

Nyugat-magyarországi Egyetem
Geoinformatikai Kar

Település terjeszkedésének vizsgálata távérzékelési módszerekkel

SZAKDOLGOZAT

Konzulensek:

Verőné dr. Wojtaszek Malgorzata
egyetemi docens

Balázsik Valéria
adjunktus

Készítette:

Lomjánszki Nóra
Nappali tagozat
Földmérő és földrendező
mérnök
Földrendező szakirány

Székesfehérvár
2012

NYILATKOZAT

Alulírott **Lomjánszki Nóra** (neptun kód: XXXXXXXXXX) jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy a

Település terjeszkedésének vizsgálata 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,

.....

Hallgató

Nyugat-magyarországi Egyetem
Geoinformatikai Kar

Szakdolgozat száma:

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

1. Bevezetés.....	3
1.1. A dolgozat célja	3
2. Szombathely történelme	5
2.1. Ókor	5
2.2. Középkor.....	8
2.3. Újkor	11
3. A távérzékelés fizikai alapjai	15
3.1. A távérzékelés folyamata	15
3.2. Az elektromágneses sugárzás fizikai törvényei	16
3.3. Az elektromágneses sugárzás és a földfelszín kölcsönhatása.....	18
4. Felvevőrendszerek.....	20
5. Felhasznált adatok	22
6. Felhasznált szoftverek	24
6.1. Idrisi Taiga	24
6.2. Ecognition Developer.....	25
6.3. Surfer 9.....	25
7. Műholdas felvételek kiértékelése	28
7.1. Előfeldolgozás.....	28
7.1.1. Geometriai korrekció	28
7.1.2. Színtkompozit előállítás.....	31
7.2. Műholdas felvétel osztályozása	32
7.2.1. Osztályozás Idrisi szoftverrel	32
7.2.1.1. Tanuló területek kijelölése	32
7.2.1.2. Vegetációs indexek meghatározása.....	35
7.2.1.3. Pixel-alapú osztályozás	36
7.2.1.4. Szegmens alapú osztályozás.....	39
7.2.2. Osztályozás eCognition szoftverrel	42
7.3. Az osztályozási pontosság vizsgálata	46
8. A DDM és a település terjeszkedésének kapcsolata.....	48

8.1. Szombathely topográfiája	48
8.2. Digitális Domborzat Modell	48
8.3. Népeség és területváltozás.....	54
8.4. Domborzat és térszerkezet	55
Összefoglalás	60
Irodalomjegyzék	62
Ábra jegyzék.....	64
Táblázat jegyzék	66
Melléklet jegyzék.....	67

1. Bevezetés

A távérzékelést eddig is számos szakterületen alkalmazták, hasznosították, kihasználták annak előnyeit. Könnyedén, helyszíni bejárás nélkül azonosíthatták a terepi objektumokat az ott előforduló létesítményeket vagy a természetes és mesterséges felszínborítást. Az adatgyűjtési és feldolgozási technológiák az évek során folyamatos fejlődésen mentek keresztül. Az egyre nagyobb geometriai és spektrális felbontású képek iránti igény megnőtt, amelyet az utóbbi időben végbemenő informatikai és technikai fejlődés lehetővé is tett. Ezen felül az elérésük is egyszerűbbé vált, így alkalmazásuk köre bővült.

A felvételek geometriai és spektrális felbontásának fokozatos javulása következtében több felhasználási terület szakemberei kapcsolódhattak be az új adatok hasznosításába. Az első műholdak több tíz, esetlegesen 80 m felbontásúak voltak, manapság már a felbontás eléri az 1 m alatti értéket is. Az adatok elsősorban a környezetvizsgálat, a földtani kutatások és nyersanyag-feltárás, a mezőgazdaság, erdőgazdálkodás és a vízgazdálkodás valamint a katasztrófa előrejelzés területén hoztak forradalmi változásokat.

1.1. A dolgozat célja

A dolgozatban célul tűztük Szombathely Megyei Jogú Város területi terjeszkedésének bemutatását különböző időpontú analóg térképek, távérzékelési adatok és a település domborzatmodelljének felhasználásával, valamint feltárni a város topográfiai jellemzőinek és a város terjeszkedésének kapcsolatát.

A vizsgálat részei:

- Szombathely történelmi fejlődésének áttekintése
- a település területi változásának vizsgálata az 1780 és 2012 közötti időintervallumban
- a vizsgált terület felszínborításának feltérképezése műholdas felvételek alapján
- a városra jellemző felszínborítás spektrális jellemzőinek tanulmányozása
- belterület esetében a zöld területek és a beépített területek elkülönítése, területi arányának vizsgálata különböző képosztályozási eljárások alkalmazásával
- a város topográfiai jellemzőinek tanulmányozása

- a terület domborzatmodelljének megjelenítése, lejtő-kategória és kitettség térkép előállítása
- a városhatár változásainak vizsgálata a domborzati jellemzők tükrében

2. Szombathely történelme

2.1. Ókor

Szombathely Magyarország egyik legrégebben alapított városa, ókori megfelelője eleinte Sabaria, majd a későbbi Savaria volt. A Szombathely elnevezés és a Steinamanger név a középkor óta ismeretes. Így ez az egyetlen olyan város az országban, amelynek három egymástól teljesen független névváltozata van tulajdonképpen



2.1. ábra: Szombathely régen
[http://www.szombathely.hu/turizmus/varostortenet/a_kozepkori_varos/]

ma is használatban. Körülbelül 2000 éve lakott terület a Kárpát-medenc területén. Szombathelyet más néven a Nyugat királynőjének is nevezték. A II. századtól Pannonia superior tartomány vallási központja, később Pannonia Prima tartomány székhelye lett. Ma pedig Vas megye székhelye. A Savaria nevet egy az ókorban a városon keresztül folyó kis folyóról kapta, amelyet úgy neveztek Sala.

Szombathelyet i. sz. 43-ban alapították a rómaiak. Claudius császár rendelte el, hogy az Alpok és a Rába között hozzanak létre egy határvárost. Savaria alapításakor még nem voltak kőbányák, téglagyárak, illetve hiányoztak az építőanyag szállítását lehetővé tevő kiépített utak és hidak is. A várost alkotó házakat ezért is építették a kezdeti időkben fából és vályogból. A területet nagy kiterjedésű, egybefüggő tölgyerdők alkották, így innen könnyen beszerezték a szükséges, jó minőségű nyersanyagokat. A város legrégebbi véd műveit is fából, illetve földből készítették.

A térséget eleinte kelták, majd később római népek uralták. Minden meghódított területen katonai kolóniákat hoztak létre, hogy azok védjék a határokat és rendet tartsanak a frissen meghódított részekben. A lakossága kezdetben kézművességből, iparosokból és kereskedőkből állt össze, a segítségükkel látták el a katonaságot élelmiszerrel, illetve fegyver utánpótlással.

A település a katonák és kereskedők folyamatos letelepedése folytán egyre növekedett, de igazi várossá csak akkor fejlődött, amikor Kr. u. 43-ban Claudius császár colonia rangra



2.2. ábra: Pannonia tartomány területe

[http://www.romaiakor.hu/provinciak_es_coloniarok/coloniak_es_municipiumok/colonia_claudia_savaria_szombathely/]

a lakóházakat elkezdtek építeni kőből, de emellett megépültek az első középületek és templomok is. A század közepétől Savaria egy jellegzetes római kisváros képét mutatta. A várost falakkal vették körbe és az ezek által bezárt város területe elérte a 25 hektárt, a beépített területe pedig hozzávetőlegesen 40-50 hektár lehetett. Erre az időszakra a lakosság számát 6-10 ezer fő közé teszik. Az ókori forum (főtér) nagyjából megfelel a maiak, túl nagy változásokon nem ment keresztül az évek során. A források szerint ezen a helyen lehettek a nagyobb középületek: templom, a tanácsháza és a bírósági csarnok.

A Járdányi–Paulovics István Romkertben találhatók a leginkább épségben maradt feltárt romok, mint például az egykori helytartói palota, mellette a fürdő padlófűtéssel, a Mercurius-szentély, a vámház a várost elkerülő út részletével és kézműves műhelyekkel, illetve a képtár melletti szabad területen található Ízisz-szentély.



2.3. ábra: Romkert (részlet)

[http://www.femina.hu/utazas/kiserteties_nekropolisz_az_orzagban_3_kulonos_osi_hely_itthon/]

emelte. Neve ettől kezdve Colonia Claudia Sabariensum (Sabariaiak claudiusi kolóniája) lett.

A város Felső-Pannónia vallási központjává vált. Ebben az időszakban épült a császár/helytartó palotája, fürdője, amfiteátruma.

A Kr. u. II. század elejétől kezdve rövid idő alatt megváltozott a város képe,

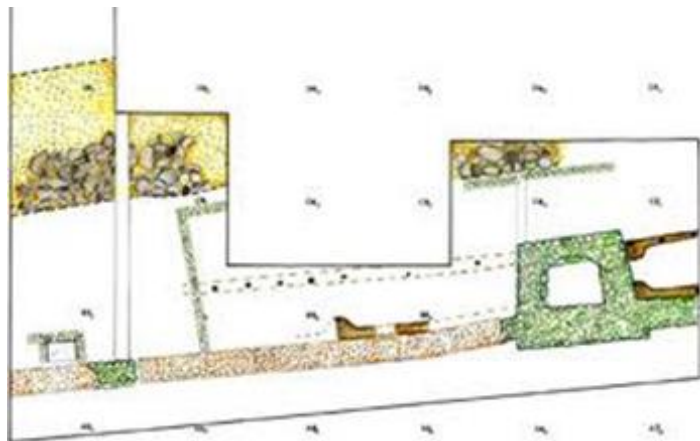
A kereszténység terjedése elérte Sabariát is.

A keresztényüldözéseknek Nagy Konstantin császár hatalomra jutása vetett véget, aki a szarmaták elleni hadjárata során 356-ban hosszabb ideig időzött Sabariában.

A város virágkorát Constantinus uralkodása alatt élte, népessége jelentősen megnövekedett, középületek nagymértékű építkezése történt: hivatali épületeket, közfürdőket, színházakat, templomokat, bazilikákat hoztak létre, melyek közül kiemelkedik a Szent Quirinus bazilika és a pompázatos császári palota. A város ekkor egy valóságos kis Róma képét mutatta. A városfalakon kívül is hatalmas létesítményeket alakítottak ki, ezek közé tartozik például a város színháza, amely valószínűleg a Kálváriadombon helyezkedhetett el, vagy a különböző szentélykörök, illetve a falaktól jóval távolabb alakították ki az iparosok lakóházait és a hozzájuk tartozó műhelyeket, valamint a kivezető utak mentén alakították ki a város temetőit.

A rómaiak idején Savaria nagy változásokon ment keresztül alig egy emberöltő alatt teljesen megváltoztatták a város képét, területét. Egy 25 km hosszú, földalatti boltozott vízvezeték építettek, amely nem csak az egészséges ivóvizet adta, de a közfürdőket is ellátta. A város teljes területére csatorna- és úthálózatot alakítottak ki, az utakat hatalmas bazaltkövek segítségével

burkolták. A meglévő épületeket, főként a középületeket, pompába burkolták. Hatalmas szobrokkal, kőfaragványokkal, mozaikokkal varázsolták szebbé városukat, de a lakóházak többségét is falfestmények, gipszstukkókkal újították fel.



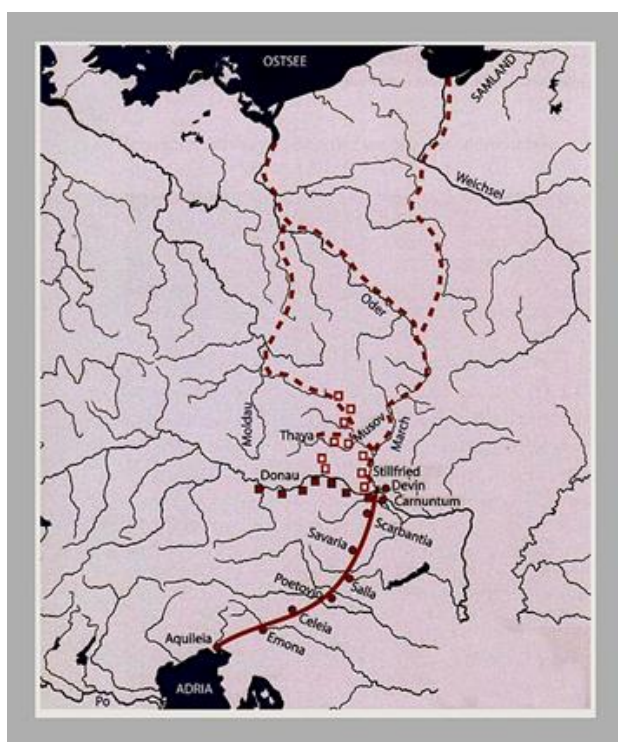
2.4. ábra: Várost körülvevő fal déli része

[http://www.romaikor.hu/provinciak_es_coloniatok/coloniak_es_municipiumok/colonia_claudia_savaria_szombathely]

A mezőgazdaságban a provinciává szervezést követően a tartomány területét felmérték és kijelölték az egyes földbirtokok határát. Savaria környékén az így kialakított birtokok jelentős részét a letelepített veteránok között osztották szét, ezek a birtokok egyenként körülbelül 20-30 hektárt tettek ki, így a veterán családok és szolgálók kényelmesen elfértek és termelhettek. Mivel növekedett a lakott terület mértéke, így ezeket a területeket

valahonnan el kellett vonni, ezért is történt ebben az időben nagy mértékű erdőirtás és ezért csapolták le a mocsarak nagy részét, így újabb művelhető területet kaptak. A rómaiak idején főként gabonaféléket termesztettek, bár ez nem volt elegendő a város ellátására, így a birodalom élelmiszer behozatalra szorult. A növénytermesztés mellett nagymértékű volt az állattartás is, illetve feltehetőleg már a rómaiak előtt foglalkoztak szőlőtermesztéssel, bár a borszőlő termesztése csak a rómaiak idejére tehető.

Valentinianus császár halála után 377-ben a hunok kezdték előzőlni Pannóniát, Macrinus, a tartomány prefektusa saját seregének feláldozásával sem tudta megakadályozni a hunok és a velük szövetséges barbár népek hódítását, de a falakkal körülkerített város még ellenállt a népvándorlás özönének. A települést csak 441-445 között Attila hun király tudta elfoglalni. A hunok pusztítását a 456-ban bekövetkezett földrengés tetőzte, amely lerombolta a várost. A népvándorlás idejében nagymértékű rombolás söpört végig. A város elpusztult.



2.5. ábra: Borostyán út

[http://www.romaiakor.hu/provinciak_es_coloniat/coloniak_es_municipiumok/colonia_claudia_savaria_szombat_hely/]

Szombathelynek lakott területe. Először is keleti gótok, majd longobárdok érkeztek. A Borostyán utat a 7. század derekáig használták, a rajta zajló kereskedelem hasznát az itt

2.2. Középkor

Az ókor végén bekövetkezett károsodás ellenére a várost folyamatosan látkák és rövid idő alatt sikerült helyreállítani. Első lépésben a városfalat állították helyre, hogy további pusztítások ne érhessek az elkövetkezendő időben. Majd szép sorjában megjavították a római épületeket, középületeket, lakóházakat, bár mindezt kevésbé pompázatos módon tették. Annak ellenére, hogy a lakosság nagy része Itáliába menekül folyamatosan érkeztek más népek, ezért is maradt

élő népek: hunok, a keleti gótok, a longobárdok és az avarok, egyaránt igyekeztek kihasználni.

567-ben a király szövetséget kötött az avarokkal, de ez az egyesség túl gyengének bizonyult, így a longobárdok is Itáliába menekültek, helyükre pedig nagymértékű avar és szláv betelepülés történt. A 8. századra azonban az avar hatalom is meggyengült és 795-ben a frank sereg, döntő vereséget mért rájuk. A hadjáratból hazafelé tartó Nagy Károly frank király elzarándokolt Szent Márton szülővárosába, Sabariába. 805-ben Nagy Károly az avarok szállásterületét a Duna és Sabaria közti területet jelölte ki. Arnulf frank király 875-ben a várost a salzburgi érseknek adta. Valószínűleg ekkor épült meg az egykori római központi fürdő épületének felhasználásával a vár is, amely kezdetben egy erősített lakótorony lehetett. Emellett a frankok a meghódított területeket grófságokra osztották. Pannonia területén 2 grófságot hoztak létre, amelyek közül az egyik, az északi a mai Győr-Moson-Sopron megyét foglalta magába, másik pedig a déli (a Rába grófság) a középkori Vas megyére esett, ide tartozott a mai Szombathely, azaz Savaria területe is.

Végül 900 körül a várost magyarok foglalták el. Ebben az időszakban a források alapján Savaria területe nem tartozott a lakott városok közé, illetve a Borostyán úton végzett kereskedelmi mozgás is elcsitult egy időre.

A X. század idején, Szent István király korában vármegyerendszert alakítottak ki, Savaria az ország egyik nyugati határmegyéjének része lett. A vármegye központja Vasvár lett, hiszen akkoriban ez a vár tartotta ellenőrzése alatt az országból kivezető utat, a Katonák útját. Mivel Savaria határterületen terült el, így meghatározó szerepet kapott a védelemben, nagy részben köszönhető ennek a város múltja. 1009-ben Szent István a várost a győri püspökségnek adta.

Sok szenvedésen ment keresztül 1042 és 1044 között, III. Henrik német-római császár és Aba Sámuel között dúló harcokban, de főként a tatárjárás által okozott pusztítások viselték meg a várost. A lakosság nagy része kitelepedett a szomszédos erdőbe, ahol saját kezűleg ásott vermekben kerestek ideiglenes menedéket.

1407-ben Szombathely városi rangot kapott. 1440-ben a város mellett győzte le Cillei Ulrik hada I. Ulászló király seregét, majd a felek itt kötöttek békét 1441. április 19-én. Alig ötven év elteltével újabb ostromlások érték a várost, méghozzá Miksának serege támadta meg a várat, de Tamás győri püspök várőrsége visszaverte, 1490-ben azonban

mégis Miksa birtokába került. 1491-ben a pozsonyi szerződés alapján a várost visszaadta Ulászlónak.

