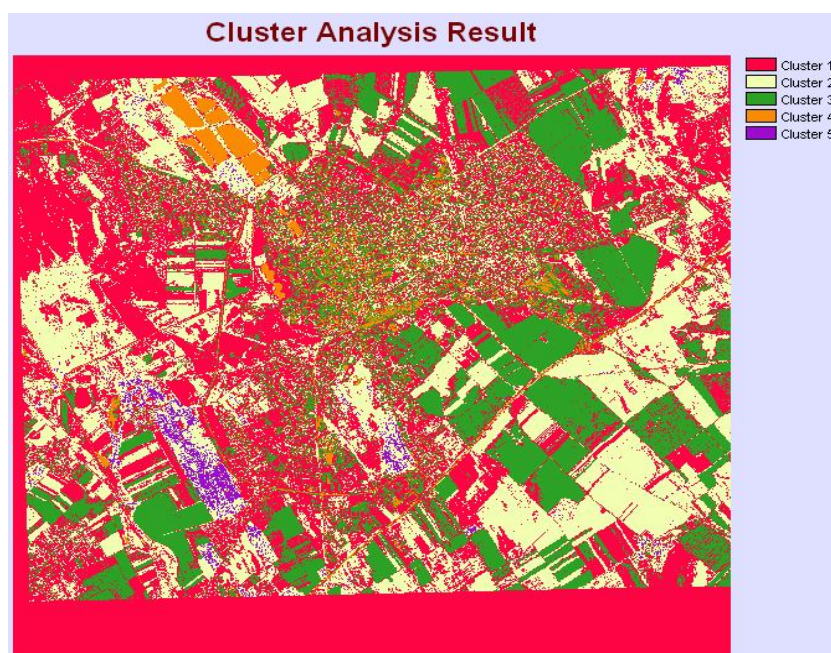


6.6. ábra Színekompozit, a 2, 4, 7-es sávokra

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

6.3. Műholdas felvételek osztályozása és tematikus térképek készítése

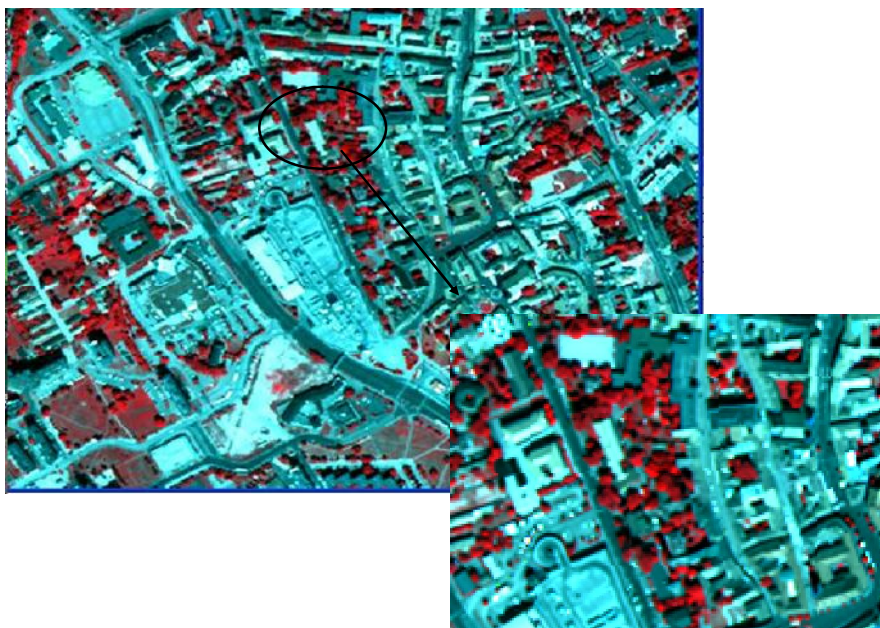
Az IDRISI térinformatikai szoftver és komoly képfeldolgozó modullal rendelkezik, amely többféle osztályozási lehetőséget biztosít. Az ellenőrzött osztályozás során az ismeretlen hovatartozású pixeleket az előre meghatározott célkategóriák valamelyikébe soroljuk be. Ehhez ismerni kell a célkategóriák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



6.7. ábra Az automatikus osztályozás

6.3.1. 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.



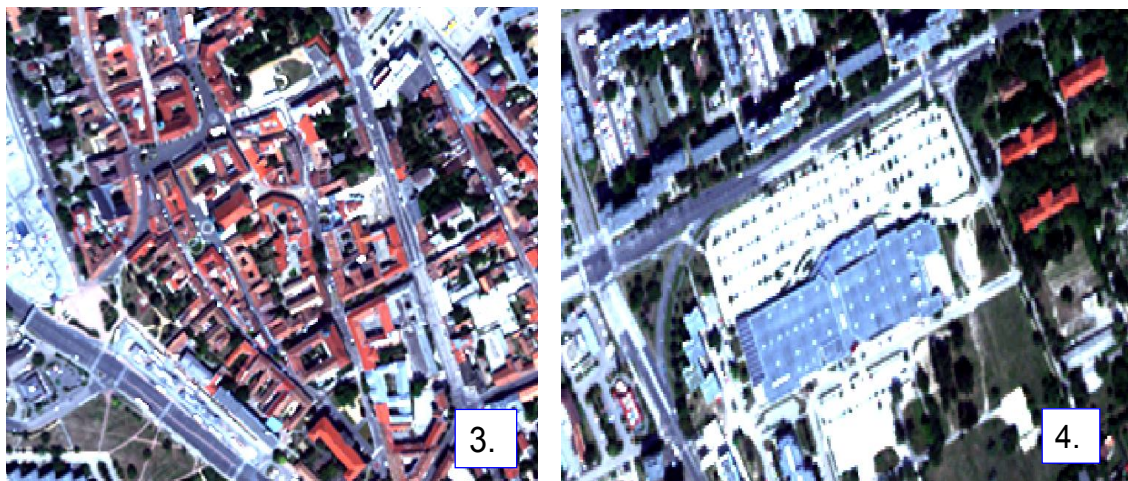
6.8. ábra Vegetációs és nem vegetációs részek elkülönítése

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 az látható, hogy a panelházak helyzete ellipszis formájú. 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 tetejének helyzete a 6.9.4. ábrán látható.

