



GÁBOR PÉTER, JOMBACH SÁNDOR, ONGJERTH RICHÁRD

Budapest zöldfelületi állapot- felmérése űrfelvételek feldolgozásával

Survey of green network in

Budapest with satellite image processing

LEKTOR | KOLLÁNYI LÁSZLÓ, JUNG ANDRÁS

A KUTATÁS CÉLJA

Kutatásunk célja Budapest és térsége zöldfelületi állapotának és annak változásának vizsgálata - űrfelvételek vörös és közeli infravörös hullámhossztartományból származó adatainak térinformatikai elemzése adta lehetőségek alkalmazásával - 1990 és 2005 közötti időszakban. A munka úttörő jellegű, mivel eddig nem készült a főváros egészének, valamint az agglomerációnak zöldfelületi adottságait és változásait vizsgáló távérzékeléssel támogatott tanulmány. Reményeink szerint kutatásunk a későbbiek során alapul szolgálhat a főváros és térsége zöldfelületi monitorozásához is. Kutatásunk eredményeit két részben publikáljuk. Jelen cikkben az űrfelvételek feldolgozásának módszerét és a zöldfelület állapotára vonatkozó vizsgálatok eredményeit mutatjuk be. A következő számban megjelenő publikációnk az űrfelvételek összehasonlításának módszerét, összehasonlító értékelésünk eredményeit és az ezekből levont következtetéseket tartalmazza majd.

VIZSGÁLATI ELŐZMÉNYEK

A főváros zöldfelületeinek felméréseivel és vizsgálatával több korábbi munka és kutatás foglalkozott. 1986-ban M. Szilágyi Kinga doktori disszertációjában a település zöldfelületi arányainak vizsgálatát a biológiailag aktív felületek aránya alapján végezte el (M. Szilágyi, 1986. pp. 41-45). Az Ökoplan Kft infravörös légifelvételek térinformatikai feldolgozásával 1992 és 1994 között készítette el a Budapesti Digitális Zöldfelületi Katasztert. A kataszter a felvételek növényzetre vonatkozó információi alapján vizuális képértelmezéssel (interpretációval) készült. A zöldfelület területrészeket huszoneköt különböző kategóriába sorolták (lakó, erdő, intézmény közlekedési, mezőgazdasági, sportterület jellegű zöldfelüle-

tek) Az egyéb zöldfelület kategóriákon belül több csoportot képeztek és sok helyen megnevezték a terület funkcióját is (temető, fasor, közpark, zártkert jellegű zöldfelület). A zárt erdős területeket megkülönböztették a ligetes, vagy vízparti erdőterületektől. A nagyobb kategóriákon belül - az infravörös által hordozott többletinformációk feldolgozásával - a zöldfelület minősége, a növények állapota szerint gyakran több kategóriát alakítottak ki. Így jöttek létre olyan alkategóriák, melyek megnevezésükben is utalnak a növényzet aktivitására, roncsoltságára, kedvező adottságára, vagy éppen rendeltetésére (Rácz, 1994).

VIZSGÁLATI MÓDSZER

Jelen kutatásban a zöldfelületek állapotának vizsgálatát Landsat műholdfelvételek feldolgozásával ERDAS Imagine 9.0 térinformatikai képfeldolgozó szoftverrel végeztük 2005-2006-ban. Az űrfelvételek négyzethálóban elhelyezkedő képpontjai számszerű információt hordoznak a földfelszín egy pontosan beazonosítható részletéről. A zöldfelületek állapotának felmérését a Landsat 5-ös műhold TM érzékelőjével 1990. július 23-án és 2005. augusztus 1-én készített felvételek a vörös és infravörös csatornáin található adatok feldolgozásával - NDVI-értékek számításával - végeztük (űrfelvételek: Copyright ESA, FÖMI). A magasabb NDVI értékek az adott területen nagyobb növényborítási arányt, biológiailag aktívabb, egészségesebb növényzetet jelölnek. A skála felső tartományát a beállt, egészséges erdőterületek illetve a sűrű, dús növényzettel rendelkező parkterületek jelentik, ahol a növényborítottság 100%-nak tekinthető. A távérzékelési gyakorlatban empirikus úton ehhez az értékhez a 0,5 fölötti NDVI értékek tartoznak melyek a térképen sötétzöld

színnel jelennek meg. A skála alsó tartományát pedig a 100%-ban burkolt, beépített területek vagy vízfelületek jelentik 0-nál kisebb NDVI értékekkel (térképen fehér).