A város a győri püspökök kegyéből számos szabadalommal és kiváltsággal rendelkezett. Már a 13. században két templommal rendelkezett. Az egyik az akkor még városon kívül eső Szent Márton-templom, a másik a belső várhoz tartozó Szűz Mária-templom, amit vártemplomnak is neveztek.

A 14. században még a letelepedett ferencesek felépítettek egy gótikus csarnoktemplomot és egy hozzá kapcsolódó kolostorépület, amely a mai napig megtekinthető, bár magától értendő, hogy restaurálásokon ment keresztül, de nagyobb változások nem következtek be.



2.6. ábra: Csarnoktemplom régen
[http://www.szombathely.hu/turizmus/varostortenet/a_kozepkori_varos/]



2.7. ábra: Csarnoktemplom ma
[http://www.szombathely.hu/turizmus/varostortenet/a_kozepkori_varos/]

A 15. század végére Szombathely már újból fallal körülvett település volt. Az erődítés alapját a római kori városfalak adták. Sarkain kerek tornyok álltak, kívülről árok védelmezte. Bejutni északról lehetett, itt alakítottak ki egy nagyobb kaput a falon. Ezen kívül további bejáratokat hoztak létre, például a kelet felől vezetett bet az úgynevezett Gyöngyös utcai kapu. Még legalább három bejárata volt a városfalnak, ezek emlékét azonban már csak régi leírásokból ismerjük.



2.8. ábra: Keleti kapu képe
[<http://www.kozterkep.hu/~16798/>]

Fejlődésére nagy befolyással volt, amikor 1578-ban az országgyűlés határozata alapján a vasvári káptalant Szombathelyre költöztették át, ettől kezdve Vas vármegye székhelye lett. Ekkor a vár körüli addig üres területekre új épületeket emeltek, iskolái a jezsuiták irányítása alatt nagy virágzásnak indultak.

Nagymértékű fejlődésének csak az 1605-ben bekövetkező hadjárata vetett véget, amelyet Bocskai István indított. Megbízásával Némethy Gergely egy több ezres fős sereget vezetett a település ellen, megostromolta és elfoglalta a várost és a várat.

2.3. Újkor

A török veszedelem folyamatos rettegésben tartotta Savaria területét ezekben az időkben. A Bécs alól visszavonuló seregek folyamatosan fosztogattak, útjukba került a vármegye is, viszont a városfalak ezúttal is megvédték a települést. A török kiűzése nagy megkönnyebbülést jelentett, és mivel a 17. század végi kuruc harcok nem érintették, viszonylag békésebb időszak következett Szombathely számára.

A Rákóczi-szabadságharc hírére a város a fejedelem mellé állt, a császári hadak megszállták és egészen 1705 novemberéig irányításuk alá vonták. A császár és seregei több mint egy éven keresztül rettegésben tartották Szombathelyt és környékét. Ezek után folyamatos változások követték egymást. Rövid időre Bottyán János kuruc seregének sikerült felszabadítania a területeket, viszont ez nem tartott sokáig, 1706 elején ismét császári kézre került, év végén pedig újra a kurucok uralták. 1707 elején maga Bottyán is a városban rendezte be főhadiszállását. Két hónap múlva Rabutin császári serege vonult be a városba, júniusban már újra a kurucoké volt. Bottyán felkelésre szólította fel a környék nemességét és a felhívásra 7000 fegyveres gyűlt össze, mellyel Bottyán Stájerországra támadott. Válaszul Stahremberg tábornok császári serege tört be az országba és a város 1710-ben császári kézre került. A városon folyamatos harcok dúltak, amelyek óriási pusztításokat végeztek, Szombathely ismét szinte a semmivel vált eggyé.

Alig értek véget a támadások, 1711. júniusban szörnyű pestisjárvány sújtotta a várost, amelynek 2000 lakos esett áldozatul. Ha még ez nem lett volna elég 1716-ban tűzvész is végigsöpört és felperzselte például a városházát. A csaknem kipusztult népességet a környékről bevándorló németajkú lakosság töltötte fel.



2.9. ábra: Székesegyház
[\[http://szombathelyen.blogspot.hu/p/.html\]](http://szombathelyen.blogspot.hu/p/.html)

A város magyar polgárságát elveszítve ettől kezdve német jelleget öltött, ezzel a város virágzásának új szakasza indult meg. Újabb építkezésekbe kezdtek, mindezt a püspökség támogatta. 1772-ben megépült a gimnázium, majd 1777-ben Mária Terézia királynő megalapította a szombathelyi egyházmegyét. A romos épületeket, mint például a várat és hozzátartozó vártemplomot lerombolták és helyükre egy sokkal nagyobb, csodálatosabb építményt emeltek. Ekkor épült meg a székesegyház, a püspöki palota és a környező egyházi épületegyüttes. 1793-ban megnyílt a bölcséleti iskola, ahol gróf Széchenyi István is tanult. A város éppen helyre állt, amikor újabb borzalmak követték egymást.

1809-ben I. Napóleon francia hadai vonultak be, aminek következtében a piacterén kisebb harc bontakozott ki a várost védő magyar nemesi sereg és a franciák között. A franciák 110 napig tartották megszállva a várost, ez az idő alatt építették a Megyeházát. A természet nem kímélte a várost, 1813-ban árvíz, majd 1817-ben újabb tűzvész sújtotta. A nagy tűzvészben a város kétharmada leégett, 1831-ben pedig kolera pusztított. Az 1848-as forradalomban is részt vettek, bár a harcok nem érintették, mivel december 28-án császári csapatok szállták meg a várost és a nemzeti jelképek eltávolítására szólították fel a lakosságot. A terület mindvégig császári kézen maradt ez idő alatt.



2.10. ábra: Püspöki palota
[\[http://szombathelyen.blogspot.hu/p/.html\]](http://szombathelyen.blogspot.hu/p/.html)

1867-ben, a kiegyezés utáni új kormány alakult ki, amelynek igazságügyi minisztere, Horváth Boldizsár lett. Neki is köszönhető, hogy a város a 19. század utolsó évtizedeiben gyors fejlődésnek indult, lakossága elérte a 20 000 főt. 1865-ben megépült a nagykanizsai vasútvonal, majd az 1871-es és 1872-es újabb vasútépítések a várost a Nyugat-Dunántúl közlekedési csomópontjává tették. 1885-ben a szomszédos Ó-Perint és Szentmárton községeket egyesítették a várossal.

A város fellendülésének nagy korszaka Éhen Gyula polgármester idején kezdődött. 1895 és 1902 között megépült a vízvezeték- és csatornahálózat, az utcákat szilárd burkolattal látták el, új közlekedési eszközként megjelent a villamos, amely a vasútállomást kötötte össze a városközponton keresztül kelet-nyugati irányban a Kálvária templommal. Számos építményt hoztak létre ezekben az időkben, felépült például a városi Kaszinó és a Nagyszálló épülete, Fehérkereszt Egyesület és gyermekmenhely, megalapult a Kultúregyesület, a városban pezsgő társadalmi élet alakult ki. Négy évtized alatt a város lakossága megnégyszereződött. Megindult a zenei oktatás a Zeneiskolában, megalakult a város szimfonikus zenekara, megépült a városi Kioszk épülete, a népfürdő, a múzeum, a domonkosok és a karmeliták kolostora és az erdei iskola. Emellett számos díszes palota épült a belvárosban, illetve 1880-ban a színház is elkészült.



2.11. ábra: Színház

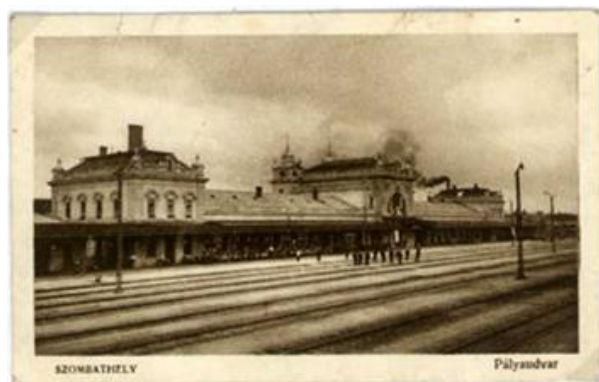
[<http://szombathelyen.blogspot.hu/p/.html>]



2.12. ábra: Gimnázium

[<http://szombathelyen.blogspot.hu/p/.html>]

A II. világháború sem múlt el nyomtalanul, az 1945. március 4-i bombázás során elpusztult a belváros jelentős része, megsérült a Székesegyház és megsemmisült a városháza, ám a lakosság segítségével újjáépítették a várost és újra dinamikus és gyors fejlődésnek indult.



2.13. ábra: Vasútállomás régen

[http://www.szombathely.hu/turizmus/varostortenet/a_modern_varos/]

A történelmi belváros szerkezetében máig őrzi középkori formáját. A Fő tér, korábban piactér adott helyet több évszázadon keresztül a szombathelyi heti és országos vásároknak. Innen is kapta nevét a település: Szombathely, mivel szombaton tartották a heti vásárokat. A közkedvelt teret számos

műemléképület ékesíti. Például itt találhatjuk a híres színésznő Márkus Emília és az egykori igazságügy miniszter Horváth Boldizsár lakóházát, Joyce kedvenc regényhőseit, valamint Leopold Bloom szülőházát is. 2000-ben helyezték át a Fő térre az egykor a pestis járvány emlékére állított neogótikus Szentháromság szobrot, melyen a város nyitott kapukat ábrázoló címere látható. Érdeemes betérni az OTP bankfiókjába is, ahol az üvegpado alatt az egykori Savaria római korból származó maradványai tekinthetők meg.

További látnivalók Szombathelyen:

- Kámoni Arborétum
- Romkert
- Székesegyház
- II. világháborúban elhurcolt zsidók emlékműve látható.
- Megyeháza
- Szombathelyi képtár

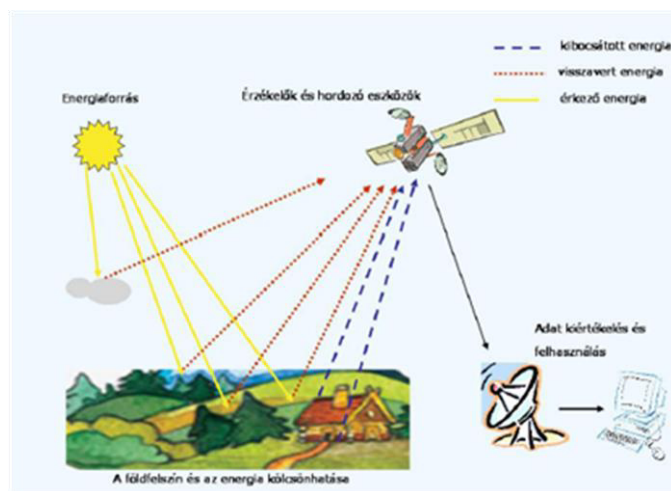
3. A távérzékelés fizikai alapjai

A távérzékelés egy sajátos adatnyerési eljárás, melynek során a földfelszín vagy a földfelszíni objektumok bizonyos sajátosságairól (pl. méret, anyagi összetétel, stb.) anélkül jutunk adatokhoz, hogy a vizsgált tárggyal közvetlen kapcsolatba kerülnénk. [Verőné Wojtaszek Malgorzat., 2010].

3.1. A távérzékelés folyamata

Az eljárás két alapvető folyamatot foglal magába:

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



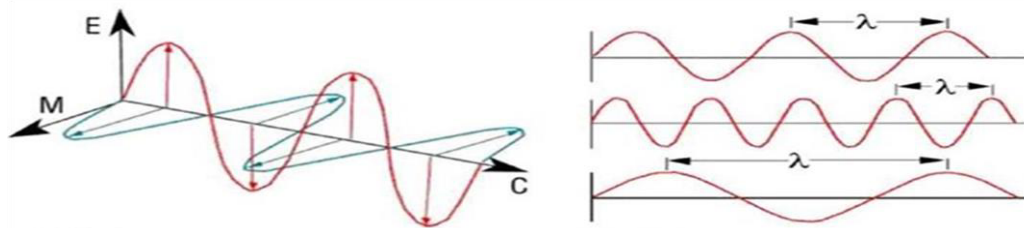
3.1. ábra: A távérzékelés folyamata
[Verőné Wojtaszek Malgorzat., 2010].

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

3.2. Az elektromágneses sugárzás fizikai törvényei

A felhasznált energiaforrások két félék lehetnek alapvetően. Az elektromágneses sugárzás forrása leggyakrabban a Nap. Ugyancsak fontos a felszín által kibocsátott hőmérsékleti sugárzás. Ezeket nevezzük természetes erőforrásoknak. A Napból jövő és a felszín által visszavert vagy saját kibocsátott sugárzás mérése esetén passzív távérzékelésről beszélünk. Aktív távérzékelési rendszerekről beszélhetünk, ha az elektromágneses sugárzás forrása és az érzékelők egyaránt repülőgépen vagy műholdon vannak elhelyezve. Ebben az esetben mesterséges energiaforrásokat használunk, mint például a radar [Dr. Csató Éva, 2000; Verőné Wojtaszek Malgorzata, 2010].

Az elektromágneses energiajellemzői fizikai paraméterekkel körülírhatók. Ugyanis az elektromágneses energia szinuszos hullám formájában, a fény sebességével terjed. Összetevői tehát: a hullámhossz, a sebesség és a frekvencia [Verőné Wojtaszek Malgorzata, 2010].

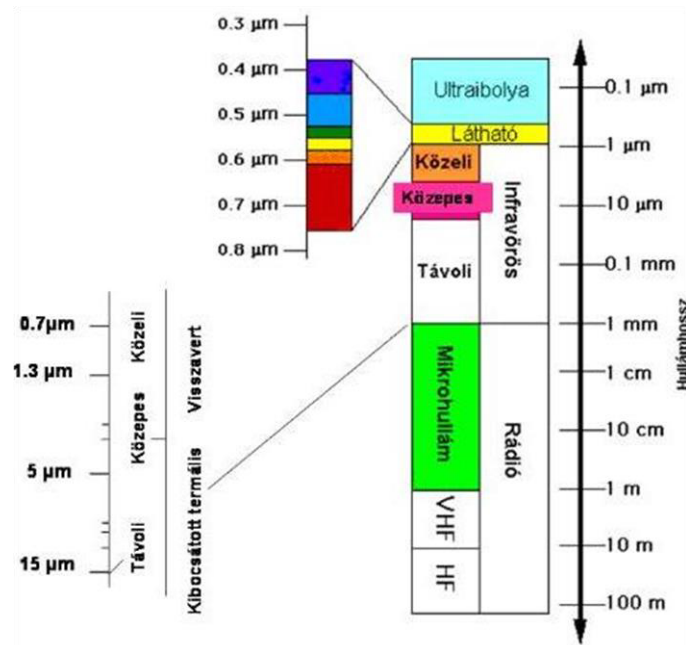


3.2. ábra: A sugárzás fizikai törvényszerűségei, szinuszos hullám
[Verőné Wojtaszek Malgorzata, 2010].

Két szomszédos hullám csúcsa közti távolságot hullámhossznak, az időegység alatt egy ponton áthaladó csúcsok számát pedig frekvenciának nevezzük. A fény sebessége állandó érték, így a hullámhossz és a frekvencia egymással fordított arányossági viszonyban állnak. A fénysebesség pedig kifejezhető a két érték szorzataként [Verőné Wojtaszek Malgorzata, 2010].

Távérzékelésre a teljes elektromágneses spektrumtartománynak csak egy részét használjuk, ezt tovább szűkítik egyes légköri jelenségek, például a légköri elnyelés. A különböző hullámhossz tartományokban eltérő fizikai törvényszerűségek érvényesülnek, amit figyelembe kell venni az érzékelő műszerek technikai megoldásainál. Az érzékelő rendszerek leggyakrabban a látható fény egy vagy több sávjával, az infravörös sávokban és a mikrohullámú tartományban dolgoznak. Mivel a légkör az elektromágneses spektrumnak csak meghatározott hullámhossz értékű részét engedi át, ennek megfelelően

távérzékelésre csak az ún. légköri ablakok használhatók [Dr. Csató Éva , 2000; Verőné Wojtaszek Malgorzata, 2010].



3.3. ábra: Az elektromágneses spektrum hullámhossz tartományai

[Verőné Wojtaszek Malgorzata, 2010].

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

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

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

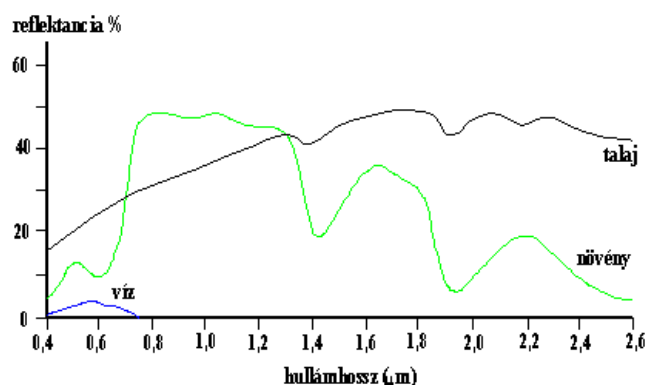
Mikrohullámú tartomány: ($\lambda = 1 \text{ mm}-1 \text{ m}$) a légkörnek csekély hatása van ebben a tartományban, így a felvételezés szempontjából független időjárástól és napszaktól [Verőné Wojtaszek Malgorzata, 2010].

3.3. Az elektromágneses sugárzás és a földfelszín kölcsönhatása

Az elektromágneses sugárzás a földfelszínt elérve kölcsönhatásba lép a felszínnel és az azon elhelyezkedő létesítményekkel, melynek következtében az energia részben elnyelődik, részben visszaverődik, vagy átlátszó közegen (pl. víz) áthalad. A különböző tartományokban ezek a folyamatok más és más mértékben és módon zajlanak le. Ezen kívül a visszavert, az elnyelt és az áthaladó energia aránya a felszín anyagának típusától és állapotától is függ. Általában elmondható, hogy a különböző tárgyak, felszíni formák másképpen reflektálnak a különböző hullámhossztartományokban. Ezen alapszik a távérzékelésben széles körben alkalmazott multispektrális adat-felvételezés, amely éppen a különböző felszínrészek különböző spektrális tulajdonságait használja fel információ gyűjtésére az adott tárgyról. [Dr. Csató Éva, 2000; Verőné Wojtaszek Malgorzata, 2010].