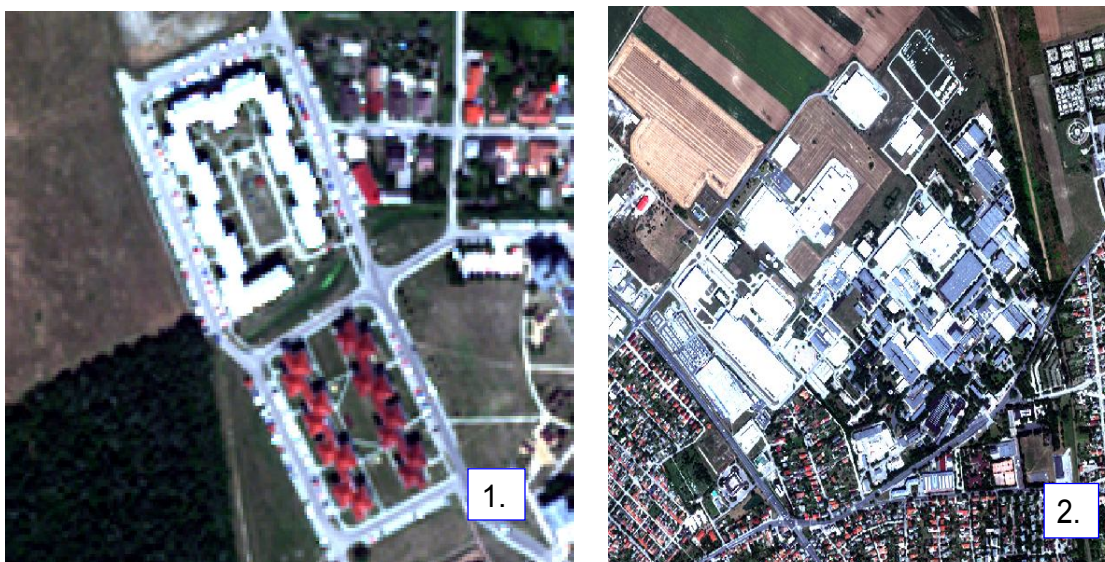




6.9. ábra Különféle beépítettségű területek

Érdekesség lehet még:

1. Két fajta társasház elhelyezkedése (6.10.1. ábra)
2. Ipartelepek (6.10.2. ábra)

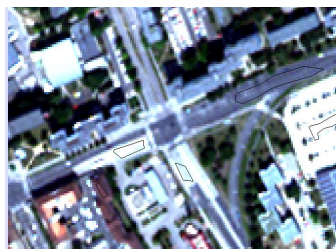


6.10. ábra Egyéb beépítettségű területek

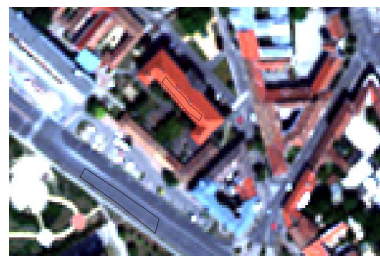
Célszerű külön azonosítani a különböző fafajtákat, vegetáció típusokat, figyelni kell az árnyékos területekre, tehát azokat külön kell azonosítani. Külön figyelmet fordítottam a mesterséges felszínnek elkülönítésére és azonosítására. A mesterséges felszínborítás elkülönítése alapvetően színek alapján történt, de figyelembe vettem 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 azonosítottam:

- lapostető
- piros nyerges tető
- panel teteje (sötét)

