

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM  
Természettudományi és Informatikai Kar  
Földtudományok Doktori Iskola  
Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék

Szubpixel-alapú osztályozás alkalmazása a városi  
felszínborítás és területhasználat elemzésében

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**Henits László**

Témavezető:  
Dr. Mucsi László

Szeged, 2013

## 1. Bevezetés és célkitűzés

A Föld lakosságának több mint fele (52,1%) városokban él, 2050-re pedig ez az érték elérheti a 67%-t is (**United Nations, 2012**). Ezért napjainkban egyre nagyobb hangsúlyt kap a városok fejlődésének, illetve a városi környezetben lejátszódó folyamatok lakosságra gyakorolt hatásainak elemzése és értékelése. A városökológia feladata, hogy ezeket a környezeti hatásokat és a kialakuló konfliktusokat a vizsgálja. Az ökológiai városfejlesztés legkritikusabb pontja a városi terület-felhasználás tervezése, amely komplex gondolkodásmódot igényel (**Mucsi 1996**). A dinamikus változó területhasználat és felszínborítás, mint térbeli változó kap kulcsszerepet a tervezési folyamatokban, illetve a geoinformatikai modellekben. A városökológiai kutatásokban ezért egyre nagyobb teret nyernek a távérzékelés adatok és módszerek alkalmazásai, ugyanis az űrfelvételekkel és légifelvételekkel olyan naprakész, nagy területeket lefedő, a terepi felvételezésnél jóval olcsóbban előállítható felvételek állnak rendelkezésünkre, amelyek kellő alapot biztosíthatnak a földrajzi vizsgálatokhoz. Az utóbbi évtizedekben a geoinformatikai (képfeldolgozási) módszerek fejlődésével olyan eszközök jutottak a kutatók birtokába, amelyek segítségével további új térbeli információk, eredmények érhetők el.

A felszínborítás változásának detektálásával, valamint környezeti, társadalmi hatásainak kimutatásával a konfliktusok okai is meghatározhatók, amelyek a döntéshozók és várostervezők számára fontos információval szolgálhatnak a jövőbeli fejlesztésekhez, programokhoz.

A kutatásom eredményeit Szeged városának példáján keresztül mutattam be. A feladatok és célok kijelölésekor a városi távérzékelésben felmerülő módszertani (geoinformatikai) problémák megoldására

törekedtem, illetve a városban lejátszódó földrajzi folyamatok, környezeti konfliktusok elemzését, értékelését kívántam elvégezni.

Így az alábbi geoinformatikai célokat jelöltem meg dolgozatomban:

- (1) Olyan módszertan kívántam kidolgozni, amellyel megállapítható a városi mintázatot kialakító alakzatok, objektumok mérete a főbb beépítettségi típusokra, és kiválasztható az optimális felbontással rendelkező űrfelvétel a kutatáshoz.
- (2) Mivel a lombkorona az év különböző időszakaiban eltérő módon takarja ki a mesterséges felszíneket, a spektrálisan vegyes képelemek – azok a pixelek, amelyekben belül több felszínborítási típus is egyidejűleg előfordul – miatt a kapott eredményt jelentősen befolyásolhatja a képkészítés időpontja. Ezért olyan statisztikai paramétert kívántam találni, ami a városi felszínborítás változását megfelelő módon képes leírni, és alkalmas lehet a felszínborítás térképezésére.
- (3) A városi felszínborítás hagyományos pixelalapú osztályozása közepes felbontású űrfelvételek alapján, a vegyes pixelek nagy száma miatt nem hajtható végre kellő pontossággal. Így, olyan módszert kívántam alkalmazni dolgozatomban, amely képes a főbb felszínborítási típusok arányának meghatározására a spektrálisan vegyes képelemeken belül, és a település teljes területére vonatkozó, közepesenél jobb méretarányú felszínborítási térképeket eredményez.
- (4) Továbbá célul tűzttem ki, hogy a városi felszínborítás és területhasználat között olyan kvantitatív kapcsolatot határozzak meg, amely segítségével a későbbiekben objektív módon, automatikusan térképezhető lesz a városi területhasználat.

A döntéshozók és tervezők számára kevés adat, valamint információ áll rendelkezésre a beépítések társadalomra és környezetre gyakorolt hatásairól körzet szinten. A nagyvárosok különböző demográfiai jellemzőkkel, infrastrukturális ellátottsággal, önálló karakterrel rendelkező egységekből épülnek fel (Belváros, belső lakóterület, lakótelepek, kertvárosias lakóövezet, stb.), amelyek önálló tervezési célokat, fejlődési pályát követelnek meg, viszont a frissülő körzetszintű adatok teljes városra való előállítására lassú és költségigényes folyamat.