A felvételek elemzésekor a kölcsönhatás során megváltozott sugárzásból kívánjuk meghatározni a vizsgált objektum paramétereit. Ehhez szükség van a talajfelszín spektrális tulajdonságainak ismeretére. Az objektumok spektrális jellemzésére a reflektancia értéket használjuk. A reflektancia megmutatja az adott felszínre belépő és arról visszavert energia hányadosát egy adott hullámhosszon, legtöbbször százalékban kifejezve. A reflektancia adatok ábrázolását a hullámhossz függvényében reflektancia görbének nevezzük. A spektrális visszaverődési görbe, más néven reflektancia görbe egyrészt a tárgy vagy a felszínrész spektrális tulajdonságairól tájékoztat, másrészt meghatározza azokat a hullámhossz-tartományokat, melyekben a tárgy vagy a felszínrész távérzékelési módszerrel vizsgálható [Dr. Csató Éva, 2000; Verőné Wojtaszek Malgorzata, 2010].

A görbék jellegzetes lefutása összefüggésben van a borítás tulajdonságaival. Spektrális tulajdonságuk alapján három fő felszínborítást különböztetünk meg: egészséges növényzet, csupasz talaj és a tiszta víz.



3.4 ábra: A három fő felszínborítási típus reflektancia görbéje
[Dr. Csató Éva]

Az egészséges növényzet reflektancia görbéje a legváltozóbb és több jellegzetes helyi minimális és maximális érték jellemzi a lefutását, ami a növények biológiai tulajdonságaival magyarázható. A látható spektrum tartományban lévő lokális minimum a levelek klorofil aktivitásától függ. A növény levelei erősen abszorbeálják a kék és a vörös fényt, míg a zöld tartományban sugárzott energiát nagyobb mértékben verik vissza, ami lokális maximumot eredményez. A közeli infravörös tartományban a reflektancia görbe ugrásszerű megemelkedése a levelek szerkezetének tulajdonítható. Egyes fajoknál a levelek belső szerkezete különbözik egymástól, ami eltérő reflektanciát is eredményez. Ez lehetőséget ad egyes fajok elkülönítésére akkor is, ha a látható spektrum tartományban azok nagyon hasonlóak. A talaj reflektanciája a hullámhosszal általában növekszik. A növekedés mértéke összefüggésben van a talaj bizonyos fizikai és kémiai tulajdonságaival. Az eddigi eredmények szerint a legfontosabb reflektanciát meghatározó tényezők a következők: a szervesanyag-tartalom, a nedvességtartalom, a talajképző kőzet, a színes vegyületek jelenléte, a talaj fizikai félesége, a szemcsék mérete, valamint sótartalma. Ezek a tényezők komplexek, változékonyak és kölcsönhatásban vannak egymással. A víz spektrális tulajdonsága a felszínétől, a vízben oldott illetve lebegő részecskéktől, továbbá a tiszta és sekély vizek esetében a mederfenék visszaverő képességétől függ. A tiszta víz visszaverődése a látható spektrumtartományban nagyon alacsony. A lebegőanyag koncentráció, a klorofill tartalom növekedése, az algakoncentráció jelenléte a reflektancia növekedését eredményezi a teljes látható és a közeli infravörös tartományban *[Verőné Wojtaszek Malgorzata, 2010; Dr. Csató Éva, 2000]*.

4. Felvevőrendszerek

A távérzékelés során a vizsgált tárgyról visszavert vagy általa kibocsátott energiát többféle módon lehet érzékelni és rögzíteni. A visszaverés esetében passzív, kibocsátásnál aktív energiáról beszélünk. A fent bemutatott különböző hullámhossz-tartományokban eltérő törvényszerűségek érvényesülnek és ezért különböző műszereket, érzékelőket kell használni a jobb, megbízhatóbb eredmények elérése érdekében.

A felvevőrendszereket többféleképpen osztályozhatjuk. Az optikai sávban működő felvevők lényegében négy típusba sorolhatók:

- fényképező típusú rendszerek

A fényképező típusú rendszerekre az jellemző, hogy az adott területi egységről adott pillanatban teljes képet készítenek. Ide tartoznak a fényképező kamerák, a digitális video képkészítők. Fényképezéskor az adott területről érkező elektromágneses energiát optika gyűjti össze és a fókuszsíkra vetíti, ahol a kép élesen, kontrasztosan jelenik meg. A zárszerkezet kinyitásával a kamera belsejébe fény jut, és a felvételeket filmen rögzíti, amit a földi laboratóriumban kell előhívni, feldolgozni. A fényképező rendszerek a látható és a közeli infravörös sáv egy részét használják a felvételek készítésére. A fényképeket nagy terepi felbontás mellett csekély spektrális átfogás jellemzi 0,4 - 0,9 μm -es tartományban.

- digitális pásztázó letapogatók

A digitális pásztázó letapogató rendszerek a fényképezéstől eltérően, a repülés irányára merőleges sávokból a detektorokra érkező elektromágneses energiát rögzítik a különböző hullámhossz tartományokban. Az elemi földfelszínről érkező energia függvényében elektromos jel keletkezik, amelyet felerősítés után továbbítanak a földi vevőállomásokra.

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

Ide tartozik pl. LANDSAT, SPOT, IKONOS, QuickBird, stb.

- mikrohullámú felvevőrendszerek

Mikrohullámú érzékelésre az elektromágneses spektrum 0,5 mm-től 1 m-ig terjedő hullámhossz tartományát használják. Előnyei: haladását csupán a nagyobb esőcseppek térítik el, meg lehet választani az érzékelésre használt energia hullámsávját és polarizációját. Rendszerei lehetnek passzív vagy aktív típusúak. A passzív rendszerű berendezéseket mikrohullámú radiométereknek nevezzük. Aktív mikrohullámú távérzékelő eszközöket rádiólokátor, másképpen radar néven ismerhetjük.

- lézer alapú szkennerek

A LIDAR (Light Detection and Ranging) aktív távérzékelési rendszerekhez tartozik, ami azt jelenti, hogy a felvevő berendezés saját energiaforrással rendelkezik – így sugárforrás és érzékelő egyaránt. A LIDAR az ultraviola, a látható és az infravörös tartományban működik [Verőné Wojtaszek Malgorzata, 2010].

5. Felhasznált adatok

A kiértékelés alapját a 2011-ben készült WorldView2 űrfelvétel képezte, amelynek felbontása 2 méter, illetve légifelvételek, amelyeknek 1 méteres a felbontása.

5.1. táblázat. Felhasznált távérzékelési adatok

Adat megnevezése	Geometriai felbontása	Spektrális felbontása
WorldView2 (2011)	2 m	8 sáv: látható, illetve közeli infravörös tartomány
Légifénykép	1 m	látható tartomány

A WorldView egy kereskedelmi műhold, amely feladata a Föld megfigyelése, tulajdonosa pedig a DigitalGlobe. Kereskedelmi forgalomban kapható pankromatikus képekkel, 0,5 m-es felbontású, és nyolc-sávós multispektrális képalkotással, amely 1,8 m felbontású. A műholdat 2009 október 8-án bocsátották fel. WorldView-2 műhold 800 km magasságban, poláris pályán mozog. A 8 spektrális felbontásnak köszönhetően színhelyes és hamis színes színterkép állítható elő, amely a kiértékelés szempontjából fontos [Frey Sándor, 2009].



5.1. ábra: Légifelvétel (részlet)



5.2. ábra: Űrfelvétel

A város terjeszkedésének vizsgálatához, illetve a könnyebb azonosítás érdekében a távérzékelte képanyagokon kívül térképeket, digitális domborzatmodelleket és egyéb tematikus adatokat is felhasználtunk.

- topográfiai térképek (9 db 1:10 000-es szelvény digitális állománya, raszteres formátum)
- katonai felmérés térképeinek digitális állománya (raszteres formátum)
- katonai felmérés térképeinek digitális állománya (raszteres formátum)
- Szombathely turista térképe analóg formátumban (1993-as kiadás)
- a területet lefedő digitális domborzatmodell 20x20 m-es felbontású állománya „txt” formátumban
- statisztikai adatok

6. Felhasznált szoftverek

A mintaterület felszínborítási térképét az űrfelvétel osztályozásával állítottuk elő. Az osztályozást több képosztályozási eljárással (2 szoftverrel) végeztük. A terület domborzati tulajdonságainak elemzéséhez, adatok kiértékeléséhez pedig egy harmadik, 3D modellező típusú szoftvert használtunk fel.

6.1. Idrisi Taiga

Az IDRISI a Clark Egyetemen kifejlesztett széles körben használt, raszter-alapú térinformatikai és képfeldolgozó program. A szoftver több féle feladat elvégzésére lett kifejlesztve. Az eszköztár a következőket biztosítja:

- térinformatikai elemzés, GIS
- képfeldolgozás
- térbeli elemzések
- változás és idősoros elemzések
- döntés előkészítés, bizonytalanságelemzés, helyzetelemzés
- modellezés

[\[http://en.wikipedia.org/wiki/IDRISI\]](http://en.wikipedia.org/wiki/IDRISI)

Az IDRISI Taiga, mint integrált GIS és képfeldolgozó szoftver megoldás, a digitális térbeli információk elemzéséhez és megjelenítéséhez közel 300 modult kínál.

Alkalmazási területei:

- felszínborítás
- térképezés
- földhasználat tervezés

- természeti források kezelése
- környezeti modellezés
- ökológiai elemzések
- kockázat és sérülékenység becslés

A program képes kezelni a különböző időpontban készült, több sávós és több forrásból származó információt. Kiterjedt képfeldolgozó modul, széleskörű osztályozást tesz lehetővé: automatikus, felügyelt, hierarchikus osztályozást, továbbá neurális hálózat alapú osztályozást és szegmentálást [<http://rsgis.hu/index.php/gis/szoftverek>].

6.2. Ecognition Developer

Az eCognition Developer egy a Trimble cég által forgalmazott hatékony szoftver a geodéziában. Számos megoldást tesz lehetővé az objektum-alapú képelemzések elvégzéséhez. Ezt alkalmazzák a földtudományban, a távérzékelési adatok automatikus elemzéséhez. A műveleteket nagyszámú, kiemelkedő objektum-alapú képelemző eszközök és algoritmusok segítségével végezhetjük. Elemzi a raszteres, vektoros állományokat, illetve pontfelhő beolvasására és kezelésére is képes. Alkalmazható az összes általános távérzékelési feladat elvégzésére, mint a vegetáció térképezés, jellemzők kiemelése, a változás észlelése és tárgyfelismerés. A szoftver lehetőséget ad több forrásból származó adatok együttes kiértékelésre [*Ecognition hivatalos oldala*, <http://www.ecognition.com>].

6.3. Surfer 9

A Surfer egy kereskedelmi szoftver, amelyet Golden Software Inc., Golden, Colorado, USA fejlesztett ki.

A kettő- illetve háromdimenziós térképek, felszínmodellek elkészítésére szolgáló Surfer 9 program segítségével könnyen összehozhatók térképek három különböző módszer alkalmazásával:

- térképszelvények beszkenelése;
- digitalizálás,
- grid (rácshálózat) állomány létrehozása.

A Surfer a modell típusok közül a grid, szabályos rácsháló modellt értelmezi.

A Surfer által használt kiterjesztések:

- Adatállományok (*.dat, *.csv, *.slk, *.xls, stb.)
- Grid (rácsháló)-állományok (*.grd)
- Térkép vagy térfelület-rajz állományok (*.srf)
- Egyebek:

Vektorgrafikus állományok

- AutoCAD dxf (*.dxf)
- ESRI ArcView Shape (*.shp), stb.

Rasztergrafikus állományok

- *.bmp, *.jpg, *.tif, *.gif, stb.

Menürendszer:

- File: hagyományos állományműveletek (megnyitás, mentés, importálás, exportálás, stb.)
- Edit: hagyományos szerkesztés (kivágás, másolás, beillesztés, „undo”, „redo”, stb.)
- View: a nézet beállításai (nagyítás, kicsinyítés, egész lapos nézet, stb.)
- Draw: nem koordinátákhoz, hanem a laphoz „kötött” objektumok létrehozása (vonal, ellipszis, négyzet, szimbólum, stb.)
- Arrange: objektumok sorrendbe rendezése, forgatása, igazítása, stb.

- Grid: minden, ami a rácshálók gyártásához, módosításához, szerkesztéséhez kell
- Map: minden, ami a 2D és 3D ábrázoláshoz kell
- Window: hagyományos Windows ablakkezelés (ablakok megjelenítése, aktuális ablak kiválasztása, stb.)
- Help: részletes súgó angol nyelven [*Fehér Zsuzsanna, 2011; Kovács Balázs & Szanyi János, 2006*]

A program használata során alkalmaztuk az adatok grid állománnyá alakítását, amelyet a rendelkezésünkre álló 9 darab "TXT" formátumú szelvény alapján készítettünk el. Továbbiakban ezeket a különálló szelvényeket a Mosaic parancs segítségével egyesítettük. Az összefűzött szelvények alapján levezettük a terület lejtő-kategória, illetve kitettség térképét, melyeket a Grid menüpont alatt található Calculus parancs segítségével állítottunk elő. A program lehetőséget ad az egyes kategóriák színének módosítására, ezt különböző módon tehetjük meg. Válogathatunk a felkínált palettákból, illetve saját igényeink szerint is alakíthatjuk a kategóriák színeit, értékeit. A program számos további funkció elvégzésére képes. Például a DDM térbeli megjelenítésére, amelyre későbbiekben ráfeszíthetők a különböző tematikus térképek.

7. Műholdas felvételek kiértékelése

A kiértékelés folyamata egy előfeldolgozó és egy képosztályozó szakaszra bontható.

7.1. Előfeldolgozás

Az űrfelvételek előfeldolgozásához azok az optikai vagy digitális képátalakítási eljárások tartoznak, melyek szükségesek, hogy a nyers adatokból meghatározott célokra, felhasználásra alkalmas felvételeket állítsunk elő. Ilyen eljárás például a radiometriai korrekció, vagy a geometriai korrekció. Az előfeldolgozás lépései az alábbiak:

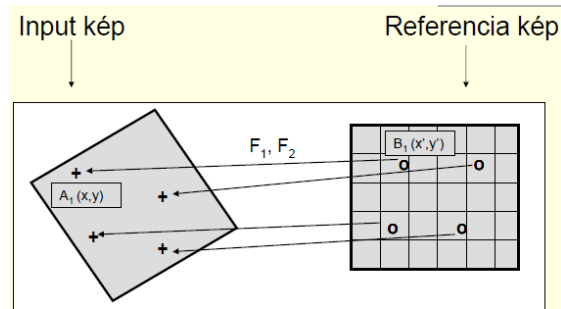
- a digitális képek bevitele a rendszerbe (beolvasás, másolás, konverzió)
- az adatok megjelenítése, kvalitatív-, kvantitatív értelmezése, tájékozódás
- radiometriai hibák csökkentése
- geometriai hibák csökkentése, vetületi rendszerbe transzformálás
- képi információ növelése, lényegkiemelés

[Dr. Csató Éva, 2000; Czímber Kornél, 2001]

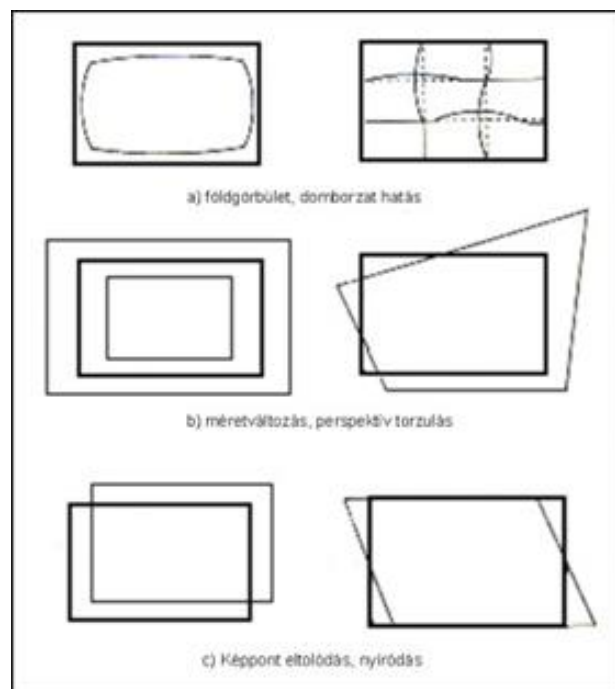
7.1.1. Geometriai korrekció

Az űrfelvételek korrekciója, a földi vevőállomásokon történik meg, méghozzá a felvevő rendszer paraméterei alapján, ezt az eljárást nevezzük rendszer-korrekciónak. A hibák eltávolítása nem maradéktalan, ezért szükségesek további előfeldolgozások.

Geometriai korrekció célja a felvételek térképszerűvé alakítása, a különböző geometriai hibák javítása. A geometriai korrekció során a rendszer működéséből eredő torzításokat javítják. A nyers űrfelvételt többféle geometriai hiba is terheli: a Föld elfordulása, a látószög változása, a lengő tükör egyenetlen mozgása, a földfelszín görbülete, a műhold egyenetlen mozgása következtében előálló hibák. A hibák egy részének kiküszöbölése a vevőállomásokon korrekcióval történik *[Dr. Csató Éva, 2000; Czímber Kornél, 2001; Verőné Wojtaszek Malgorzata, 2010]*.