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



Útburkolat



Piros cseréptető



Szürke tető

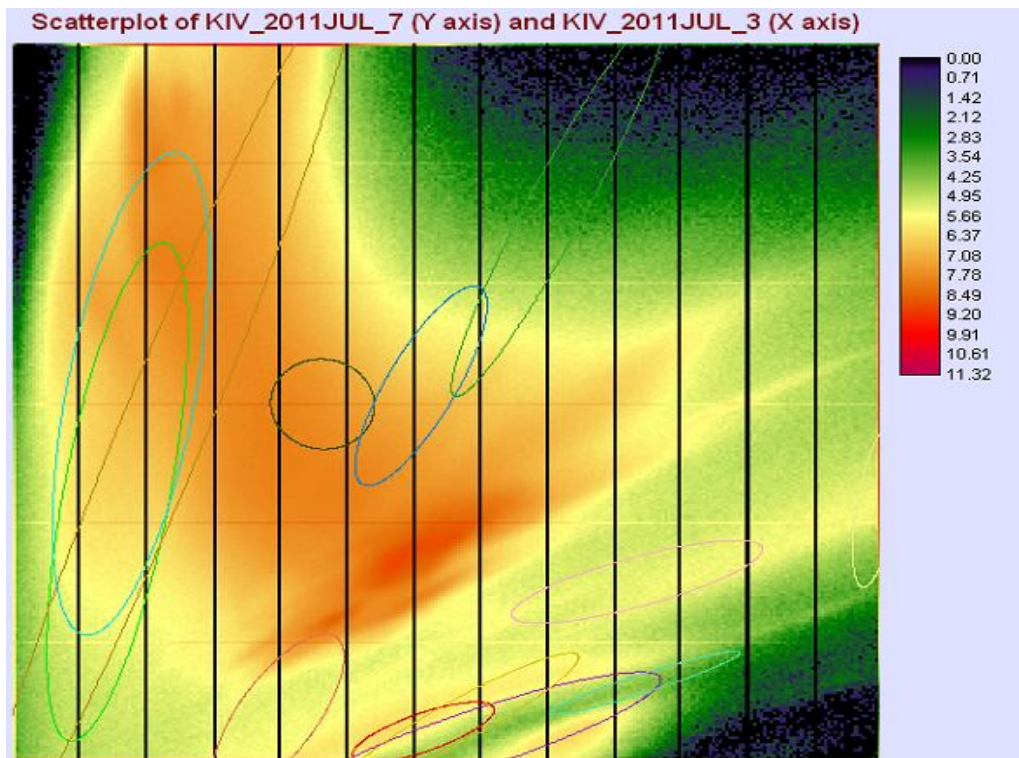


Lapos tető

6.11. ábra Egyes tanulóterületek elhelyezkedése a felvételen

6.3.2. Tanuló területek spektrális jellemzői

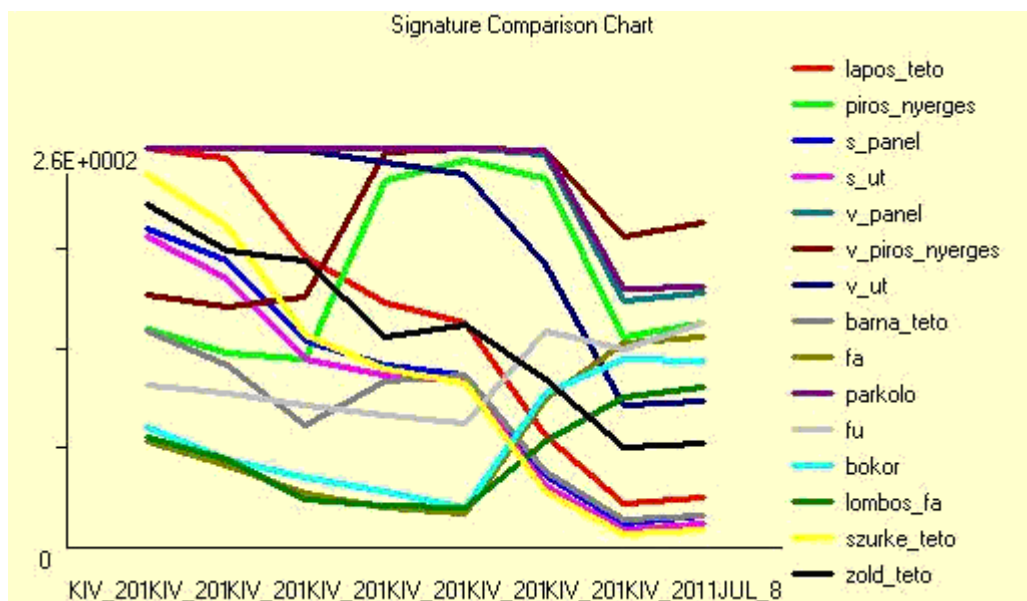
Tematikus kategóriák spektrális jellemzőit tanulóterületek alapján határozzuk meg és grafikonok segítségével vizsgálhatjuk a kategóriák elkülöníthetőségét.



6.12. ábra Scatterplott ábra bemutatása

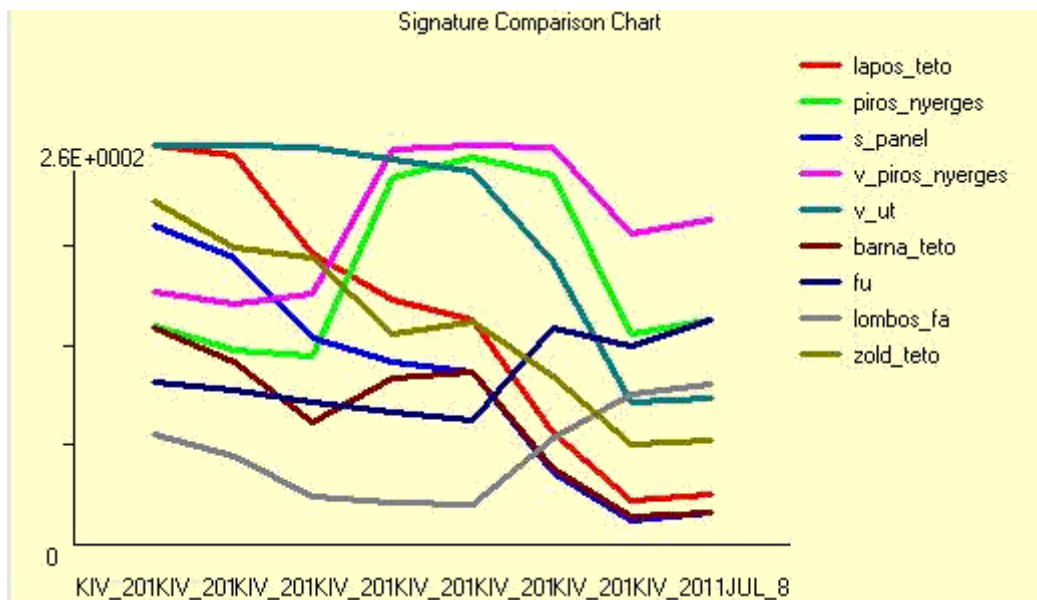
6.12. számú ábrán láthatók egyes tanulóterületek az intenzitási térben (7-es és a 3-as sáv). Jól látható, hogy mennyire elkülönülnek az épületek és a városi vegetáció. Az alsó ellipszisek az épületeket, a felsők pedig a vegetációt ábrázolják. A vegetáció egyes típusaira jellemző intenzitási értékek hasonlóak,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

A tanulóterületek további vizsgálata során, az s_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 Intenzitási értékek megjelenítése a 8 sávon belül

Vannak olyan kategóriák (pl.: zöld tető, lapos tető), amelyek mind a közeli infravörösben, mind a látható spektrumtartományban jól elkülöníthetők. 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 Mesterséges (beépített) felszínborításra jellemző intenzitási értékek

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

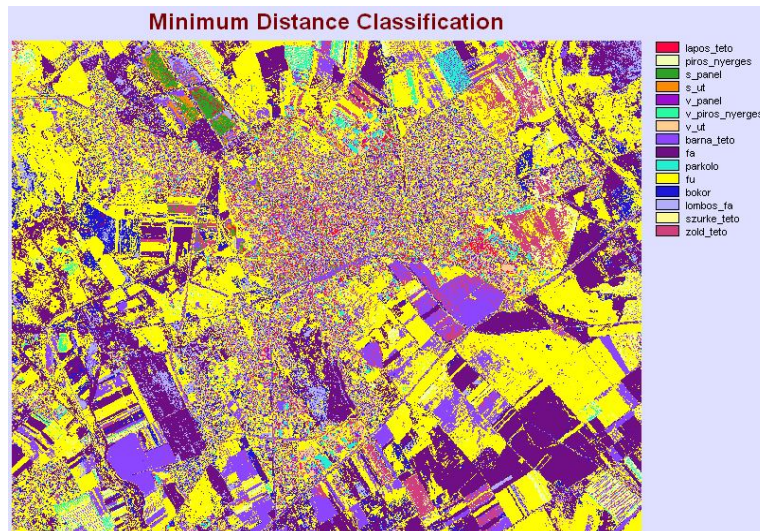
6.3.3. Pixel-alapú osztályozások

Az IDRISI komoly képfeldolgozó modullal rendelkezik, amely többféle osztályozási lehetőséget biztosít.