Így az alábbi földrajzi célokat jelöltem ki dolgozatomban:

- (1) A városi beépítettségi térképek, általánosabban a városi felszínborítás térbeli és időbeli változásának elemzésével kívántam bemutatni, milyen változások, folyamatok zajlottak le körzetszinten, Szegeden az 1980-as évek közepétől napjainkig, különböző statisztikai paraméterekkel jellemezve az egyes funkcionális körzeteket, amelyek megfelelő alapadatot jelenthetnek a várostervezők számára.
- (2) A városi hősziget (Urban Heat Island - UHI) a város és a környező természetes területek között az urbanizáció hatására jelentkező magasabb légköri és felszíni hőmérséklet. A dolgozatomban célként jelöltem meg, hogy a mesterséges felszínek arányának meghatározásával, a beépítettség százalékos arányából modellezem a városi hősziget-intenzitás területi eloszlását és időbeli változását Szegeden. Továbbá értékelni kívántam a beépítés hatására növekvő környezetterhelést a városökológia és a városklimatológia szemszögéből.
- (3) A város zöldfelületi rendszerét olyan mutatókkal kívántam vizsgálni, amelyek minőségi és mennyiségi szempontból is minősítik az egyes városrészek ellátottságát, komfortfokozatát. Ezáltal körzetszinten olyan

információkat szolgáltatni a városvezetők és –tervezők számára, amelyek segítségével a város zöldfelületi rendszerének rövid és hosszú távú fejlesztési céljai, programjai fogalmazhatók meg.

## **2. Felhasznált adatok és módszerek**

A városi mintázatot kialakító objektumok méretének megállapításához egy 2011. március 24-én készült multispektrális Rapid-Eye űrfelvétel használtam fel. Az 5 műholdból álló konstelláció 5 sávban (kék, zöld, vörös, vörös-él, közeli infravörös) 5 m-es térbeli felbontással képes felvételezni. A városi reflektancia léptékének megállapításához a felszínborítás mintázatát jellemző foltok méretét kell meghatározni. Azokat a viszonylag diszkrét, önálló térbeli alakzatokat kívántam leválogatni, amelyek különböznek méreteikben, belső homogenitásukban a környező pixelcsoportoktól. A homogén felszínborítási foltok meghatározására a szegmentáció módszerét találtam a legalkalmasabbnak. A szegmentálást az ERDAS IMAGINE 2011 szegmentáló modulja segítségével végeztem el, ami egy régió alapú növelési algoritmust (region growing) alkalmazva jelöli ki a város teljes területére a homogén felszínborítású foltokat, illetve az azokat reprezentáló pixelcsoportokat. A szegmenseket tájmetriai paraméterek (átlagos foltméret, szegélysűrűség) és különböző statisztikai paraméterek alapján vizsgáltam.

A földrajzi kutatás szempontjából fontosnak tartottam, hogy a változásvizsgálat alapját képező űrfelvételek hosszú időintervallumra (30-40 évre) egységes térbeli és spektrális felbontással álljanak a rendelkezésemre. A felhasznált adatok kiválasztásakor le kellett mondtam a részletesebb térbeli felbontásról, annak érdekében, hogy hosszabb időskálán egységes adatokon tudjam vizsgálni a városban lejátszódó folyamatokat.

Ezért esett a választásom a Landsat műholdakra, amelyek űrfelvételeit a mezőgazdaság, a geológia, az erdőszet, a regionális tervezés, az oktatás, a térképezés és a globális változások terén széles körben alkalmazzák. A Landsat 4-es és 5-ös műholdakon elhelyezett TM szenzor 6 sávban 30 m-es és a hatodik hőtartományú infravörös sávban 120 m-es térbeli felbontásban készít felvételeket. A képek intenzitásértékeit atmoszférikus korrekcióval reflektancia értékekké alakítottam át egy ERDAS IMAGINE-ban létrehozott modell segítségével.