7.1. ábra: A transzformálandó és referencia térkép kapcsolata
[Verőné Wojtaszek Malgorzata, 2010]



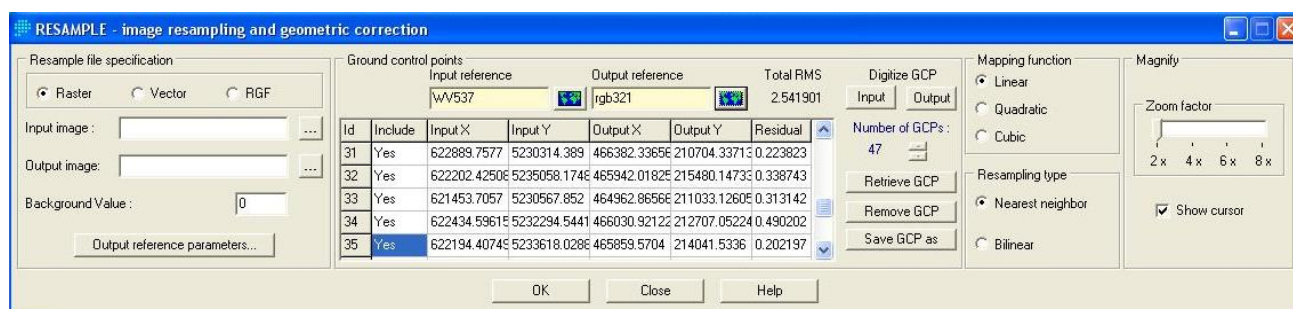
7.2. ábra: Tipikus geometriai hibák
[Verőné Wojtaszek Malgorzata, 2010]

További problémát jelenthet, ha a feldolgozandó térképeknek nem azonos a vetületi rendszer, ebben az esetben térképi vetületbe történő illesztést, transzformálást kell elvégeznünk. Csak ilyen módon lehet több forrásból származó adatokat egy adatbázisban kezelni. A folyamatot illesztőpont párok keresésével, majd ezek interpolálásával hajtjuk el.

A Szombathely területére vonatkozó adatok vetületi rendszere sem azonos, az űrfelvétel HTM, a légifelvétel pedig EOVS rendszerben készült. Ezért egy geometriai transzformációt kellett elvégeznünk a két vonatkoztatási rendszer között. Ennek során összesen 28 illesztőpont párt határoztunk meg, amelyek időben állandó pontok voltak, mint például épület sarokpontok, kereszteződések pontjai, stb.



7.3. ábra: Illesztőpont párok űrfelvételen és légifényképen

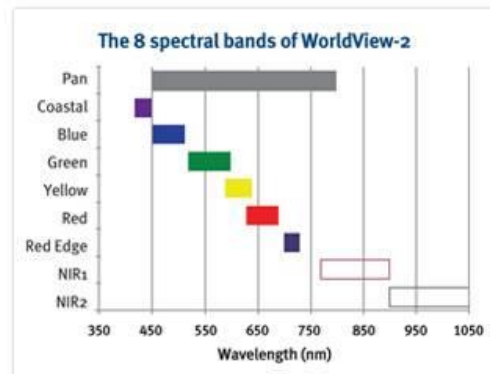


7.4. ábra: Egyes illesztőpontok jellemzői

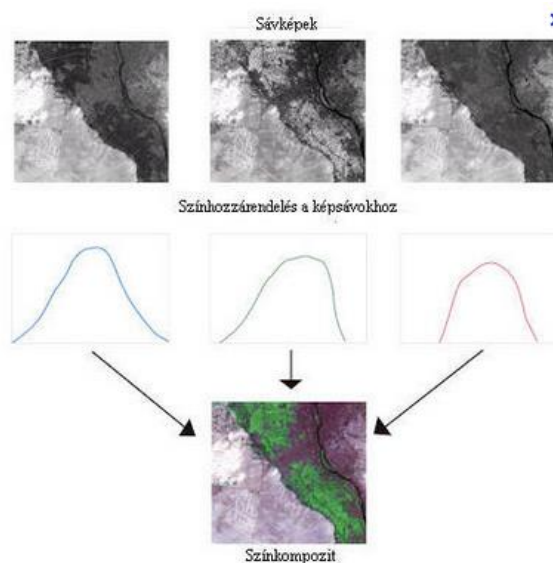
A két forrásból származó illesztőpontok mindkét rendszerben ismert koordinátái segítségével számíthatjuk a feltételezett leképző függvény együtthatóit a legkisebb négyzetek módszere alapján. Az új intenzitási értékek meghatározása a legközelebbi szomszéd módszer alapján történt. Az átszámítási átlagos hiba a pixel mérete alatt volt.

7.1.2. Színtkompozit előállítása

A WorldView2 műhold szenzorai az elektromágneses spektrum 8 sávjában rögzítenek adatokat multispektrális üzemmódban, valamint 1 pánkromatikus sávban. A színtkompozitok előállításakor 3 tetszőlegesen kiválasztott sávhoz hozzárendeljük a 3 alapszínt: piros, zöld és kék (RGB).



7.5. ábra: A WV2 spektrális felbontás



7.6. ábra: Színtkompozit előállítása

[http://www.fomi.hu/taverzekeles_oktatoanyag/taverzekeles/keptulajdonsagok.htm]

Színtkompozitot állítottunk elő, mind az űr, mind a légifelvételtől. Ehhez a következő sávokat használtuk fel: az űrfelvétel esetében az 5, 3, illetve a 7-es; légifelvételnél pedig a 3,2,1-es sávokat. Így az űrfelvétel esetében egy hamis színes színtkompozitot állítottunk elő.

7.2. Műholdas felvétel osztályozása

A képek osztályozása lényegében képpontok, összetartozó képpont együttesek sajátásaik alapján való felismerését, kategorizálását, vagy előre megadott célkategóriák valamelyikébe történő besorolását jellemzi.

A képek osztályozása során a felvételeken általában a következő műveletsort hajtjuk végre:

- a felszínborítási (tematikus) kategóriák meghatározása
- referenciaadatokkal rendelkező tanuló- és tesztterületek kijelölése
- a tanulóterületek alapján a tematikus kategóriák spektrális jellemzőinek meghatározása és spektrális átfedésének vizsgálata
- a felvétel osztályozása
- a tematikus osztályozás pontosság-vizsgálata [*Verőné Wojtaszek Malgorzata, 2010*]

A munka során kétféle osztályozási módszert alkalmaztunk:

- pixelalapú
- szegmensalapú

7.2.1. Osztályozás Idrisi szoftverrel

7.2.1.1. Tanuló területek kijelölése

Az osztályozáshoz úgynevezett tanuló területek meghatározása szükséges. Az egyes tematikus kategóriák mintaterületeinek kijelölése történhet terepi bejárás alapján, vizuális interpretációval vagy korábbi információk felhasználásával. Ezek a mintaterületek és a tesztterületek együttesen a teljes (kiértékelendő) területnek általában a 2-4 %-át alkotják.

Az első csoportot az osztályozás tanulási fázisában használjuk a kategóriák spektrális jellemzőinek meghatározásához, a másikat a kapott osztályozási eredmény pontosságának vizsgálatához [Czimer Kornél, 2001].



7.7. ábra: Tanuló területek (példa)

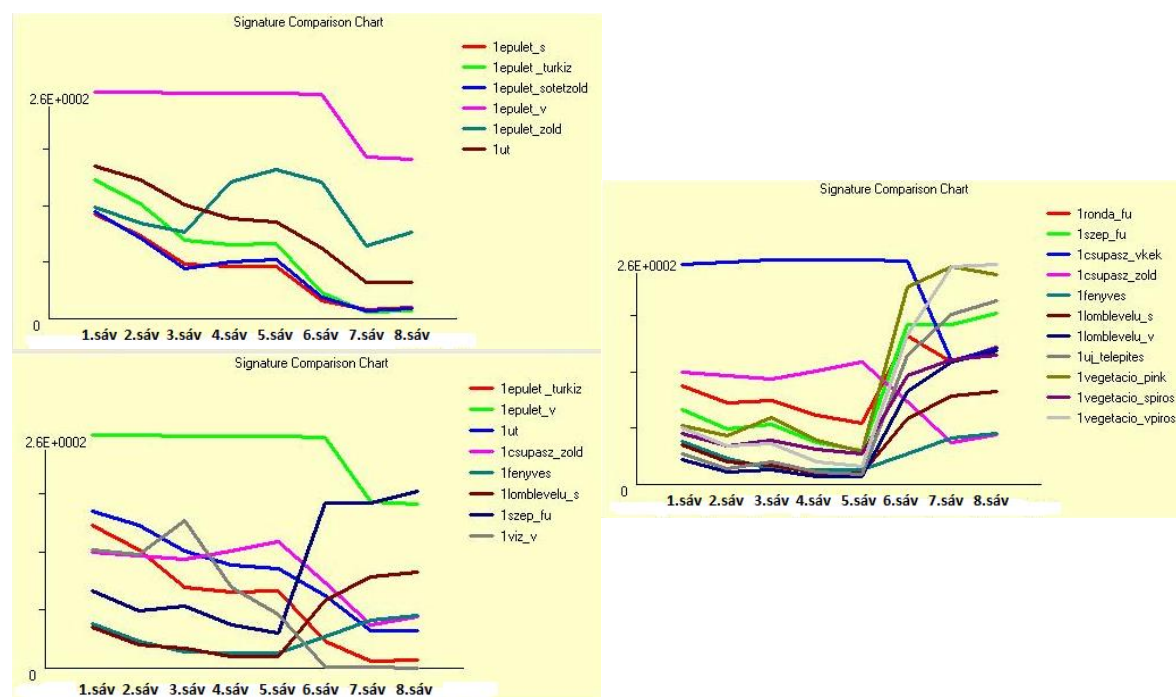
A: Csupasz talai; B: Vegetáció; C: Paneltetős épület

A gyakorlat során olyan tanuló területeket kellett elkülönítenünk, amelyek minden tematikus kategóriát kielégítenek, különböző minőségű, felépítésű vegetáció típust, csupasz talajt és mesterséges létesítményt képviselnek. A tanuló területek kiválasztásánál a következő szempontokat vettük figyelembe: felszínborításokat, térbeli mintázatokat, területek méreteit, homogenitásukat, elhelyezkedésüket. Összesen 16 tanuló terület került kiválasztásra. A végleges tematikus térképezésnél az alkategóriákat összevontuk, így összesen 8 kategória maradt:

- Víz (2 alkategória)
- Fenyves
- Lomblevelű erdő (3 alkategória)
- Fűves terület (2 alkategória)
- Csupasz talaj (2 alkategória)
- Út
- Nyeregtetős épület (3 alkategória)
- Panel tetős épület (2 alkategória)

Ha egy képrészletet alaposabban megvizsgálunk, az egyes tematikus osztályok pixeljei az intenzitás térben jellegzetesen csoportosulva helyezkednek el. A tematikus kategóriák reflektancia értékeinek előfordulását az intenzitástérben valószínűségi függvényekkel jellemezhetjük. A valószínűségi függvények rendszerint Gauss-féle normális eloszlást követnek. A spektrálisan határozott kategóriák szűkebb intervallumban verik vissza az elektromágneses sugárzást, mint a spektrálisan kiterjedt, szétszórt település osztály. Ez érthető, hiszen utóbbiban jóval több, különböző visszaverő elem van. Azonban megfigyelhető, hogy az egyes tematikus kategóriákon belül spektrálisan eltérő adatsortosulások fordulnak elő (pl. eltérő formájú háztető, különböző fafajok, változó minőségű vegetáció), így több alkategóriát kijelölésére volt szükségünk [Czimer Kornél, 2001; Verőné Wojtaszek Malgorzata, 2010; Dr. habil. Mucsi, László, 2011]

A tanulóterületekre jellemző intenzitási értékek (átlag, szórás, hisztogram) elemzésével vizsgálható a kategóriák elkülöníthetősége az adott spektrum tartományban.



7.8. ábra: Tanuló területek átlag értékeinek elhelyezkedése egyes spektrum tartományokban

Egyes vegetáció típusok csak bizonyos spektrum tartományban különíthetők el egymástól. Például a különböző erdők és lágyszárú kategóriák a közeli infravörös tartományban könnyebben választhatók el, mint a láthatóban. Mesterséges felületeknél a változó nyeregtetős épületek között hasonló intenzitási értékek észlelhetők, ami a későbbiek során melléosztályozáshoz vezethet. A víz kategória egyértelműen elkülöníthető, ami a spektrális tulajdonságaiból adódik.

7.2.1.2. Vegetációs indexek meghatározása

A vegetációs index, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) egy dimenziómentes mérőszám, amely egy adott terület vegetációs aktivitását fejezi ki. Értékét a növényzet által a közeli infravörös (NIR) és a látható vörös (RED) sugárzási tartományban visszavert intenzitások különbségének és összegének hányadosa szolgáltatja.

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

ahol: *NDVI* - vegetációs index;
NIR - a visszavert fény intenzitása a közeli infravörös tartományban;
RED - a visszavert fény intenzitása a látható vörös tartományban.

Az NDVI korrelál a területet takaró növényzet fajlagos klorofill tartalmával. Egy adott terület növényekkel való borítottságának meghatározása, vagy a vegetációs stádium megállapítása a különböző hullámhossz-tartományokban visszaverődő fényintenzitások mérését igényli.

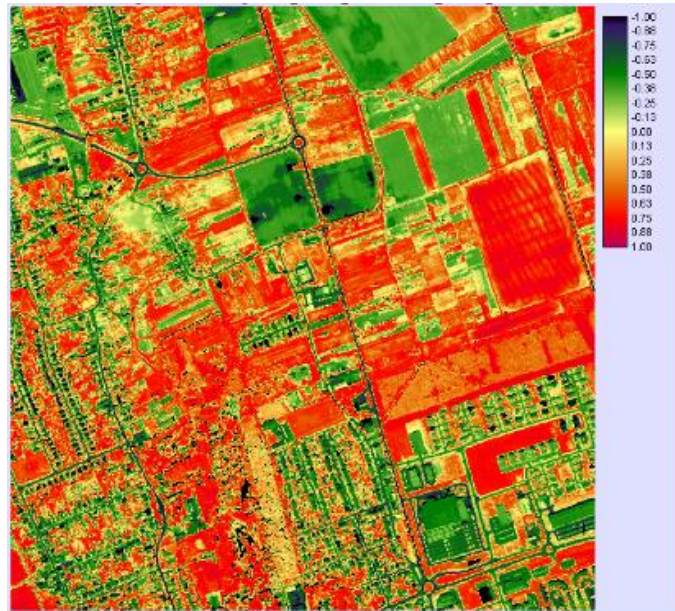
A bioszféra fiziológiás állapotáról képet szolgáltató vegetációs indexet a nagyfelbontású, többsatornás műholdképek megjelenésekor és a távérzékelési módszerek kifejlesztésekor dolgozták ki. Általánosságban, ha egy terület fényvisszaverése a közeli infravörös tartományban sokkal nagyobb, mint a látható vörös tartományban, akkor a terület növényzete valószínűleg sűrű, és tartalmaz valamilyen erdőt. Ha a különbség kisebb, akkor a vegetáció valószínűleg ritkább, valamilyen füves terület, esetleg tundra vagy sivatag.

A vegetációs index alkalmazási lehetőségei:

- nagyterületű vegetációtérképezésre
- növény-sűrűség, egészségi állapot felmérése
- mezőgazdasági növények műtrágya szükségletének meghatározására, kijuttatás hatásának nyomon követésére

- vízigény felmérése
- előzetes termésbecslésre

A gyakorlat során az 5-ös és 7-es sávban számítottunk vegetációs indexeket. Ennek eredményként jutottunk olyan képhez, melynek pixelei +1 és -1 közötti értéket kaptak a felszínborítástól függően. A vízfelület, a felhők negatív értékeket mutattak, a csupasz talaj, szikla és a mesterséges felszínek 0 körüli, míg a növényzet pozitív értékeket. A WorldView spektrális felbontásának köszönhetően lehetőség van úgynevezett módosított vegetációs indexek számítására. Ilyenkor a 6-os (vörös-él) sávot be lehet építeni a vörös sáv (a látható spektrum tartomány) helyére és ez által információt kaphatunk a növényzet egészségi állapotáról, a vegetációt érő ún. stressz hatásokról [Eredics Attila, 2007].



7.9. ábra: NDVI eredménye (5. , 7. sáv felhasználásával)

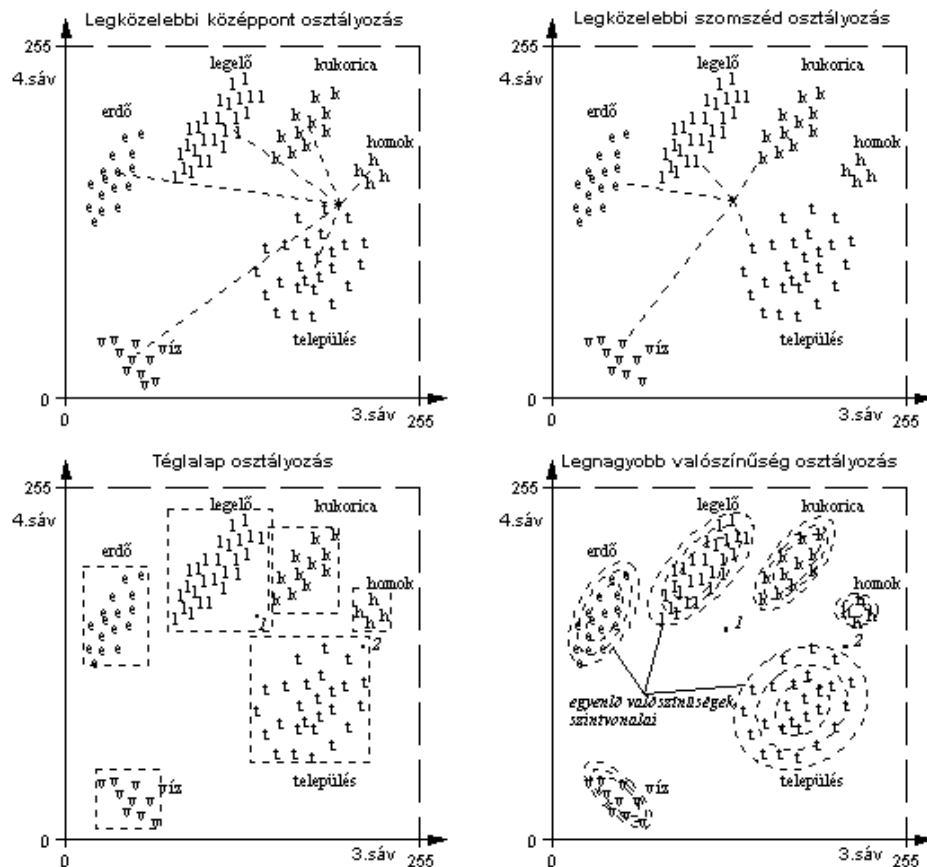
7.2.1.3. Pixel-alapú osztályozás

Pixel alapú osztályozásnál felügyelt osztályozást végzünk, melynek során a kép egyes, ismeretlen hovatartozású pixeleit egy adott tematikus kategóriához, a célkategóriák valamelyikébe soroljuk. Ehhez ismerni kell a célkategóriák spektrális tulajdonságait, vagyis a kategóriákra jellemző leíró statisztikákat és előfordulási gyakoriságukat [Gera Dávid Ákos, Nádor Gizella, Surek György, 2012].