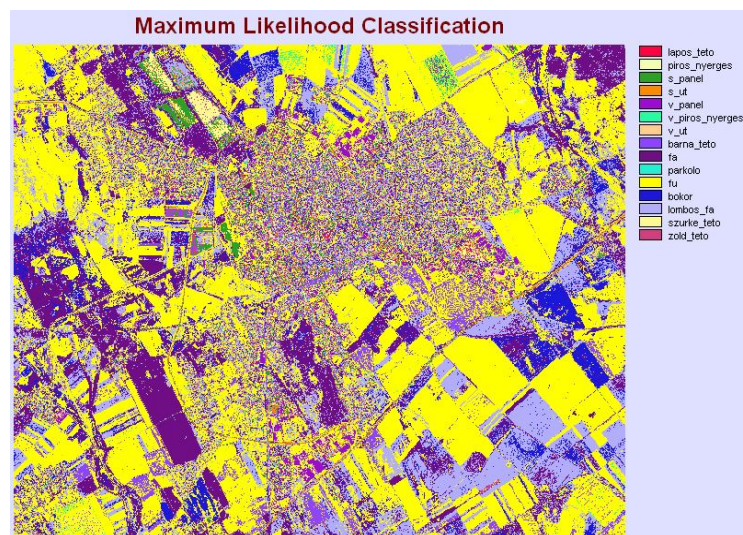
Az ismeretlen hovatartozású pixeleket az előre meghatározott célkategóriák valamelyikébe soroljuk be. Ehhez ismerni kell a célkategóriák spektrális tulajdonságait, vagyis a kategóriákra jellemző leíró statisztikákat és előfordulási gyakoriságukat. A számítógépes osztályozás, képpontokon alapuló műveleteket,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

6.3.3.1. Pixel-alapú osztályozás eredménye

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

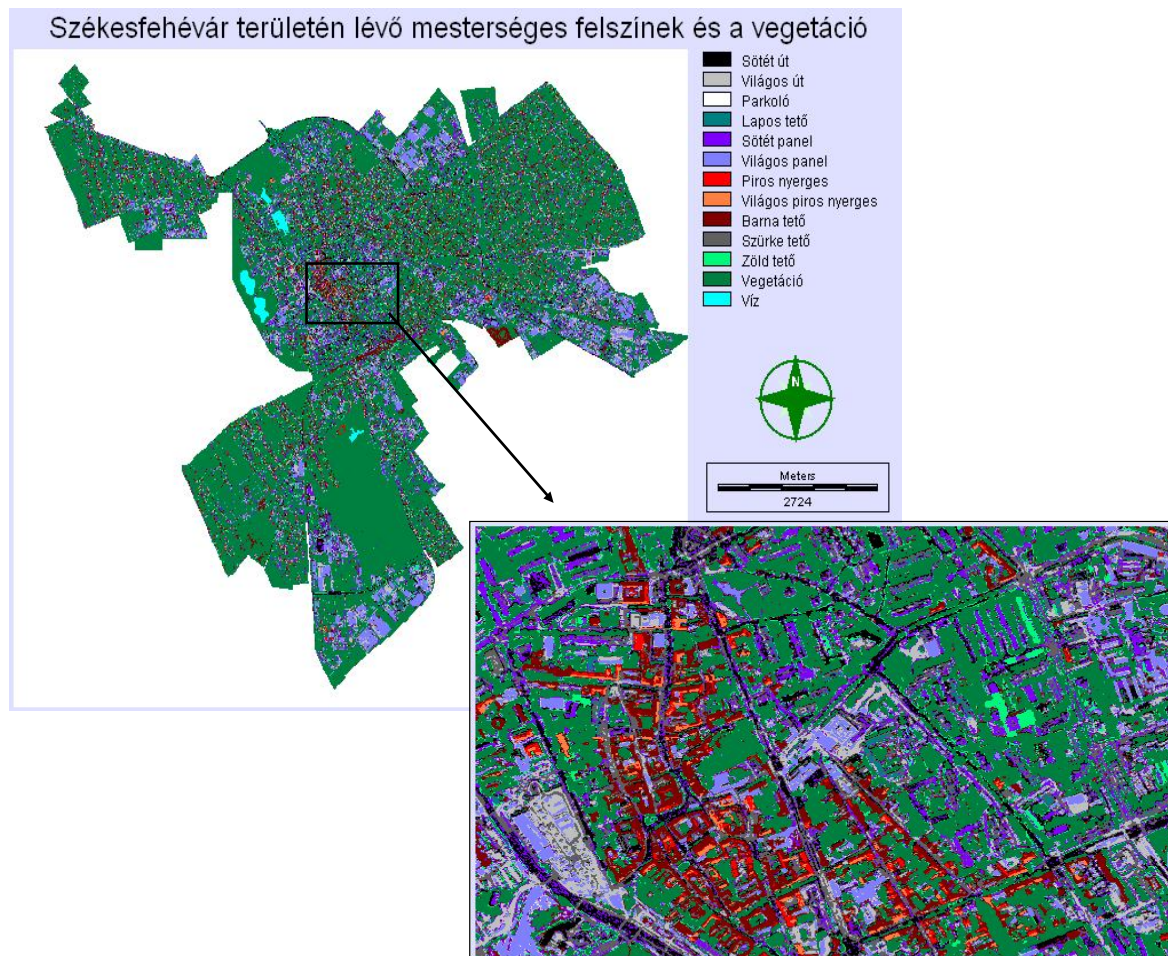


6.15. ábra Minimum distance



6.16. ábra Maximum likelihood

A pixel-alapú osztályozás során összevonásra kerültek az egyes kategóriák. Az összes épület, burkolat, külön kategóriába tartozik, csak a vegetáció került egy azonosító érték alá. Az összevonás műveletét a „Reclass” funkcióval hajtottam végre. Itt megadtam, hogy mik kerülnek összevonásra. A következő ábrán (6.17.) jól látható, hogy márcsak a burkolt területek és épületek kerültek külön színezésre, a vegetáció pedig az egész városra egyforma. Ezután Székesfehérvár területét lehatároltam egy vektoros állomány segítségével. Ebből készítettem egy térképet, megjelenítettem rajta az észak jelet és egy mértéket, valamint a színskála segítségével egyértelműen meghatározható hogy melyik szín milyen objektumot jelöl.