A közepes térbeli felbontás miatt a városi felszínek esetében nagyszámú spektrálisan vegyes képelem keletkezhet. A lineáris spektrális szétválasztási vizsgálat (LSMA) segítségével meghatározható a pixelen belüli felszínborítási típusok aránya, legalább kettő, legfeljebb 6 szélsőpont használatával (Landsat TM képek esetén), mivel a lineáris egyenletrendszer megoldásához szükséges feltétel, hogy az űrfelvétel spektrális sávjainak a száma nagyobb vagy egyenlő legyen, mint a szélsőpontok száma. Minden egyes szélsőpont egy tiszta felszínborítási típust határoz meg. A lineáris szétválasztási modell a következő formulával írható le:

$$R_b = \sum_{i=1}^N f_i \cdot R_{i,b} + \varepsilon_b$$

$R_b$ : a kép reflektancia értéke a  $b$  sávban,

$N$ : a szélsőpontok száma,

$f_i$ : az  $i$  szélsőpont aránytényezője,

$R_{i,b}$ : az  $i$ -edik szélsőpont reflektancia értéke a  $b$  sávban

$\varepsilon_b$ : a fennmaradó hibaérték

A dolgozatomban **Wu (2004)** által kifejlesztett 3 szélsőpontos (mesterséges felszín, növényzet, talaj) normalizált spektrális szétválasztást

alkalmaztam, amelyben a spektrális szétválasztást egy normalizáció előz meg. Mivel a városi felszínborítás komponensei jelentős intenzitásbeli különbséget mutatnak a felvételek sávjában, ezért az abszolút reflektanciaértékek hatásai minimalizálhatók a normalizáció módszerével. Ezáltal csökkennek az egyes felszínborításokon belüli különbségek az eredeti spektrumértékekhez képest, ugyanakkor a normalizáció nem vezet szignifikáns információvesztéshez.

### 3. Eredmények és következtetések

1. Dolgozatomban sikerült olyan módszertant kidolgoznom, amellyel a városi mintázatot kialakító objektumok mérete, ezáltal a városi reflektancia térbeli léptéke meghatározható (**Henits és Mucsi, 2012**). Szeged egyes beépítési típusaira az alábbi átlagos foftméreteket állapítottam meg a szegmentáció módszerével: a Belváros esetében 475–1050 m<sup>2</sup>, a belső lakóterületen 425–980 m<sup>2</sup>, a lakótelepeken 475–1100 m<sup>2</sup>, az ipari övezetben 475–1125 m<sup>2</sup>, míg a kertvárosias lakóövezetben 450-1050 m<sup>2</sup> közötti az alakzatok átlagos területe.
2. Továbbá sikerült megállapítanom, hogy a város teljes területére az objektumok átlagos mérete a 400 és 1100 m<sup>2</sup> közötti. Ez alapján azt a következtetést sikerült levonnom, hogy a 30 m-es térbeli felbontással rendelkező Landsat TM űrfelvételek esetében a 30 m × 30 m-es cellaméret miatt nagy számban fordulhatnak elő spektrálisan vegyes képelemek (**Henits és Mucsi, 2012**). Ezért a hagyományos pixelalapú osztályozási módszerekkel nem hajtható végre hatékonyan a városi felszínborítás térképezése.

3. A normalizált spektrális szétválasztás módszerével (mesterséges felszín, növényzet, talaj szélsőpontokkal) sikerült meghatároznom a képelemen belüli homogén felszínborítási típusok arányát. Ezáltal a település teljes területére a közepesnél jobb méretarányú felszínborítási térképet kaptam (**Mucsi et al. 2009**). A felszínborítási aránytérképekből előállított kompozit nem-irányított (ISODATA) osztályozásával sikerült a városi felszínborítás és területhasználat között kapcsolatot létesítenem, ezáltal kvantitatív módon, objektív módszerekkel térképezni a városi területhasználatot.
  
4. Mivel a V-I-S modell osztályainak határai nem minden esetben érvényesek, (ugyanis az osztályok határait ortofotóról vett minták alapján határozták meg Salt Lake City példáján) a határok, illetve a területhasználati kategóriák módosításával egy olyan új háromszögdiagramot hoztam létre, amellyel már megoldható volt a területhasználat térképezése.
  