A célkategóriák mintáiból kigyűjtött intenzitási adatok alapján - feltételezve, hogy azonos osztályba tartozó objektumok spektrálisan ugyanúgy viselkednek - az ismeretlen hovatartozású pixeleket összehasonlítjuk az osztályra jellemzőkkel és a leginkább hasonló kategóriába soroljuk be.

A leggyakrabban használt besorolási módszerek:

- a legközelebbi középpontú osztályozás (minimum distance módszer)
- a legközelebbi szomszéd osztályozás
- box, téglalap osztályozási módszer
- maximum-likelihood módszer (legnagyobb valószínűség szerinti)
- Bayes módszer [Verőné Wojtaszek Malgorzata, 2010]



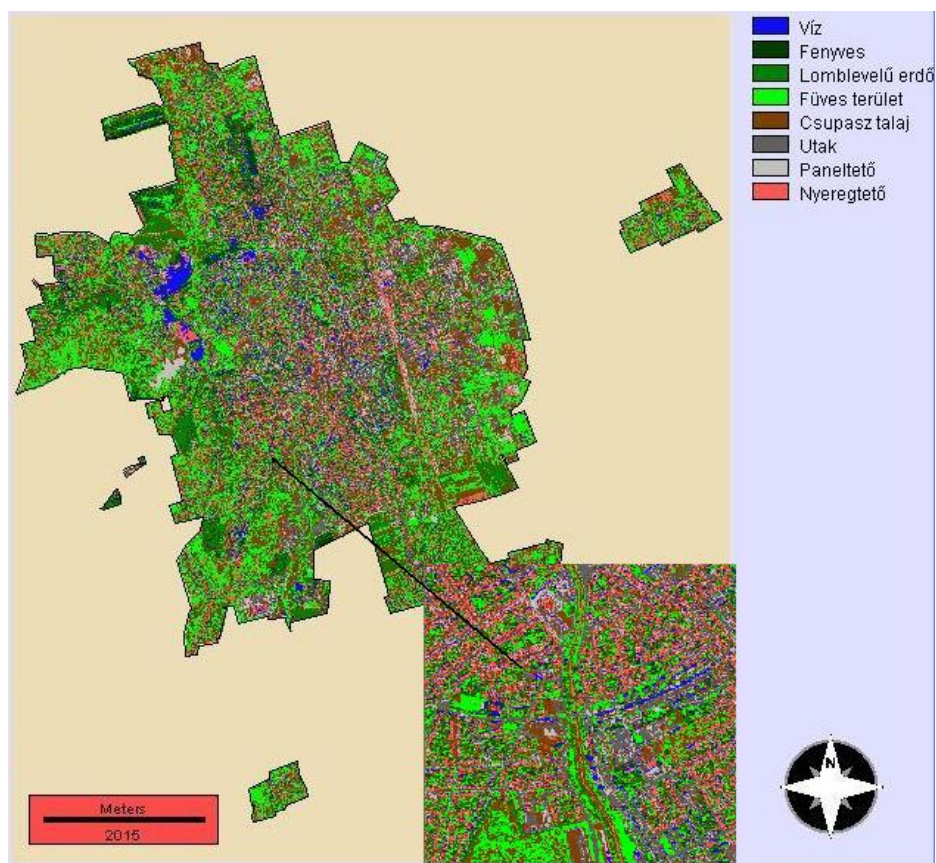
7.10. ábra: Osztályozási módszerek
[\[http://geo.emk.nyme.hu/index.php/17853/\]](http://geo.emk.nyme.hu/index.php/17853/)

A munka során mi a minimum distance módszert alkalmaztuk, ennek értelmében a képpontot a legközelebbi középpontú osztályba soroltuk. Az első osztályozás után a különböző alkategóriák összevonásra kerültek (például az öntözött és száraz füves

területek továbbiakba egy kategóriát (Vegetáció_fű) alkottak), így a felszínborítási térképen a következő kategóriák szerepelnek: Három mesterséges felület, három vegetáció, illetve víz és csupasz talaj. A pixel alapú osztályozással előállított felszínborítási térképre jellemzőek a melléosztályozások, egy adott kategórián belül pixelnyi inhomogenitások (más kategóriába való besorolások) tapasztalhatók. Minden képpontot önállóan vizsgál, jellemző hibaforrása a környezeti információk figyelmen kívül hagyása. Az osztályok határai töredezettek, így elmondható, hogy ezzel az osztályozási eljárással nem érthetük el a megfelelő eredményt. Ezt az állítást a pontosság vizsgálat is igazolja (8. fejezet, 2. sz. melléklet). Az osztályozás során elkülönített tematikus kategóriák területeit a következő táblázat tartalmazza:

7.1. táblázat: Idrisivel készített pixel alapú osztályozás statisztikája

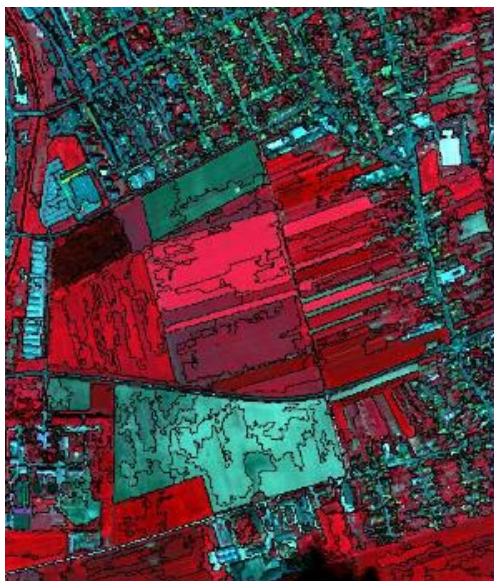
Kategória	Terület [Ha]
Út	404,21
Csupasz talaj	854,51
Víz	129,38
Vegetáció_fű	739,09
Lomblevelű	267,25
Fenyves	164,12
Paneltetős épület	177,52
Nyeregtetős épület	376,06



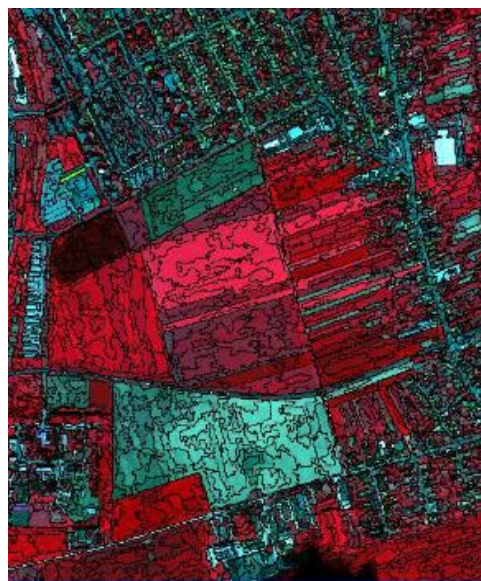
7.11. ábra: Szombathely felszínborítási térképe (pixel alapú osztályozás eredménye)

7.2.1.4. Szegmens alapú osztályozás

Az osztályozás elvégzése előtt szegmentálást kell készíteni. Ez annyit jelent, hogy a képeket egymással összefüggő, homogén, a szomszédoktól elkülönülő területekre osztjuk fel. A multispektrális felvételek használata esetén a homogenitás kritériumokat egyszerre több sávon alkalmazzák. A szegmentálás megkezdése előtt meghatározhatjuk a homogenitáshoz tartozó küszöbértéket. A szegmensek homogenitása kisebb küszöbérték meghatározásával érhető el. Nagyobb küszöbérték esetén a szegmensekre nagyobb méretű heterogenitás jellemző [Verőné Wojtaszek Malgorzata, 2010; Kollár Szilvia, 2010].



7.12. ábra: Szegmensek 40-es küszöbérték estén



7.13. ábra: Szegmensek 20-as küszöbérték esetén

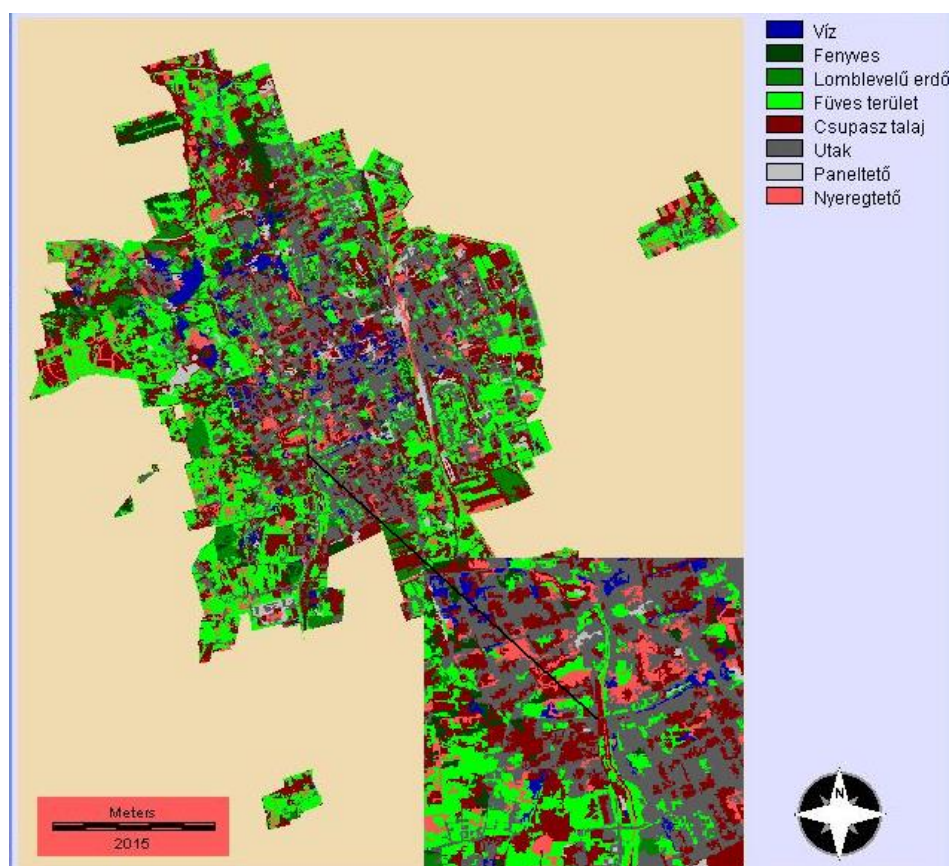
A fenti ábrákon jól látható, hogy a 40-es küszöbérték használatakor túlságosan inhomogén területek kerültek egy objektumba, ami nem kedvező a kiértékelés szempontjából. A 20-as küszöbérték alkalmazásával a szegmensek homogénebbek voltak.

A szegmentáció után elvégezhetjük az objektumok osztályozását, azaz nem az egyes pixeleket, hanem a kialakított szegmenseket rendeljük hozzá az egyes tematikus kategóriákhoz. Az objektum-alapú képelemzéssel olyan információk nyerhetők a felvételtől, melyek a pixelenkénti vizsgálattal nem érhető el.

A szegmens alapú osztályozásánál – különösen spektrálisan hasonló kategóriák esetében – téves besorolások fordulnak elő. Az osztályozási eljárás során hibát okoz, hogy a túlságosan kicsi, szomszédos, intenzitási értékben hasonló felszínborításokat összevonja és ezt a későbbiekben egy szegmensként kezeli. A szegmens alapú osztályozás eredményei a pixel-alapú osztályozáshoz képest kielégítőbbek voltak (pontosság vizsgálat 8. fejezet, 3 számú melléklet). Ezzel a módszerrel besorolt felszínborítások területi adatait a 7.2. táblázatban mutatjuk be.

7.2. táblázat: Idrisivel készített szegmens alapú osztályozás statisztikája

Kategória	Terület [Ha]
Út	791,72
Csupasz talaj	801,67
Víz	95,95
Vegetáció_fű	930,62
Lomblevelű	96,19
Fenyves	128,17
Paneltetős épület	82,80
Nyeregtetős épület	185,03

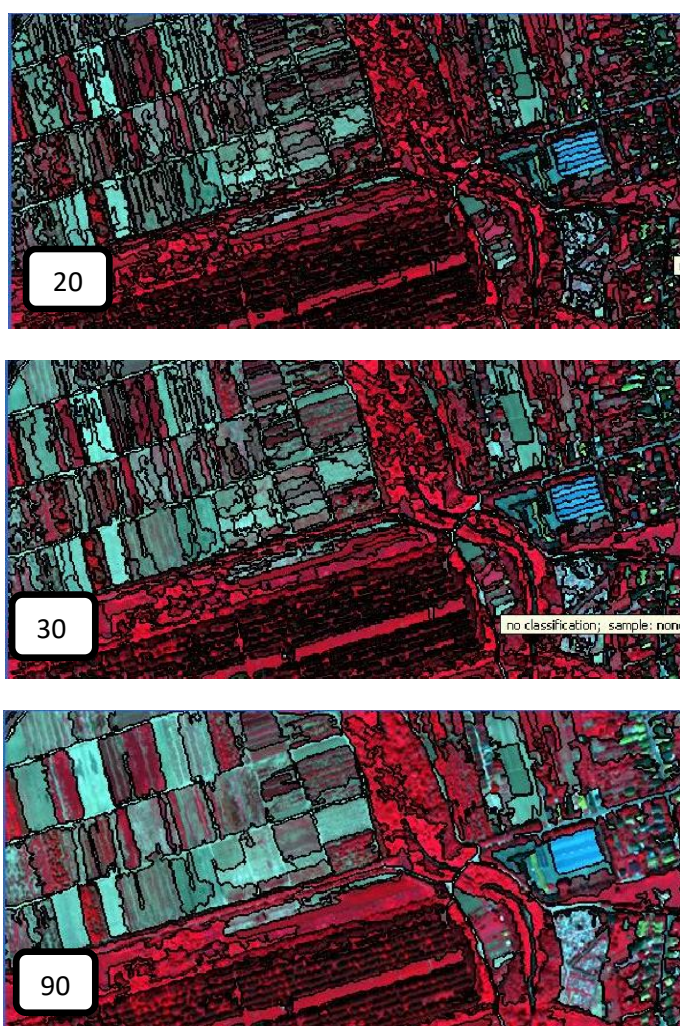


7.14. ábra: Szombathely felszínborítási térképe (szegmens alapú osztályozás eredménye)

7.2.2. Osztályozás eCognition szoftverrel

Az Idrisi Taiga szoftverrel bizonyos tematikus kategóriákat nem lehetett elkülöníteni spektrális tulajdonságaik alapján. Az eCognition Developer szoftver hatalmas eszköztárral rendelkezik, mely felhasználható az osztályozási eljárások fejlesztéséhez. Ez a szoftver az osztályozás során nem csak a spektrális tulajdonságokat veszi figyelembe, hanem lehetőséget ad az alak, textúra és térbeli összefüggések (szomszédsági viszonyok, szegmens környezete) vizsgálatára is [Gera Dávid Ákos, Nádor Gizella, Surek György, 2012].

Ebben az esetben is az osztályozást a szegmensek kialakítása előzi meg. A szegmentálást több lépésben, eltérő szegmentálási kritériumok beállításával hajtottuk végre. Ezek eredményei a következő ábrán láthatóak (7.21. ábra).



7.15. ábra: Különböző küszöbértékű szegmentálások (20,30,90)

Az osztályozás folyamata:

- Új projekt létrehozása, a szükséges adatok, úrfelvétel beimportálása. A munkaállományt tetszőlegesen elnevezhetjük, illetve megadhatjuk a munkaterületre vonatkozó megszorításokat.
- Színkompozit előállítása, azaz a műholdas felvétel egyes sávjainak hozzárendelése a három alapszínhez, a mi esetünkben 7-est a piroszhoz, 5-öst a zöldhöz, 2-est a kékhez rendeltük hozzá.
- A „Process Tree” ablakban hierarchikusan felépülő osztályozási modell előállítása. Elindíthatjuk a szegmentálást, megadjuk a szükséges algoritmusokat, amelyek értéke tapasztalat alapján határozható meg. Amennyiben a területek homogenitása nem megfelelő, akkor újabb szegmentáció indítható, a már meglévők megtartása mellett.
- Definiálni kell a szerkesztő panelben a továbbiakban felhasználásra kerülő tematikus kategóriákat, majd ezekhez hozzá kell rendelni 1-1 megjelenítési szint.
- Tematikus kategóriákat leíró tulajdonságok számítása (pl. NDVI érték, intenzitási érték/sáv, méret, alak, hosszúság, szomszédsági viszonyok).
- Az adott kategóriára jellemző tulajdonságok kiválasztása, küszöbérték meghatározása.
- Tematikus kategóriák leválogatása több tulajdonság alapján (NDVI, intenzitási érték, hosszúság, hosszúság- szélesség aránya, intenzitás, alak, terület).
- Az osztályozott kép exportálása.