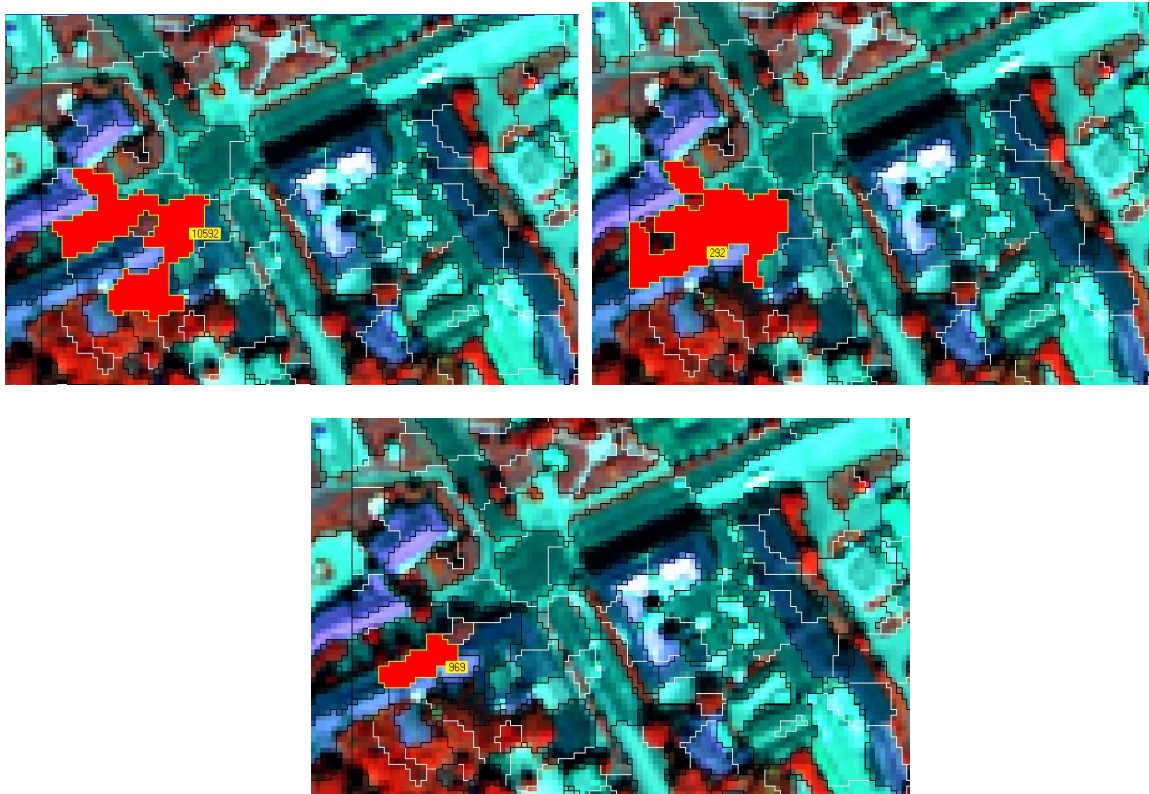


6.17. ábra Tematikus térkép a teljes mintaterületre, valamint egy részlet a belvárosról, pixel-alapú osztályozásnál

6.3.4. 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. Az osztályozással történő összehasonlítás során arra jutottunk, hogy a szegmentálás sokkal nagyobb pontosságot ér el, mint a pixel-alapú osztályozás, valamint az osztályok közötti átmenet is egyenletesebb.

Szegmentálás különböző toleranciaértékek alapján:

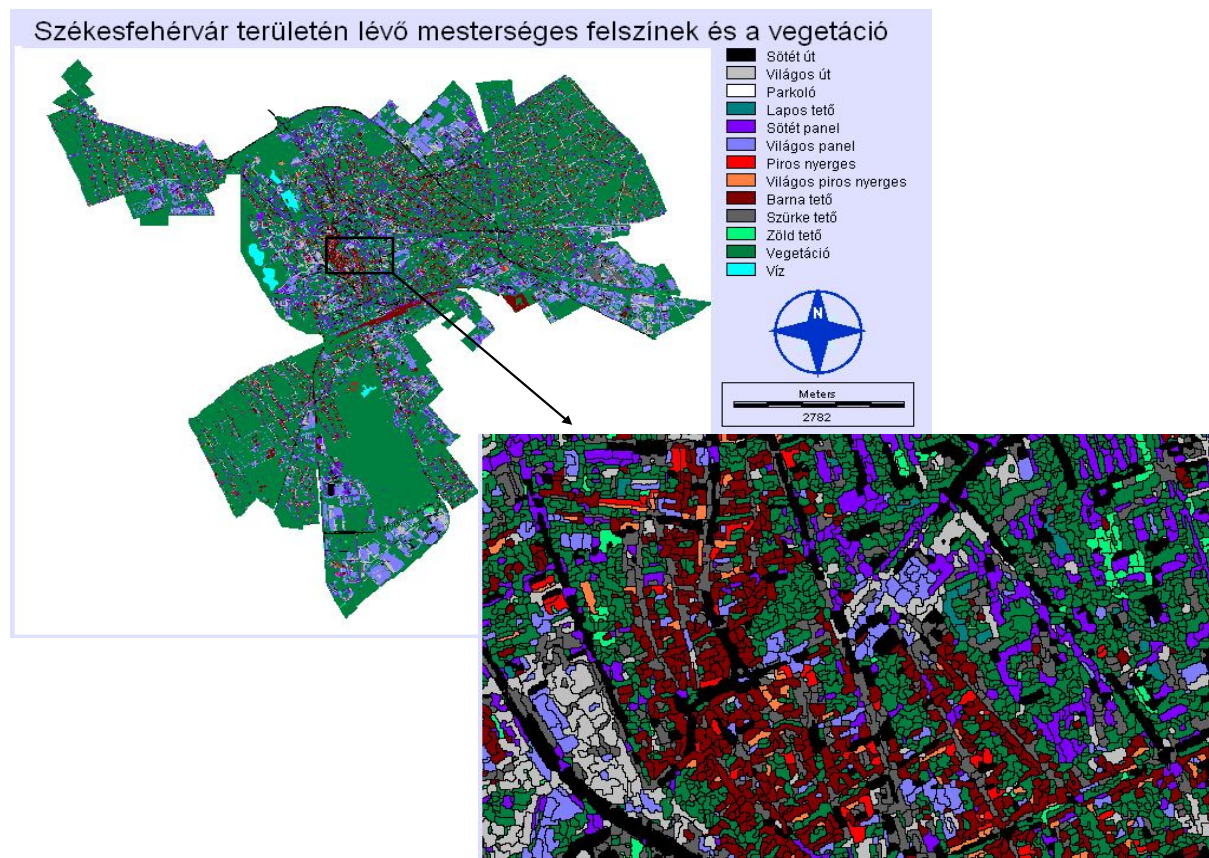


6.18. ábra Egy felvétel (részlet) szegmentálásának eredménye különböző tolerancia értékek esetén

Az első képnél 30-as tolerancia értéket adtam meg, de ezen jól látható, hogy az épületet, fát és az utat is beleveszi a szegmentált részbe. 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 végeztem el, a maximum értékek alapján osztályozott kép és a 10-es toleranciaértékű szegmentált állományok segítségével. Ezután a vegetációs területeket összevontam, majd ismét lehatároltam Székesfehérvár területét, így a továbbiakban azzal dolgoztam tovább. Kialakítottam egy sorrendet a kategóriák alapján, megfelelő színeket hozzárendeltem a pixel-alapúhoz hasonlóan, és így megkaptam 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 objektumok.