5. Az 1986-os évből rendelkezésre álló 8 Landsat TM űrfelvételből levezetett vegetációs térkép alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a növényzet éven belüli változása miatt egy statikus NDVI kép nem lehet elégséges a városi felszínborítás térképezésére. Továbbá sikerült megállapítanom, hogy az éves NDVI szórásértékek szignifikáns negatív kapcsolatban ( $R^2=0,89$ ) állnak a mesterséges felszínnek pixelen belüli arányával (**Henits és Mucsi, 2010**). Amely kapcsolatot az alábbi egyenlet írja le:



$$y = (10,6 - 58,2 \cdot x)^2$$

y: a mesterséges felszín százalékos aránya (0-100);

x: az NDVI értékekből számolt szórásérték.

Azaz a regressziós egyenlet segítségével, több bemenő kép alkalmazásával ugyan, de hagyományos pixel alapú osztályozási módszerek segítségével szubpixel szintű információkat sikerült kinyernem, így ezzel a módszerrel is megoldható a városi felszínborítás térképezése.

6. A spektrális szétválasztás eredményeként kapott aránytérképek segítségével sikerült a felszínborítás változásáról az 1980-as évektől napjainkig olyan körzetszintű statisztikát létrehoznom, amely a városi környezetben lejátszódó folyamatokat kvantitatív módon írja le, továbbá információt szolgáltat a változás természetéről is. A funkcionális körzetekre előálló változástérképek és statisztikai adatsorok segítségével nyomon követhető a társasházépítések, a kereskedelmi, szolgáltató és ipari beruházások, valamint a kertvárosi lakóházépítések hatására növekvő beépítés.
7. A mesterséges felszín aránytérképeinek segítségével, olyan bemenő adatból sikerült térképeznem a városi hősziget területi eloszlását, amely pontosabb eredménnyel szolgálhat a beépítés mértékéről, mint a korábbi NDVI értékeken alapuló kutatások (**Mucsi és Henits, 2010**). A különböző időpontok frakciós képeiből levezetett hősziget-intenzitás térképeken sikerült kimutatnom a beépítés hatására jelentkező hőtöbbleteket, valamint azokat a hűtő hatású területeket, amelyek

megtartása fontos tényező lehet a lakosság humánkomfort érzetének kedvező alakításában.

8. A növényzet aránytérképe alapján sikerült a város zöldfelületi rendszerét minőségi és mennyiségi szempontok alapján értékelni az egyes városrészekre. A növényzet frakciós képe alapján olyan zöldfelületi állapotjelzőket (zöldfelület kiterjedés, biológiailag inaktív felületek aránya, zöldfelületi ellátottság) tudtam kiszámítani, amelyek körzetszintű meghatározása a városökológiai kutatásokban a megfelelő bemenő adatok hiányában nehezen oldható meg.

## A tézishez kapcsolódó saját publikációk

**Henits L.**, Mucsi L. (2012). Analysis of connection between urban land cover and census districts using geoinformatics methods. *Acta Geographica Debrecina Landscape and Environment*, 2012, **6 (2)**, 52-67.

**Henits L.**, Mucsi L. (2010). Település beépítettségének mérése idősoros vegetációs index alapú elemzéssel. *Geodézia és Kartográfia* **62 (10)**, 10-17.

**Henits L.**, Tobak Z., Mucsi L., van Leeuwen B., Szatmári J., (2011). Nagy felbontású távérzékelt adatok alkalmazása a városi felszínborítás vizsgálatában - lehetőségek, problémák. in: *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a Térinformatikában II.*, Debrecen, Kapitális Nyomdaipari Kft. 2011, 43-51.

Mucsi L., **Henits L.**, Unger J. (2010). Analysis of the relationship between urban land use and urban heat island using RS methods. In: 30th EARSeL Symposium., Paris, 155-163.

Mucsi L., Unger J., **Henits L.** (2009). A beépítettség és a városi hősziget kapcsolatrendszerének vizsgálata geoinformatikai módszerekkel Szegeden. *Földrajzi Közlemények* 2009. **133 (4)**, 411-429.

Mucsi L., Kovács F., **Henits L.**, Tobak Z., B. van Leeuwen, Szatmári J., Mészáros M. (2007). Városi területhasználat és felszínborítás vizsgálata távérzékéletes módszerekkel. In: Mezősi G. (szerk.) *Városökológia. Földrajzi Tanulmányok Vol. 1.* JATEPress, 19-42.

Mucsi L., Kovács F., **Henits L.**, Tobak Z., B. van Leeuwen, Szatmári J.,  
Mészáros M.: Városi területhasználat és felszínborítás vizsgálata  
távérzékeléses módszerekkel. in: Településökológia - Települési  
Környezetminőség, Települési környezet konferencia, Debrecen 146-152.