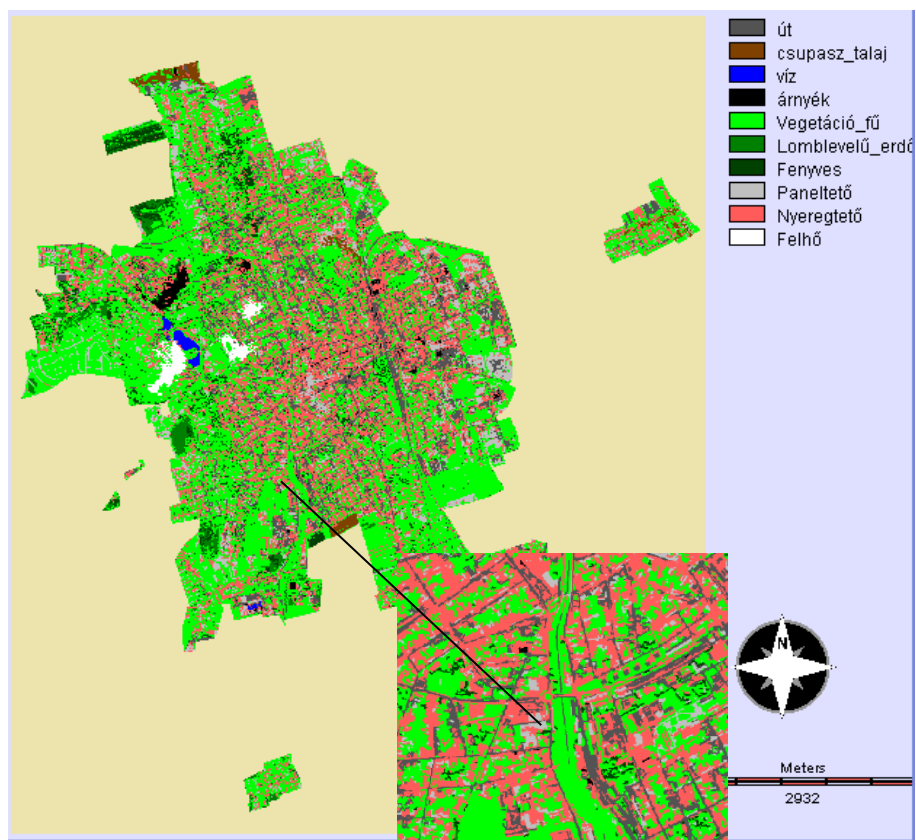
Az egyes kategóriákra jellemző tulajdonságok és hozzá tartozó küszöbértékek kiválasztása után megtörtént a szegmensek osztályszerinti besorolása. Első megközelítésben NDVI indexek és intenzitási értékeke alapján végeztük el az osztályozást, melyet a továbbiakban egyéb tulajdonságok (geometriája, területe, hosszúság- szélesség viszonya, hosszúsága) alapján módosítottunk. A következő táblázat

mutatja mely kategóriákat milyen tulajdonság alapján osztályoztunk, majd javítottunk a pontosabb elkülönítés érdekében.

7.3. táblázat: eCognitionnel készített tematikus kategóriák osztályozásának és módosításának alapja

Kategória	osztályozás alapja	módosítás alapja
Víz	Intenzitási érték (8. sáv)	Egyesítés
Árnyék	Intenzitási érték (8. sáv)	Terület
Vegetáció_fű	NDVI (7-5)	Intenzitási érték (1. sáv)
Fenyves	NDVI (7-5)	
Lomblevelű	Intenzitási érték (1. sáv), NDVI (7-5)	Terület
Csupasz talaj	NDVI (7-5)	Egyesítés Terület
Panel tető	Intenzitási érték (8. sáv)	Egyesítés Terület Intenzitási érték (6. sáv) Alak
Nyeregtető	NDVI (7-5)	Terület
Út	Hosszúság	Brightness Terület Egyesítés
Felhő	Terület	Terület

Az eCognition esetében összesen 10 kategóriát alakítottunk ki: Három mesterséges létesítmény, három vegetáció, csupasz talaj és víz mellett, létrehoztunk két osztályt, amelybe felhős és árnyékos területek kerültek besorolásra. A leíró tulajdonságok alapján elvégzett osztályozás eredménye a 7.16. ábrán látható. Az egyes kategóriák területét pedig a 7.3. táblázat mutatja meg.



7.16. ábra: Szombathely felszínborítási térképe (szegmens alapú osztályozás eredménye eCognition szoftverrel)

7.4. táblázat: eCognitionnal készített szegmens alapú osztályozás statisztikája

Kategória	Terület [Ha]
Út	347,16
Csupasz talaj	25,02
Víz	8,56
Vegetáció_fű	1481,12
Lomblevelű	67,57
Fenyves	107,97
Paneltetős épület	281,37
Nyeregtetős épület	744,59
Felhő	25,94
Árnyék	22,86

7.3. Az osztályozási pontosság vizsgálata

A kvantitatív osztályozás során elengedhetetlen, hogy az osztályozás pontosságáról ismereteink legyenek. Az osztályozás pontosságának meghatározását a tesztterületek pixelei, a tesztanyag osztályozása alapján számítjuk. A pontosságvizsgálat egyik eszköze lehet a tévesztési mátrix, a másik pedig a tévesztési térkép.

A tematikus kategóriák tesztanyagának osztályozás utáni megoszlását a tévesztési mátrix (hibamátrix) soraiban helyezzük el. A mátrix azt mutatja, hogy egy adott osztály tesztanyaga milyen százalékban sorolódik be az egyes tematikus osztályokba [Czímber Kornél, 2001].

A munka során tesztterületeket hoztunk létre, amelyek száma meg kellett, hogy egyezzen a tematikus kategóriák számával. Ezek után a tesztterületek pixeleit összevetettük az egyes osztályozott képek pixeleivel, a pixelenkénti összehasonlítás eredményeiből előállítható hibamátrix, mely osztályonként megmutatja a helyes és téves besorolásokat. A pixel és szegmens alapú eljárás osztályozás pontosság vizsgálatának eredményeit a következő (7. 5. táblázat) táblázat tartalmazza.

7.5. táblázat: Különböző programok és osztályozási módszerek pontosságának összehasonlítása

Tévesztés foka elsőfajú hiba esetén	Idrisi (Pixel alapú osztályozás)	Idrisi (Szegmens alapú osztályozás)	eCognition (Szegmens alapú osztályozás)
50 % alatti	Víz Vegetáció fű Lomblevelű Fenyves	Víz Vegetáció fű Lomblevelű Fenyves	Víz Lomblevelű Fenyves Csupasz talaj Nyeregtető Árnyék Felhő
50 % feletti	Paneltető Nyeregtető Út Csupasz talaj	Paneltető Nyeregtető Út Csupasz talaj	Nyeregtető Vegetáció fű Út

Megfigyelhető, hogy az eCognition segítségével elvégzett osztályozás nagyobb pontosságot biztosít. A program által a pixelek 74 %-a megfelelő kategóriába került. Ezzel szemben az Idrisi szegmens alapú osztályozás átlagos találati aránya 65 %, pixel alapú esetén pedig 50 %. Pixel alapú osztályozásnál kimagasló a nyeregtető épületek tévesztése, ezek nagy részét út vagy víz kategóriába sorolta, ennek oka kereshető a két kategória hasonló spektrális jellegében, illetve abban, hogy az épületekre árnyék vetődik, amely intenzitási értéke hasonló a vízével. A módszernél a fenyvesek besorolása mutatta a legpontosabb eredményt, 85 % a találati arány. Az Idrisi szegmens alapú osztályozása esetében ismételtén a nyeregtető épületek okozták a legtöbb besorolási hibát, mivel az egyes mesterséges kategóriák hasonló spektrális tulajdonságokkal rendelkeznek. A módszer a fenyveseknél 100 %-os pontosságot ért el.

Ecognition esetében a hibamátrix rámutatott, hogy a legnagyobb tévesztés a mesterséges felszínborításra (út, épületek) jellemző. Annak ellenére, hogy az osztályozásnál spektrális tulajdonságok mellett figyelembe vettük az épületek alakját, utak hosszát, hossz és szélesség arányát, a fenti két osztályra nem sikerült olyan jellemzőt találni, mely alapján egyértelmű lenne a besorolás. A víz, csupasz talaj, illetve a felhő besorolása 100 %-os volt. Ezen felül a lomblevelű erdők és fenyvesek esetében is 90 % feletti osztályozási pontosságot értünk el. A füves területek osztályozásánál tapasztalható még magas, 50 % feletti hibaérték. A felvétel nyári időszakban készült, amikor az öntözés nélküli füves területek kiszáradtak és intenzitási értékük is megváltozott, ennek eredménye, hogy ezen felületek spektrális tulajdonságai nagyon hasonlóak a csupasz talajjal.

8. A DDM és a település terjeszkedésének kapcsolata

8.1. Szombathely topográfiája

Szombathely Magyarország nyugat-dunántúli részén, Vas megyében található, megyei jogú város. Földrajzi helyzete: 47° 13' 47" északi szélesség és 16° 37' 07" nyugati hosszúság. Az Alpokalján, a Perint és Gyöngyös patakok lapályán, a Gyöngyös-sík nyugati peremvidékén fekszik, ott, ahol a Kisalföld sík vidékét az Alpokalja dombos-hegyes tájai váltják fel. Tengerszint feletti átlagos magassága 220 m, amely 170 métertől 290 méterig terjed.[<http://hu.wikipedia.org/wiki/Szombathely#Fekv.C3.A9seg>]

A város nyugati részén terülnek el a csekély emelkedésű szombathelyi „hegyek”, ezek emelkedése a még inkább nyugatra fekvő városi erdőkkel, s az ezeket követő oladi határral fennsíkká szélesedik ki. A hegyek három egységre tagolhatók: a déli határnál kismértékben kimagasodó, kezdődő hegyeket egész a nárai útig alsóhegynek nevezik; innentől indul az ördögátnak mondott vízmosás útig terjedő középhegy, vagy korábbi megnevezése szerint szőlőhegy, ezt követi egészen az Olad-helységig terjedő, s itt nyugati irányt követő felsőhegy.

[http://193.225.149.5/vdkweb/vm_szombathelymonografia/helyrajz.html]

8.2. Digitális Domborzat Modell

Minden település jellegében, fejlődésében meghatározó a terület topográfiája. A domborzati viszonyokkal szorosan összefüggő tényezők, például a beépítettség mértéke, a kialakult térszerkezet, a zöldfelületek nagysága és településen belüli elhelyezkedése, a város természetes és mesterséges vízfelületei, egyéb vízáteresztő felszínborítási kategóriái. Egy település komplex vizsgálatához, elemzéséhez nélkülözhetetlen a digitális domborzatmodell ismerete. [Balázsik Valéria, Engler Péter, Mélykúti Gábor, 2012]

A különböző jellegű tájak és domborzati formák változatossága miatt erősen változó a mért pontok száma és elhelyezkedése, amelyek szükségesek a terep magassági viszonyainak a meghatározásához. A terep domborzati viszonyairól gyűjtött magassági adatok számszerű formában rögzített, célszerűen rendezett halmaza, a szükséges számítási

eljárásokkal együtt, melyek segítségével a további magassági adatok és információk egyértelműen, a megfelelő megbízhatósággal levezethetők, más megfogalmazásban ezt nevezzük digitális domborzatmodellnek [Dr. Mélykúti Gábor]. (Továbbiakban DDM)

A DDM létrehozása azért speciális feladat, mivel a fizikai földfelszín teljesen szabálytalan. Ezt a felületet kell matematikai függvények segítségével leírni úgy, hogy az minél inkább közelítse a valóságot. Míg egy ember alkotta építmény, mesterséges objektum szabályos felülethatárai a számítógépes modellezés során matematikailag viszonylag egyszerűen leírhatóak, addig a teljesen szabálytalan fizikai földfelszínt digitális modellezéskor csak jól közelítő felületelemekkel helyettesítjük.

A modellezés alapját a terep kiválasztott pontjai, más néven támpontok alkotják. A támpontok esetében beszélhetünk eredeti vagy elsődleges támpontokról, illetve levezetett vagy másodlagos támpontokról. Eredeti támpont például a terepen közvetlenül mért pont, levezetett támpontok a szabályos rács, számítással meghatározott rácpontjai. A támpontok eloszlását tekintve három csoportot különböztetünk meg:

- szabályos: a pontok szabályos rácsháló mentén helyezkednek el
- struktúrális: a támpontok a domborzat jellegzetességeit veszik figyelembe, pl. a kúppontok, idomvonalak pontjai, stb.
- véletlenszerű, pl. folyómederben mért pontok

Az adatgyűjtés több módon történhet:

- geodéziai (rácsmérés, idomvonal mérés, véletlenszerű mérés)
- fotogrammetriai (kiértékelés metszet, rács és szintvonal mentén)
- kartometriai (adatgyűjtés térképről)
- terep lézeres letapogatása
- adatbányászat (egyéb adatforrásból)

A mi esetünkben levezetett, szabályos eloszlású, kartometriai módszerrel meghatározott támpontokról beszélünk.

A domborzatmodellezés megbízhatóságát több tényező is befolyásolja:

- az eredeti támpontok mérési módszereinek megbízhatósága,
- a mért támpontok mennyisége és megbízhatósága,
- a támpontok eloszlása,
- terepfelszín tagoltsága, változatossága, domborzati viszonyok.

A Földmérési és Távérzékelési Intézet (FÖMI) Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium Földügyi és Térinformatikai Főosztálya EU Harmonizációs ANP programja keretében 2000-ben három, egymással összefüggő nagy programot indított:

- 2000-ben, a millenium évében mintegy három hónapos intervallumban sikeresen végrehajtották az ország teljes területének a légifényképezését. 1:30 000 méretarányban, 4500 m magasságból összesen 7746 db színes diapozitív, ebből az ismételt képeket levonva 6667 db felvételt készítettek, melyeket később szkenneléssel digitálissá alakítottak.
- Ezzel párhuzamosan előállították az ország teljes területét lefedő 4098 db 1:10 000 méretarányú analóg topográfiai térkép alapján a domborzati fedvények vektorizálásával az 5 m x 5 m rácssűrűségű digitális domborzatmodellt.
- Előzőek felhasználásával Magyarország teljes területére előállították az 1:10 000 –es méretaránynak megfelelő, szelvényhatáros digitális ortofotókat.

Valamennyi munkafázist szigorú minőség ellenőrzés követte. Ennek alapján az előállított digitális ortofotókat ± 0.60 m koordinátahibával, a DDM-et ± 0.70 m magassági hibával jellemezhetjük [<http://www.fomi.hu/honlap/magyar/projektek/leirasok/MADOP.htm>].

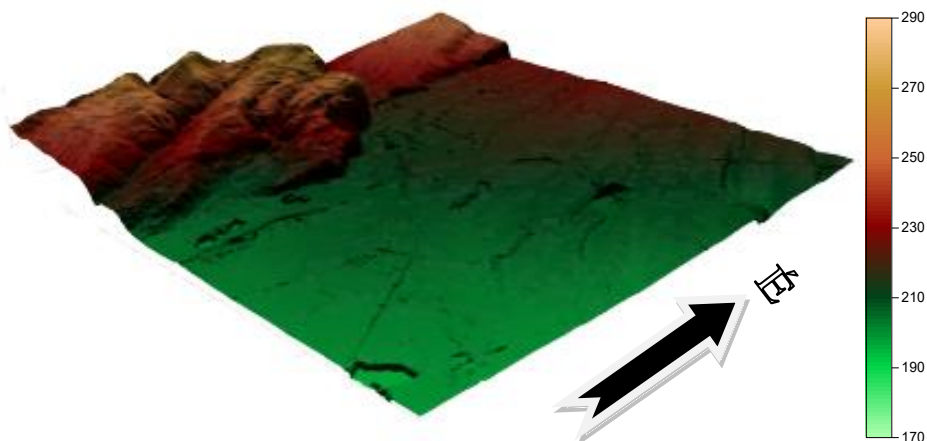
A digitális domborzatmodellek számos szakágban jól hasznosíthatóak, de városi területek esetében gyakran gátat szabott a modellek alkalmazásának a beépítésből adódó magassági értékek ismeretének hiánya. Ma már városi területek estében gyakran alkalmazzák a digitális felszínmodelleket (DFM), amely a természetes és mesterséges objektumokat is tartalmazza.

A DDM alkalmazási területei:

- Geodéziában
- Fotogrammetriában
- Földrengések vizsgálatánál
- Építőmérnöki, műszaki tervezésnél
- Távközlésben
- Fontos részét képezik a települési, térinformatikai rendszerek adatbázisának

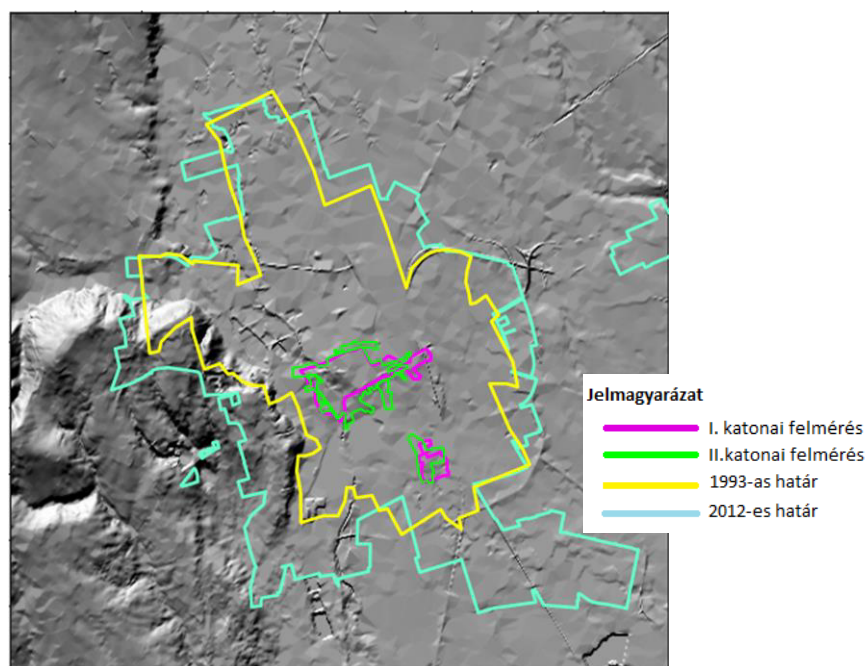
Ezekben belül városi talajveszteség vizsgálata, csapadékvíz elvezetés tervezése, korszerűsítése, záportározók tervezése, a város terjeszkedésének és térszerkezetének alakulása a topográfiai jellemzők tükrében, domborzat- és felszínmodellek figyelembe vétele városrendezési tervek készítésénél, magassági modellek felhasználása a helyi építési szabályzat előírásainak betartásánál, engedélyezési eljárásokban, beruházások megvalósulását követő ellenőrzés, térbeli szemléltetés más szakterület képviselői számára, városüzemeltetési feladatok tervezése [Balázsik Valéria, Engler Péter, Mélykúti Gábor 2012].