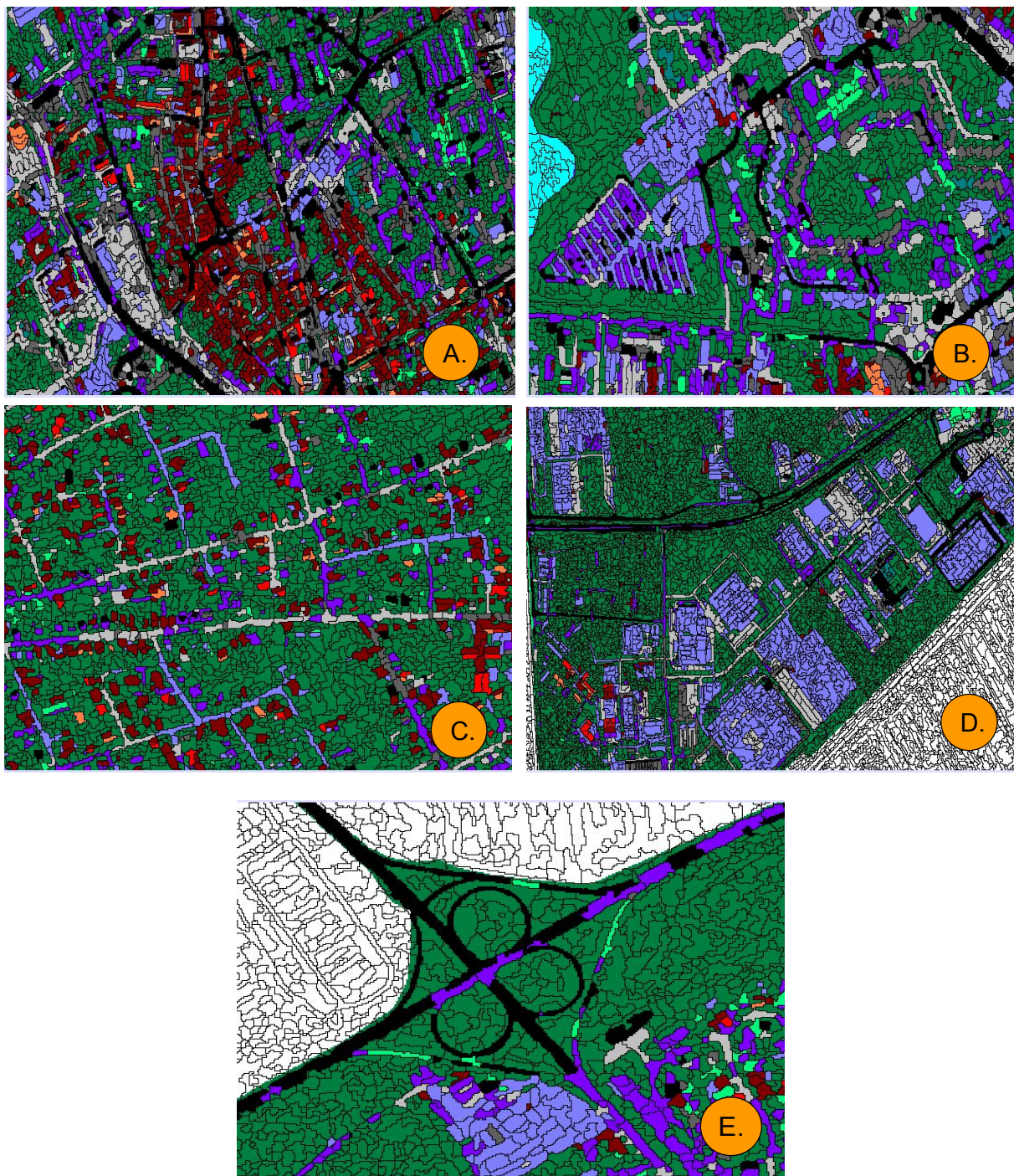
6.3.4.1. Szegmens alapú osztályozás eredménye



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

Különböző térszerkezetű városrészek osztályozási eredménye:

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

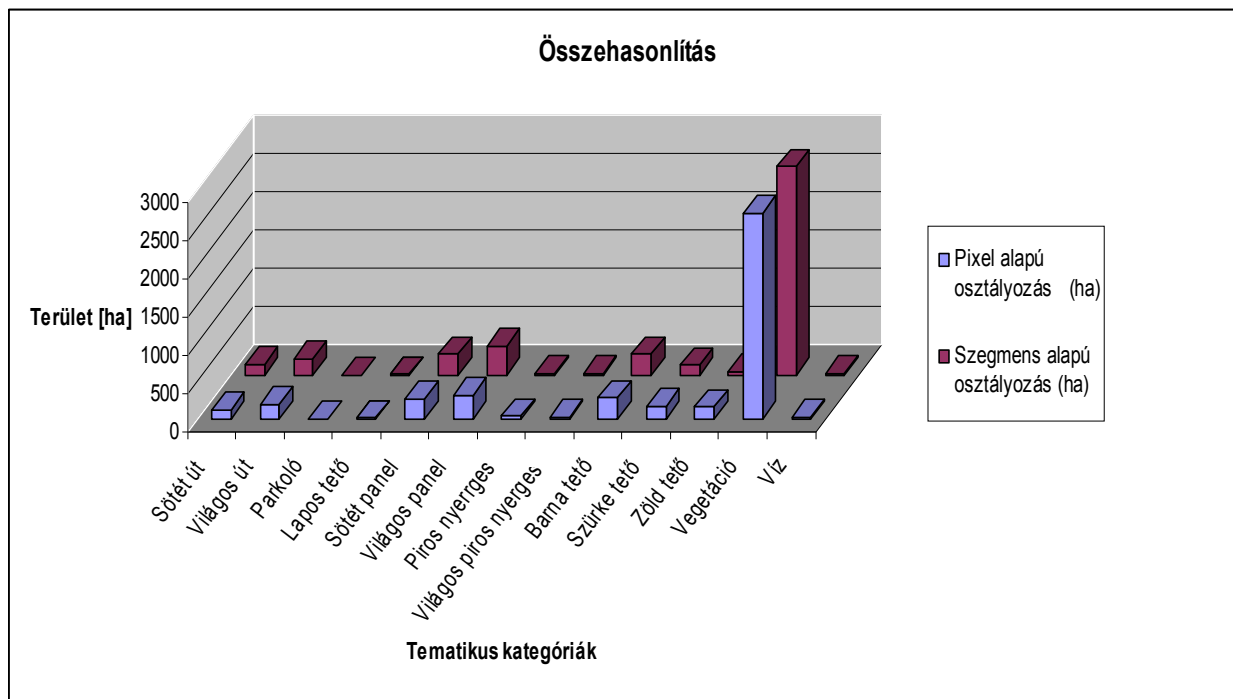


6.20. ábra Szegmens alapú osztályozás, különböző térszerkezetű városrészekben

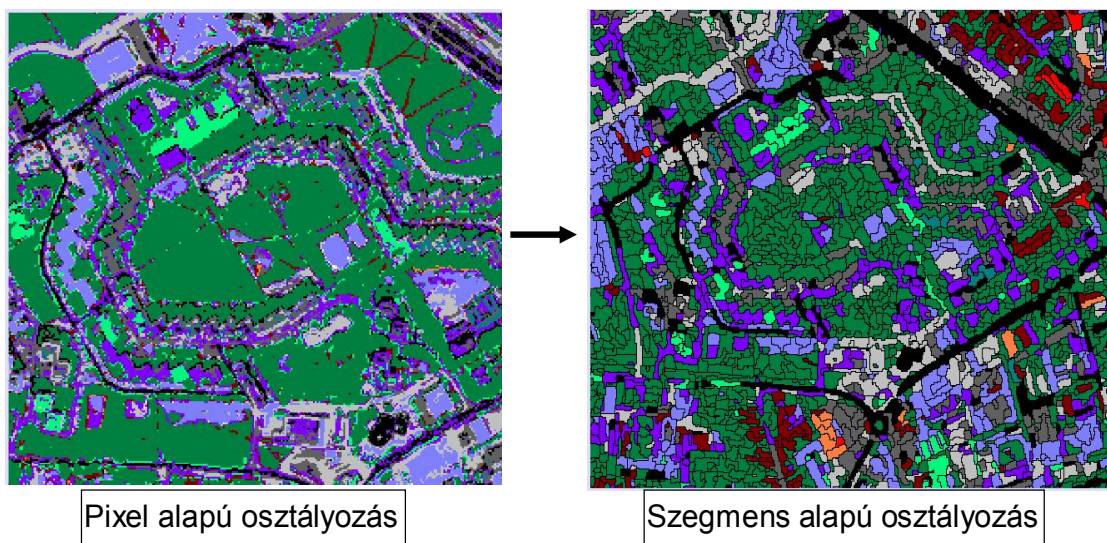
6.3.5. A szegmens alapú osztályozás és a pixel-alapú osztályozás összehasonlítása

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>	<i>119.74</i>	<i>133.78</i>
<i>Világos út</i>	<i>185.69</i>	<i>209.59</i>
<i>Parkoló</i>	<i>3.34</i>	<i>0.06</i>
<i>Lapos tető</i>	<i>10.22</i>	<i>7.42</i>
<i>Sötét panel</i>	<i>265.02</i>	<i>268.11</i>
<i>Világos panel</i>	<i>308.52</i>	<i>384.77</i>
<i>Piros nyerrges</i>	<i>31.88</i>	<i>26.89</i>
<i>Világos piros nyerges</i>	<i>26.35</i>	<i>25.03</i>
<i>Barna tető</i>	<i>270.39</i>	<i>269.69</i>
<i>Szürke tető</i>	<i>163.46</i>	<i>124.85</i>
<i>Zöld tető</i>	<i>150.00</i>	<i>46.90</i>
<i>Vegetáció</i>	<i>2686.96</i>	<i>2724.49</i>
<i>Víz</i>	<i>22.10</i>	<i>22.10</i>



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



6.22. ábra Pixel alapú és szegmens alapú osztályozás közötti eltérés

Ha a burkolt területeket összegezném, akkor 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. 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.

Arra a következtetésre jutottam, hogy a szegmens alapú osztályozás sokkal egyértelműbb, mint a pixel-alapú és az előnyei a következők:

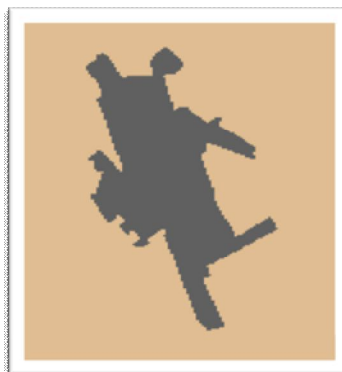
- kategóriák spektrális eltéréseiből adódó melléosztályozások csökkenthetőek,
- az osztályozási pontosság növekszik
- az osztályok közötti határvonalak töredezettsége
- megszűnik az összefüggő területeken belüli inhomogenitás.