A dolgozat elkészítéséhez rendelkezésünkre állt 9 darab szelvény, 20x20 méteres rácsméretű, „txt” formátumú állománya, amelyeket első lépésben át kellett alakítani „GRID” formátumúvá. Ezeket a szelvényeket a Mosaic parancs segítségével összefűztük és a későbbiekben ezt használtuk fel a modell létrehozására és megjelenítésére (8.1. ábra), majd ennek alapján állítottuk elő a lejtő-kategória és kitettség térképeket. (8.6. ábra, 8.7. ábra)



8.1. ábra: A település domborzatmodelljének térbeli nézete

A 8.1. ábrán megfigyelhetjük, hogy a település és környezete domborzati elemei változatosak. A terület nagyobb része síknak tekinthető, csupán néhány 10 méter magasságkülönbség jellemezi. Ez a rész északi irányba enyhén emelkedő. A terület nyugati felén találhatóak nagyobb kiemelkedések, amelyek helyenként elérik és meghaladják a 270 méteres magasságot. Viszont a terület legmagasabb pontjai is még csak dombság kategóriába sorolhatók be, mivel a meghatározás alapján csak az 500 méternél nagyobb tengerszint feletti magasságot vagy a szomszédos területekhez képest 200 méterrel magasabb területeket nevezhetjük hegyeknek.



8.2. ábra. A település határai a DDM-en megjelenítve különböző időszakokban (felülnézet)

A különböző időszakokból ismert településhatárokat rávetítettük a domborzatmodellre (8.2. ábra). A város kiterjedését jelző határok jó láthatósága érdekében a domborzatmodellt szürke árnyalatban, felülnézetben jelenítettük meg. A különböző időben készült adatokat eltérő színekkel jelöltük.

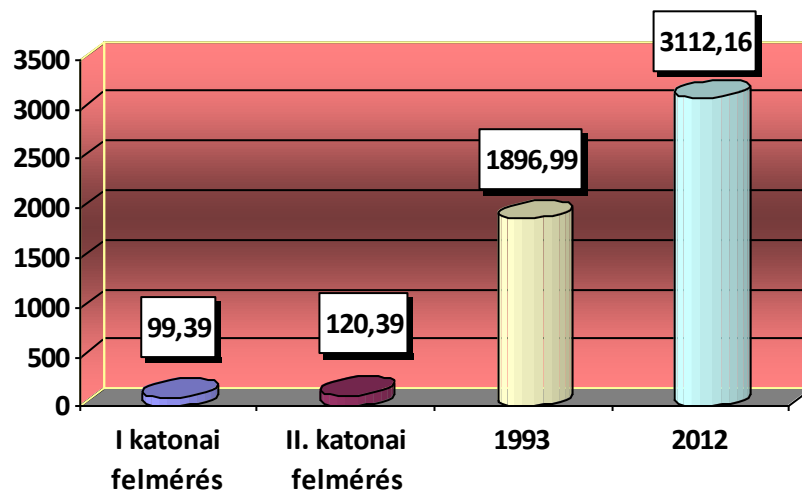
Sajnos a rendelkezésünkre álló szelvények nem fedték le teljesen a mai Szombathely belterületi részét. A városnak vannak olyan különálló részei, melyek közigazgatásilag Szombathelyhez tartoznak, de ezekről a területekről térképünk, domborzatmodellünk nem volt.

A 8.2. ábra alapján megfigyelhető, hogy az I. katonai felmérés, pontosabban az 1780-as évek elején, illetve a II. katonai kataszteri felmérés idejében, a 19. század elején a település belterülete a sík területeken, nagyarányú átfedéssel helyezkedett el. Területe nem terjedt ki a hegyekre, de a DNY-on húzódó kiemelkedések védelmet nyújthattak a jellemzően nyugatról érkező szélsőséges időjárások ellen. A 90-es években készült térképről leolvasható, hogy a település főként északi irányba, illetve keletnek terjeszkedett, elkerülve a dombvidéket. NY-on figyelhető meg kisebb területfoglalás a magasabb részekben. Napjainkra jellemző, hogy a város belterülete is elfoglalja a már említett dombvidékes terület bizonyos részét. A határvonalból nem állapítható meg, hogy ezeken a területeken milyen hasznosítás folyik, ezért a későbbiekben a földhasználati kategóriák alapján is elemezzük majd a domborzatmodellünket. (8.5. ábra, 8.6. ábra)

Területváltozási táblázat:

8.1. táblázat: A város területének alakulása a vizsgált időpontokban

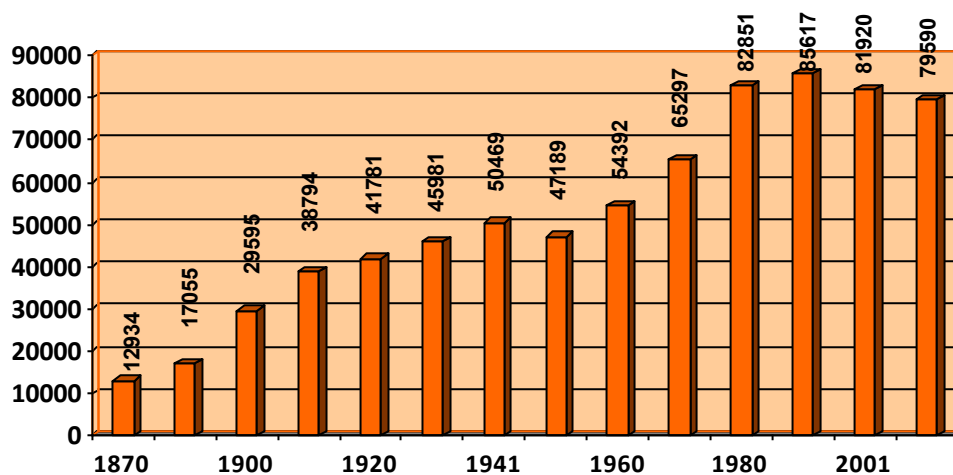
Évszám	I. katonai felmérés (1780-1784)	II. katonai felmérés (1819-1869)	1993 (turista térkép alapján)	2012 (földhivatali nyilvántartás alapján)
Terület [ha]	99.39	120.29	1896.99	3112.16



8.3. ábra: A területek nagysága diagrammon (ha)

A 8.1. táblázat adatait tekintve a katonai felmérések közötti időszakban a terület növekedése alig haladja meg a 20 %-ot, de az 1990-es évekre bekövetkező területnövekedés majdnem 16-szoros. Feltételezhető, hogy a terület nagymértékű növekedése a demográfiai változásoknak, illetve egyéb okoknak tulajdonítható. A mai terület pedig a 1993-as adathoz képest majd 40 %-os növekedést mutat.

8.3. Népeség és területváltozás



8.4. ábra: A népeség alakulása 1970 és 2011 között

A 8.4 ábra adatait elemezve a következők figyelhetők meg. A II. katonai felmérés utáni évektől egészen a 90-es évekig a lakosság száma több mint 6-szorosára nőtt. Ez a tendencia egy kisebb időszakra változott meg, csökkenést mutat 1941 és 1949 között, ami minden bizonnyal a második világháború idején tartó pusztításoknak tudható be. Ez

csupán néhány évig tart, mivel elkezdődik egy újabb erőteljes növekedés. Ez leginkább abból ered, hogy az ipar aránya megnövekedett a mezőgazdasághoz képest, amely ösztönözte az emberek városba költözését. A szocializmus idején, az 1960-as és 90-es évek között Szombathely is nagymértékű ipari fejlődésen ment keresztül, illetve a bevándorlás is megnövekedett a szomszédos településekről. A hirtelen növekedéssel fellépő lakásigényeket a tömblakások építésével próbálták megoldani. Erre az időszakra tehető a legtöbb lakótelep létrejötte, amely a kiértékelt ürfelvételeken is fellelhető.

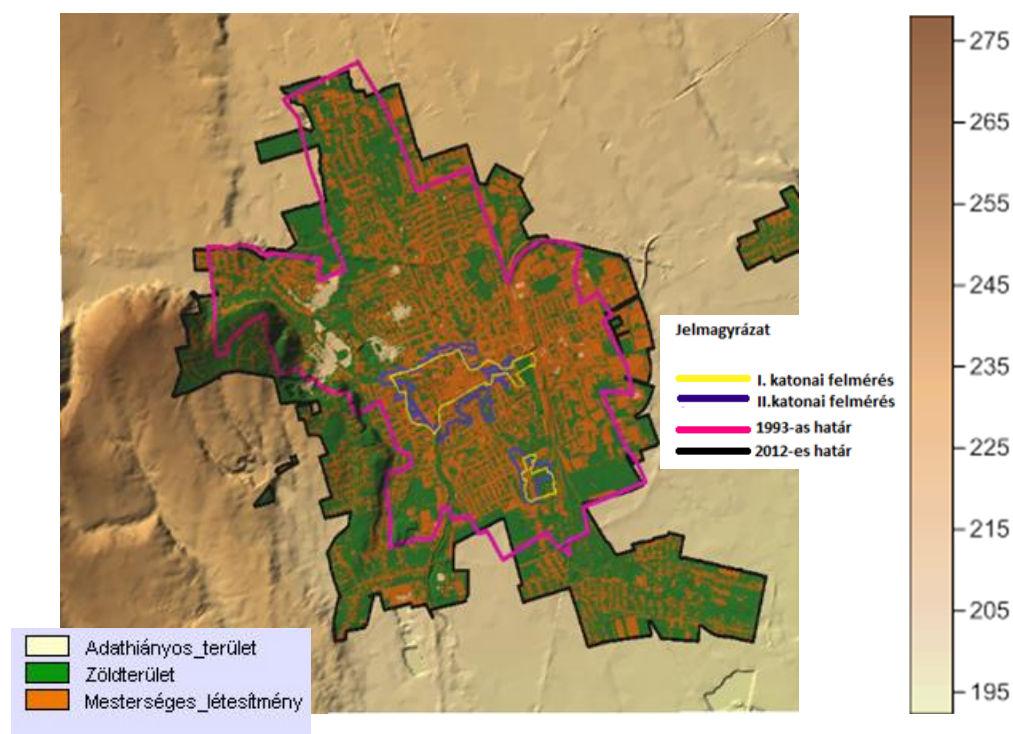
A 90-es évek és 2012 (79 348 fő) között a népesség számában 7 %-os csökkenés látszik, ugyanakkor a területnövekedés 64 %-os. Ennek oka egyrészt a családi házas övezet növekedése - sokan cserélték fel a panellakást kertes házra -, másrészt a környező kistelepülések közül néhánynak Szombathelyhez csatolása. Ennek nyomait mutatja a város 1993 utáni terjeszkedése.

A rendszerváltást követően a népesesség csökkenni kezdett. 2000-2009 között lassult a népességfogyás.

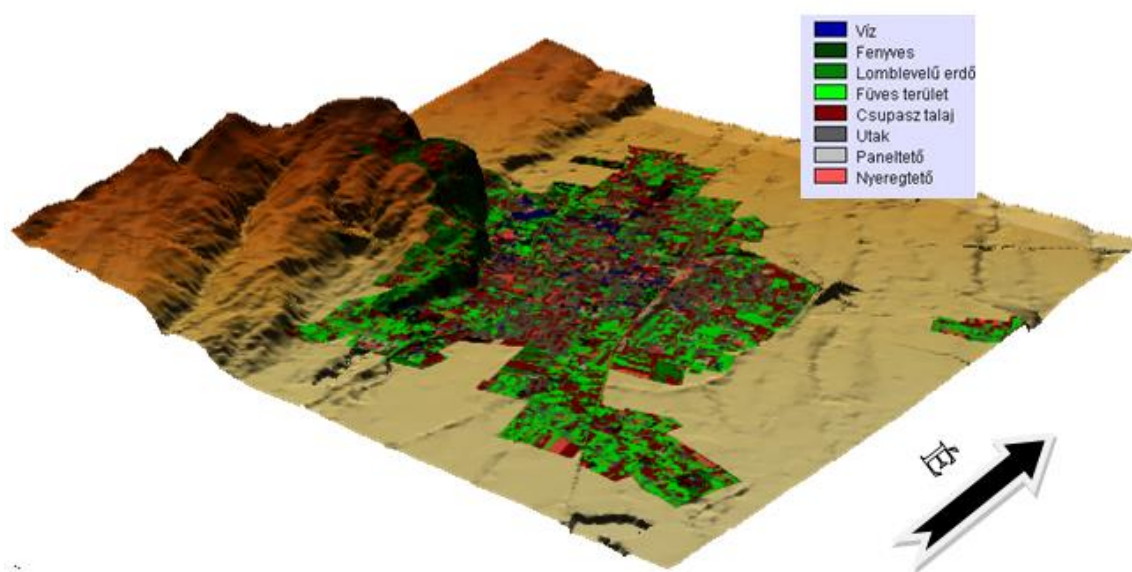
8.4. Domborzat és térszerkezet

Egy város életében nagyon fontos szerepet tölt be a zöldterületek nagysága, ezen belül is főként a vegetációval borított területeké. A 8.3. ábra alapján megfigyelhető, hogy a központtól távolodva egyre csökken a mesterséges létesítmények és nő a zöldterületek aránya. A legnagyobb mértékű urbanizáció az I. és II. kataszteri felmérés által érintett területeken figyelhető meg, ezen részek képezik mai napig Szombathely belvárosát. Egy településen és környezetében minél nagyobb területi arányú a vegetáció, feltételezhetően annál kedvezőbbek az életfeltételek. A növényzet nagymértékben befolyásolja a levegő, illetve víz minőségét, ezen felül utal a talaj tisztaságára és termőképességére is. Az 1993-as határ nem merészkedik a város magasabb területeire, viszont elég jól megközelíti a dombvidéket. Az építkezést még mindig inkább a kis területű telkek, nagyobb népsűrűség jellemzi. 1993-at követően az újonnan beépített területeknél a zöldterületek arányának nagymértékű növekedése figyelhető meg. Egy DK-i irányú térfoglalás vehető észre, főként sík területeken, ipari zónák létesítése céljából, amelyet a nagyméretű épületek mellett hatalmas kiterjedésű zöldterületek vesznek körül. A másik, hogy a belváros

zsúfolt, szennyezettebb levegőjű utcáiból az emberek az egészségesebb élet reményében, a friss levegőben gazdag és látványban felülmúlhatatlan dombvidékek alacsonyabb területeire telepedtek. A domborzatmodellre illesztett osztályozott képen jól látszik, hogy a magasabb területeken a zöldterületek aránya a mesterséges felszínborításhoz képest lényegesen magasabb, mint a város belső területein, vagy akár a 1993-as határon belül. (8.5. ábra)

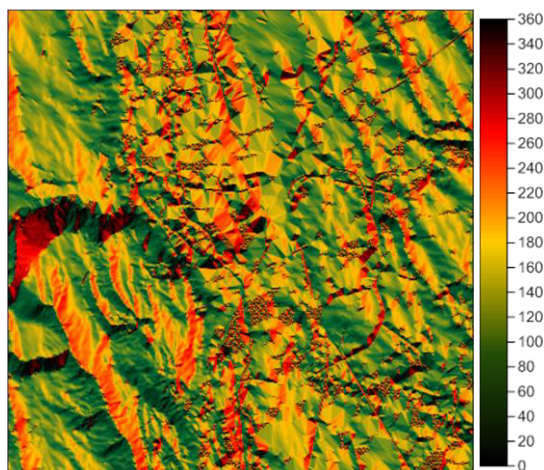


8.5. ábra: A zöldterületek és mesterséges felületek elhelyezkedése a domborzatmodellre a különböző időszakok határain belül



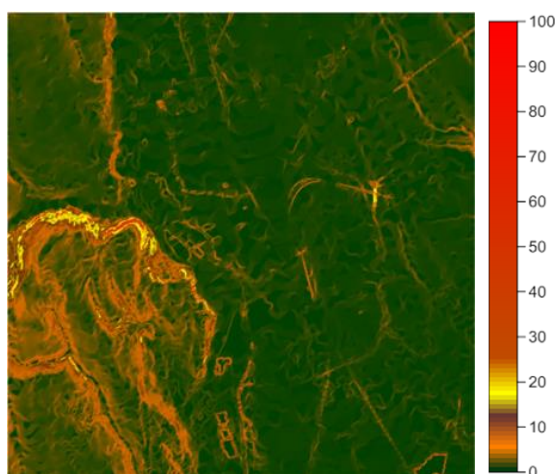
8.6. ábra: Tematikus kategóriák elhelyezkedése a domborzatmodellre a különböző időszakok határain belül (térbeli nézet)

A DDM-ből egyéb tematikus térképek is levezethetők, például készíthetünk kitettség vagy lejtő-kategória térképet. Ezeket megjeleníthetjük a domborzatra vetítve is. A 8.7. és 8.8. ábrák felülnézetből szemléltetik a területre jellemző kitettség és lejtő-kategória értékeket. A lejtő-kategória esetében az adatok százalékban értendők, a mezőgazdaságban használt lejtő-kategóriáknak megfelelőek (8.7. ábra), a kitettség esetében pedig az északi iránnyal bezárt szögek, vagy másképp tájolás szerint történt a felosztás (8.8. ábra).



8.7. ábra Kitettség térkép (felülnézet)

Amint az 8.6. ábra alapján is látható alacsony az északi lejtők előfordulási aránya, inkább a nyugati és déli lejtők a jellemzőek.



8.8. ábra: Lejtő-kategóriák (felülnézet)

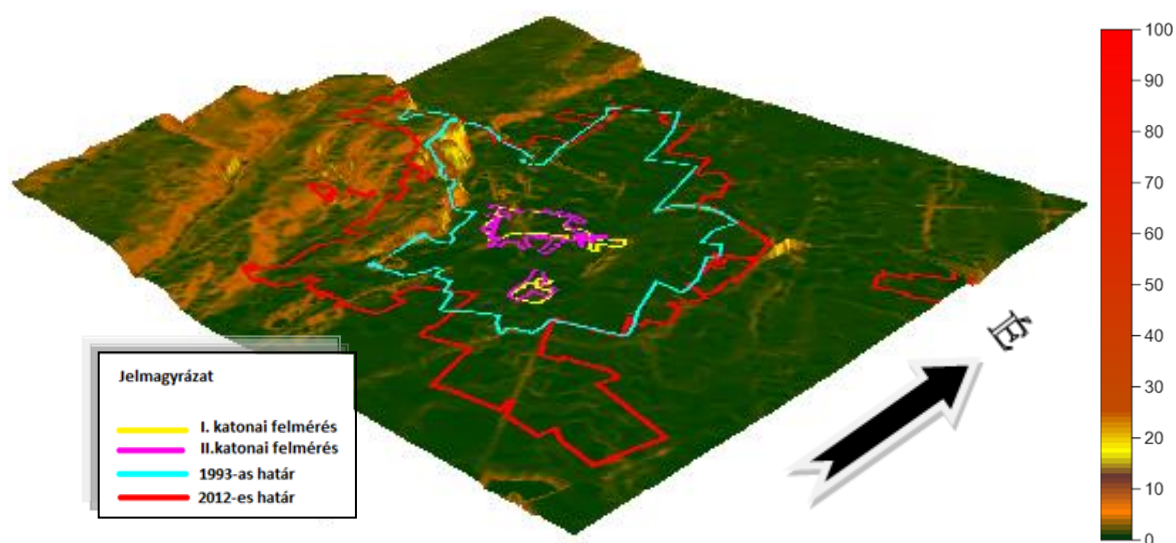
A város lejtő-kategóriáit és a megjelenítésnél alkalmazott színeket a következő táblázat ismerteti.

8.2. táblázat: Mezőgazdasági lejtő-kategóriák

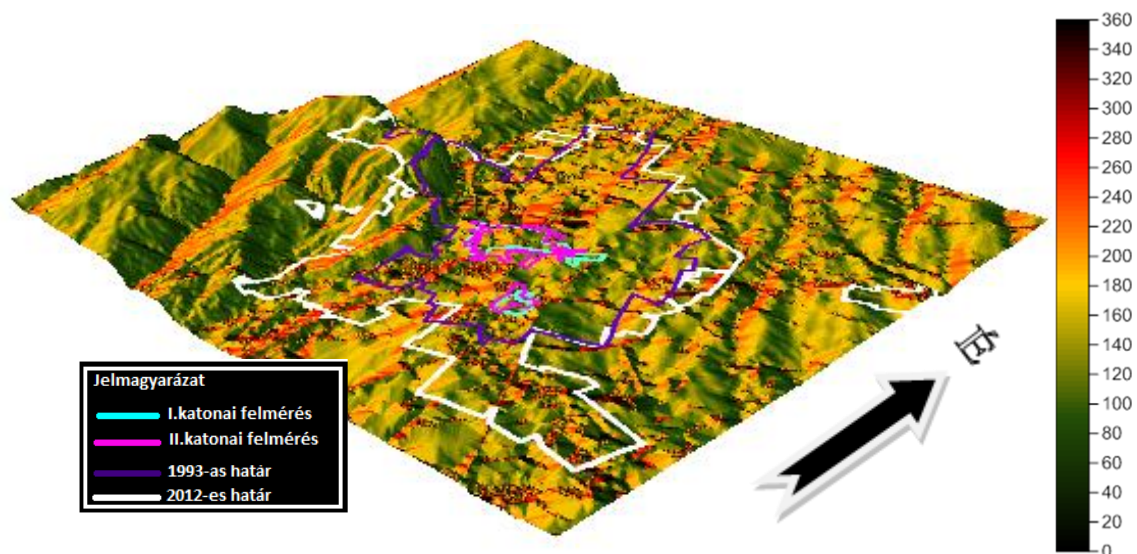
Lejtőkategória	Lejtés	Minősítés	Megjegyzés	Szín
I	< 5 %	Sík	Erózió hatása nem jellemző	Zöld
II	5 % - 12%	Enyhén lejtős	Gépesítési, sáncolási határ	Narancssárga
III	12 % - 17 %	Lejtős	Speciális szántás igényel	Sötét barna
IV	17 % - 25 %	Enyhén meredek	A szántóföldi művelés határa	Citrom sárga
V	> 25 %	Meredek	Szántóföldként nem művelhető	Piros

Megfigyelhető, hogy a terület főként az első kategóriába esik. A DNY- i részen több terület tartozik a második kategóriába, esetlegesen a harmadikba és negyedikbe. Itt fordul elő néhol olyan lejtő, amely eléri, vagy meghaladja a 25 %-ot.

A továbbiakban a lejtő-kategória és kitettség térképeket ráfeszítettük a domborzatmodellre. (8.8. ábra, 8.9. ábra)



8.8. ábra: Lejtő-kategóriák 3D modellje határokkal együtt



8.9. ábra: Kitettség 3D modellje határokkal együtt

Az I. és II. katonai felmérés idején a várost sík, kisebb pontokban enyhén lejtős területekre telepítették, amelyet főként a déli és keleti kitettség jellemzett. Majd a 19. században már a terjeszkedés elért olyan szinteket, hogy a település elfoglalt 12 %-nál nagyobb lejtésű területeket, illetve határán megjelent a 25 %-ot is meghaladó lejtés. Több nyugati lejtő vehető észre az 1993-as határon belül, illetve megfigyelhető, hogy a lejtős, enyhén meredek részekre főként keleti kitettség jellemző. Napjainkban Szombathely területe számos lejtő-kategóriai szintet magába foglal, bár nagyon kevés azon területek nagysága, amelyek 25 %-nál nagyobb emelkedésűek. Kitettségét tekintve főként keleti, illetve déli irányú lejtő mutatkozik, ez abból is adódik, hogy magát a területet egy DK irányú lejtés jellemzi. Minimális az északi lejtésű területe előfordulása.

Összefoglalás

Dolgozatunknak célja volt, hogy a távérzékelési adatok felhasználásával vizsgáljuk Szombathely város felszínborítási kategóriáinak eloszlását, a város területi változását, a zöld területek és a beépített környezet arányát a domborzat függvényében. A távérzékelési adatok kiértékelése során több osztályozási eljárással felszínborítási térképeket készítettünk, továbbá az osztályozás pontosság vizsgálatával kerestük azt az eljárást, amely legnagyobb biztonsággal különíti el az egyes kategóriákat.

Szombathely az évek során folyamatos fejlődésen ment keresztül, bár a múltban érték kisebb, nagyobb csapások, holtpontok, a területe fokozatosan növekedett és lassan elfoglalta a közelben húzódó kisebb hegyeket. A szakdolgozat készítésekor a belterületi határokat vettük figyelembe, mivel a különböző időszakokban erre vonatkozóan álltak rendelkezésre az adatforrások. Az adatok alapvetően négy időpontra vonatkoztak. A legkorábbiak az első katonai felmérés eredményei voltak, amelyek 1780 és 1784 között születtek, majd megvizsgáltuk a második katonai felmérés idején keletkezett térképet is. A második katonai felmérés időpontja 1819-1869 közé tehető. Végül egy 1993-ban keletkezett turista térképet digitalizáltunk és ezeket vetettük össze a mai belterületi határral (2012 közigazgatási és belterületi határ). A digitalizálásból eredően kisebb eltérések, hibák adódtak, ezek azonban nem befolyásolták a kiértékelés eredményeit.

A távérzékelés segítségével mindenkor a legfrissebb felszínborítás határozható meg. Az archivált felvételek felhasználásával múltira vonatkozó adatokat is nyerhetünk. A városi felszínborítás térképeket műholdas felvételek osztályozásából állítottunk elő. Több osztályozási eljárást alkalmaztunk, mint például pixel alapú, szegmens alapú és olyan objektum orientált eljárást is, amely az osztályozásnál több paramétert képes figyelembe venni (eCognition szoftver). Az egyes osztályozási módszerek tekintetében elmondható, hogy a szuper nagy felbontású felvételek pixelenkénti osztályozását gyakori melléosztályozás jellemzi, ami abból adódik, hogy ez az eljárás a kép pontjait külön kezeli és a legvalószínűbb osztályba sorolja. Ebből adódóan egy adott kategórián belül pixelnyi inhomogenitások tapasztalhatók, az osztályok határai töredezettek. A pontosság vizsgálat eredménye alapján elmondható, hogy ezzel a módszerrel nem érhetünk el megfelelő eredményt. Szegmens alapú osztályozást megelőzően az azonos vagy hasonló (küszöbértéktől függően) intenzitású pixelek egy objektumba kerülnek, így ez a módszer

a szomszédsági viszonyokat is figyelembe veszi a besorolásnál. Azonban az egyes kategóriák hasonló spektrális tulajdonságai miatt ezzel a módszerrel sem sikerült megfelelően elkülöníteni az osztályokat. A felszínborítás térképezésében a legnagyobb pontosságot az eCognition program képosztályozási eszköztár alkalmazásával sikerült elérni. Ebben az esetben a földfelszín nagyobb homogén foltok együtteseként írható le, így az osztályozásban a spektrális tulajdonságok mellett térbeli viszonyok, környezeti információk is figyelembe vehetők. Egy osztálynak leválogatásához több paramétert használhatunk, mint például intenzitás, sávok hányadosai, alak, méret, hosszúság, szélesség, stb.

A DDM ismerete nagyon fontos a különböző urbanisztikai vizsgálatok elvégzéséhez. A DDM és a távérzékelt adatok alapján előállíthatók tematikus térképek, melyek integrálása, megjelenítése számos elemzési lehetőséget kínál egy város területének és térszerkezetének változása vizsgálatához. Mint ahogy a dolgozatban is bemutattuk, összefüggés mutatható ki például a domborzat és felszínborításra vonatkozóan, vagy a terület - és népesség változással kapcsolatosan. Ezen felül a DDM és az abból levezetett további adatok megannyi lehetőséget nyújtanak különböző városökológiai, környezetvédelmi vizsgálatokhoz.

Irodalomjegyzék

- 1) Balázsik Valéria, Engler Péter, Mélykúti Gábor (2012, Domborzat- és felszínmodellek alkalmazása városökológiai vizsgálatokban, Nyugat-Magyarországi Egyetem, TÁMOP kutatási jelentés)
- 2) Czimmer Kornél (2001, Geoinformatika, elektronikus jegyzet)
 - <http://www.geo.u-szeged.hu/~joe/fotogrammetria/GeoInfo/index.htm>
- 3) Dr. Csátó Éva (2000, Műholdadatok térképészeti alkalmazása, Budapest)
 - <http://lazarus.elte.hu/hun/digkonyv/csato/csato.htm>
- 4) Dr. habil. Mucsi, László, Dr. Kovács, Ferenc, Dr. Szatmári, József, Dr. habil. Nagyváradai László (2011, Geoinformatika alapjai, TAMOP)
 - <http://www.geo.u-szeged.hu/~laci/ab-Geoinfo-tananyag/ch07s03.html>
- 5) Dr. Mélykúti Gábor (Topográfia, Digitális topográfiai térképezés alapismeretei)
- 6) Ecognition hivatalos oldala
 - <http://www.ecognition.com>
- 7) Eredics Attila (2007, VEGETÁCIÓS INDEXMÉTER (NDVI) TERVEZÉSE ÉS FEJLESZTÉSE, Lleida Kiadó, Sopron)
 - http://www.fagosz.hu/fataj/2008/03/040/TDK_EredicsAttila_Vegetacios.pdf
- 8) Fehér Zsuzsanna (2011, Surfer 9 3D-s térképkészítő program)
 - <http://www.huminf.u-szeged.hu/index.php/it/222-surfer-9-3d-s-terkepkeszit-program>
- 9) Frey Sándor (2009, Pályán a WorldView-2)
 - http://www.urvilag.hu/uzlet_es_munkahely/20091008_palyan_a_worldview2
- 10) Gera Dávid Ákos, Nádor Gizella, Surek György (Földmérési és Távérzékelési Intézet Távérzékelési Igazgatóság, 2012, GISOPEN)
 - <http://www.geo.info.hu/gisopen/2012/eloadasok/pdf/k17.pdf>
- 11) Idrisi Taiga leírás forrása
 - a) <http://en.wikipedia.org/wiki/IDRISI>

- b) <http://rsgis.hu/index.php/gis/szoftverek>
- 12) Kollár Szilvia (2010, Az objektum alapú képosztályozás és a vizes élőhelyek kutatása, Geodézia és kartográfia)
- <http://www.fomi.hu/honlap/magyar/szaklap/2010/08/6.pdf>
- 13) Kovács Balázs & Szanyi János (2004-2006, A Surfer for Windows használata)
- <http://www.mkk.szie.hu/~hgkov/opuszta/opuszta2.pdf>
- 14) Szombathely történelme internetes források
- a) <http://szombathelyen.blogspot.hu/p/az-okorban.html>
 - b) http://www.romaikor.hu/provinciak_es_coloniac/coloniac_es_municipiumok/colonia_claudia_savaria_szombathely
 - c) <http://www.szombathely.hu/turizmus/varostortenet/>
 - d) <http://hu.wikipedia.org/wiki/Szombathely>
- 15) Tóth Endre (2008, SAVARIA RÓMAI TOPOGRÁFIÁJÁRÓL)
- <http://www.vasiszemle.t-online.hu/2008/06/tothendre.htm>
- 16) Verőné Wojtaszek Malgorzata (2011, Felvevő rendszerek, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Székesfehérvár)
- http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_FHT3/ch01s03.html
 - <http://egeo.geo.info.hu/course/view.php?id=2>
- 17) Verőné Wojtaszek Malgorzata (2010, A távérzékelés fizikai alapjai, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Székesfehérvár)
- <http://egeo.geo.info.hu/course/view.php?id=2>
- 18) Verőné Wojtaszek Malgorzata (2010, Távérzékeléssel szerzett adatok számítógépes kiértékelése, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Székesfehérvár)
- <http://egeo.geo.info.hu/course/view.php?id=2>

Ábra jegyzék

- 2.1. ábra: Szombathely régen
- 2.2. ábra: Pannonia tartomány területe
- 2.3. ábra: Romkert (részlet)
- 2.4. ábra: Vároست körülvevő fal déli része
- 2.5. ábra: Borostyán út
- 2.6. ábra: Csarnoktemplom régen
- 2.7. ábra: Csarnoktemplom ma
- 2.8. ábra: Keleti kapu képe
- 2.9. ábra: Székesegyház
- 2.10. ábra: Püspöki palota
- 2.11. ábra: Színház
- 2.12. ábra: Gimnázium
- 2.13. ábra: Vasútállomás régen
- 3.1. ábra: A távérzékelés folyamata
- 3.2. ábra: A sugárzás fizikai törvényszerűségei, szinuszos hullám
- 3.3. ábra: Az elektromágneses spektrum hullámhossz tartományai
- 3.4. ábra: A három fő felszínborítási típus reflektancia görbéje
- 5.1. ábra: Légifelvétel (részlet)
- 5.2. ábra: Űrfelvétel
- 7.1. ábra: A transzformálandó és referencia térkép kapcsolata
- 7.2. ábra: Tipikus geometriai hibák
- 7.3. ábra: Illesztőpont párok űrfelvételen és légifényképen
- 7.4. ábra: Egyes illesztőpontok jellemzői
- 7.5. ábra: A WV2 spektrális felbontása

- 7.6. ábra: Színtkompozit előállítás
- 7.7. ábra: Tanuló területek (példa)
- 7.8. ábra: Tanuló területek átlag értékeinek elhelyezkedése egyes spektrum tartományokban
- 7.9. ábra: NDVI eredménye (5. , 7. sáv felhasználásával)
- 7.10. ábra: Osztályozási módszerek
- 7.11. ábra: Szombathely felszínborítási térképe (pixel alapú osztályozás eredménye)
- 7.12. ábra: Szegmensek 40-as küszöbérték estén
- 7.13. ábra: Szegmensek 20-as küszöbérték estén
- 7.14. ábra: Szombathely felszínborítási térképe (szegmens alapú osztályozás eredménye)
- 7.15. ábra: Különböző küszöbértékű szegmentálások (20,30,90)
- 7.16. ábra: Szombathely felszínborítási térképe (szegmens alapú osztályozás eredménye eCognition szoftverre)
- 8.1. ábra: A település domborzatmodelljének térbeli nézete
- 8.2. ábra: A település határai a DDM-en megjelenítve különböző időszakokban (felülnézet)
- 8.3. ábra: A területek nagysága diagrammon (ha)
- 8.4. ábra: A népesség alakulása 1970 és 2011 között
- 8.5. ábra: A zöldterületek és mesterséges felületek elhelyezkedése a domborzatmodellen a különböző időszakok határain belül
- 8.6. ábra: Tematikus kategóriák elhelyezkedése a domborzatmodellen a különböző időszakok határain belül
- 8.7. ábra Kitettség térkép (felülnézet)
- 8.8. ábra: Lejtő-kategóriák (felülnézet)
- 8.9. ábra: Lejtő-kategóriák 3D modellje határokkal együtt
- 8.10. ábra: Kitettség 3D modellje határokkal együtt

Táblázat jegyzék

- 7.1. táblázat: Idrisivel készített pixel alapú osztályozás statisztikája
- 7.2. táblázat: Idrisivel készített szegmens alapú osztályozás statisztikája
- 7.3. táblázat: eCognitionnel készített tematikus kategóriák osztályozásának és módosításának alapja
- 7.4. táblázat: eCognitionnal készített szegmens alapú osztályozás statisztikája
- 7.5. táblázat: Különböző programok és módszerek pontosságának összehasonlítása
- 8.1. táblázat: A város területének alakulása a vizsgált időpontokban
- 8.2. táblázat: Mezőgazdasági lejtő-kategóriák

Melléklet jegyzék

1. számú melléklet (a - c): Osztályozási módszerek összehasonlítása az egyes tematikus kategóriák esetében
2. számú melléklet: Pixel alapú osztályozás pontosság vizsgálatának tévesztési mátrixa
3. számú melléklet: Szegmens alapú osztályozás pontosság vizsgálatának tévesztési mátrixa (Idrisi)
4. számú melléklet: Szegmens alapú osztályozás pontosság vizsgálatának tévesztési mátrixa (eCognition)

Digitális melléklet

- Alapadatok (katonai felmérések, ortofotó, légifelvétel, űrfelvétel)
- Határok
- eCognition osztályozás eredményei (tematikus térkép, szegmentálás, osztályozás)
- Idrisi osztályozás eredményei
 - pixel alapú osztályozás (tematikus kategóriák, tematikus térkép, osztályozott képek)
 - szegmens alapú osztályozás (osztályozott képek, tematikus térkép)
- Előfeldolgozás (transzformációs táblázat, transzformált űrfelvételek, színtkompozitok)
- DDM (3D modellek, grid állományok, képek)