7. Székesfehérvár terjeszkedési vizsgálata

A felszínborítás változásának vizsgálatához különböző felmérések 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)



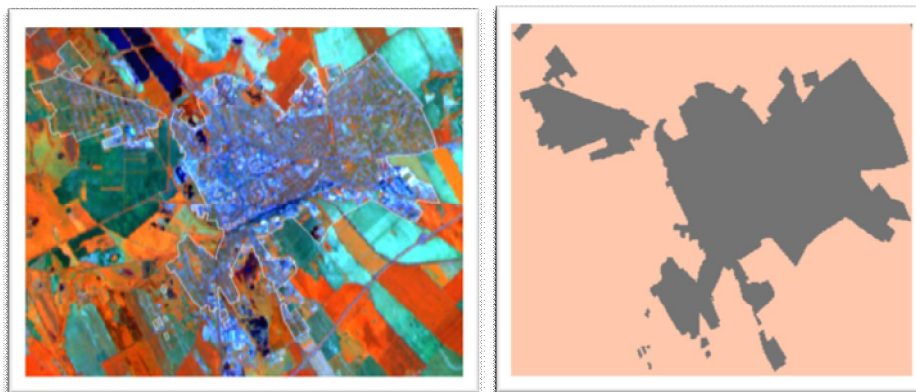
Székesfehérvár térkép (1921)

Város területe: 13753401 m² (13.8 km²)



LANDSAT TM (1986)

Város területe: 29285129 m² (29 km²)



WorldView2 (2011)

Város területe: 42437144 m² (42 km²)



7.1. ábra Székesfehérvár terjeszkedése 1819 és 2011 között különböző felvételeken

A legszembeütőbb változás az idő múlásával a város belterületének terjeszkedése. Jól látható hogy 1819-ben a város területe 4,4 km² volt, amely 2011-re 42 km² lett. Ez a mai állapotot egy WorldView felvételen jól látható. A belváros mellett további városrészek keletkeztek.



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

8. Összefoglalás

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

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

Vizsgálataimhoz egy Landsat TM felvétel, ortofelvételek, valamint egy WorldView-2 felvétel állt rendelkezésemre. A felvételek geometriai korrekciója után, különféle színterminálitok előállítását hajtottam végre, melyeket felhasználtam a tanulóterületek definiálásához és mesterséges felszínborítás spektrális jellemzőinek vizsgálatához. A pixel- és szegmensalapú osztályozási módszer segítségével vizsgáltam Székesfehérvár mesterséges felszíneinek 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. Ezen adatok ismeretében nyomon követhetem Székesfehérvár mesterséges felszíneinek nagyságát, valamint további kiértékeléseket végezhetek.

A felszínborítási kategóriák értékeinek kiértékelése során arra jutottam, 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.

A megoldás olyan szoftverek alkalmazásában lehet, amelyek szegmentálásnál 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 szeretnék alkalmazni, mely lehetőséget ad a fent említett paraméterek szegmentálás során történő figyelembevételéhez.

Ábrajegyzék

2.1. ábra Az elektromágneses hullám összetevő. E – elektromágneses tér, M – mágneses tér, C – fénysebesség, λ - hullámhossz ...	5
2.2. ábra A fő felszínborítások spektrális reflektanciája.....	5
2.3. ábra A különböző pásztázó rendszerek felépítése és működésük. Forrás: Mucsi L. 2004.....	7
2.4. ábra World View 2 szinkompozít (részlet).....	7
3.1. ábra Település környezetre gyakorolt hatásának néhány eleme	7
3.2. ábra Urban Atlas Székesfehérvár tematikus térképe.....	8
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	10
3.5. ábra Jellemző városi anyagok spektrális visszaverődés egyszerűsített görbéje és a LANDSAT ETM + szenzor sávjai	10
4.1. ábra Székesfehérvár belterületének egy része.....	11
4.2. ábra Székesfehérvár városának térbeli tagozódása	12
6.1. ábra Egy illesztőpont elhelyezkedése (épület sarokpontja) műholdas felvételen.....	14
6.2. ábra Illesztőpontok kiválasztása	15
6.3. ábra Illesztőpontok átszámítási hibái.....	15
6.4. ábra A színek kompozit színei visszaverési sajátosságai, a mért hullámhossz tartományban a felvétel készítés időpontjában.....	16
6.5. ábra Egy objektum eltérő megjelenése különböző színek kompozíton.....	17
6.6. ábra Színek kompozit, a 2, 4, 7-es sávokra	17
6.7. ábra Az automatikus osztályozás	18
6.8. ábra Vegetációs és nem vegetációs részek elkülönítése.....	19
6.9. ábra Különböző beépítettségű területek.....	20
6.10. ábra Egyéb beépítettségű területek.....	20
6.11. ábra Egyes tanulóterületek elhelyezkedése a felvételen.....	21
6.12. ábra Scatterplott ábra bemutatása.....	22

6.13. ábra Intenzitási értékek megjelenítése a 8 sávon belül	22
6.14. ábra Mesterséges (beépített) felszínborításra jellemző intenzitási értékek.....	23
6.15. ábra Minimum distance	24
6.16. ábra Maximum likelihood.....	24
6.17. ábra Tematikus térkép a teljes mintaterületre, valamint egy részlet a belvárosról, pixel- alapú osztályozásnál	26
6.18. ábra Egy felvétel (részlet) szegmentálásának eredménye különböző tolerancia értékek esetén.....	27
6.19. ábra Tematikus térkép a teljes mintaterületre, valamint egy részlet a belvárosról, szegmens alapú osztályozásnál	28
6.20. ábra Szegmens alapú osztályozás, különböző térszerkezetű városrészekben	29
6.21. ábra A két osztályozással nyert tematikus kategóriák területi értékeinek kimutatása	31
6.22. ábra Pixel-alapú és szegmens alapú osztályozás közötti eltérés	31
7.1. ábra Székesfehérvár terjeszkedése 1819 és 1921 között.....	33
7.2. ábra Az 1819-es és a 2011-es állapot összehasonlítása	33

Táblázatjegyzék

1.táblázat A felhasznált távérzékelési adatok.....	13
2.táblázat A két osztályozással nyert tematikus kategóriák területi adatai	30

Irodalomjegyzék

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

<http://www.geo.u-szeged.hu/~joe/fotogrammetria/GeoInfo/index.htm>

EEA (2009): About Urban Atlas

http://dataservice.eea.europa.eu/map/UrbanAtlasBeta/about_urbanatlas.html

FÖMI, (2011): Nemzeti Űrfelvétel Archivum: Landsat műholdak. Földmérési és Távérzékelési Intézet, Budapest

<http://www.fomi.hu/portal/index.php/termekeink/urfelvetelek/nemzeti-rfelvetel-archivum-landsat-mholdak>

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>

Jung A. (2005) : Spektrális információk alkalmazása a városklíma-kutatásban

Központi Statisztikai Hivatal: Nagyvárosok belső tagozódása, Székesfehérvár

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.

Nagy I. (2009): A városökológia elméleti megközelítése

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

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

http://www.ktg.gau.hu/~podma/terinfo/4_fejezet.htm

Verőné Wojtaszek, M. (2007): Távérzékelés. Kézirat. Nyugat-magyarországi Egyetem, Székesfehérvár, p. 172.