Felállítottunk egy „teoretikus zöldfelületi borítottság” skálát is az NDVI skálával párhuzamosan. Az űrfelvételek NDVI értékeinek 0 fölötti illetve 0,5 alatti tartományát öt azonos tartományú kategóriára osztva teoretikus zöldfelületi borítottság százalékokat állapítottunk meg. Teoretikusnak nevezzük a százaléktérkékeket, mivel nem történt mintaterületek kijelölése, ahol a valódi zöldfelületi borítottság vizsgálatával hitelesíthettük volna százaléktérkékeinket. Mindazonáltal bizonyos, hogy a magasabb teoretikus zöldfelületi borítottság kategóriák az NDVI skálával párhuzamosan változó zöldfelületi borítottsággal rendelkező területeket jelölnek a képpontok területén.

A módszer alkalmazásakor zöldfelületek területnagyságának számítására is lehetőség nyílik. Pontos ismerjük a négyzet alakú képpontok területét és tudjuk mely teoretikus zöldfelületi borítottság kategóriába esnek, így átlag-szorozószám beiktatásával megkaphatjuk a képpont által

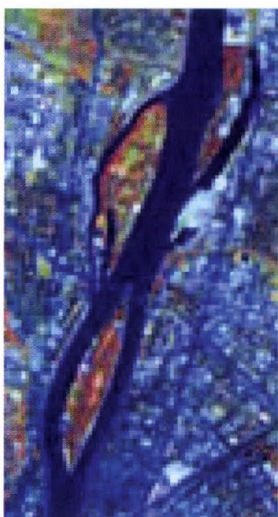
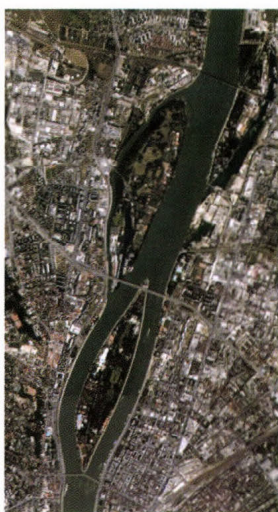
lefedett területen található zöldfelület nagyságát teoretikus szinten. A kutatás során ezzel a módszerrel végeztük el az öt fővárosi zóna – belső, átmeneti, dunamenti, hegyvidéki, elővárosi – és a főváros valamint az agglomeráció egésze „teoretikus zöldfelület nagyságának” meghatározását az 1990-es és 2005-ös évekre vonatkozóan.

HIBALEHETŐSÉGEK ÉS KIKÜSZÖBÖLHETŐSÉGÜK

Kutatási módszerünket többféle hibalehetőség terhelte. Ezek egy része radiometriai jellegű, más része magából a módszertanból eredt. A radiometriai jellegű hibalehetőségek között néhol gondot okozott a felvételen takarást jelentő felhőzet, és a levegőszennyezettség is. A felmérési eredményeket torzító hatású lehet a műhold érzékelő-rendszerének öregedése, a jelentősen eltérő éves csapadékmennyiség, a hőmérséklet éves alakulásának különbsége, a levegő eltérő páratartalma, és az eltérő napállásszög is. Ezek a jelenségek a két időpontban készült felvételek esetében eltérő mértékben torzíthatják a tényleges földfelszíni viszonyokat. Nyilvánvaló eltérései ok lehet a felvételek között az év eltérő szakaszai okozta biológiai aktivitás különbség is.

A zöldfelület intenzitás adathalmaz jellemzői

| Térképi színezés | NDVI érték | Terület típus | Teoretikus zöldfelületi borítottság | Teoretikus zöldfelületi átlag-szoró |
|------------------|------------|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | 0,5- | beállt egészséges erdő összefüggő lombkoronával, park összefüggő fás száru növényzettel, erőteljes, dús gyepekkel. | 100% | 1 |
| | 0,4-0,5 | | 80-100 % | 0,9 |
| | 0,3-0,4 | | 60-80 % | 0,7 |
| | 0,2-0,3 | | 40-60 % | 0,5 |
| | 0,1-0,2 | | 20-40 % | 0,3 |
| | 0-0,1 | | 0-20 % | 0,1 |
| | 0 | burkolt, beépített terület, csupasz talajfelszín, bányaterület, ahol nincs biológiailag aktív értékelhető zöldfelület | 0% | 0 |
| | változó | CORINE 2000-es adatbázis szerinti szántók | változó | 0,5 |



Már a felvételek készítése időpontjának megválasztásakor törekedtünk a radiometriai hibalehetőségek minimalisra csökkentésére (pl.: azonos vegetációs periódus mindkét évben), de a további potenciális radiometriai eredetű hibaforrások hatásának kiküszöbölésére egy statisztikai alapon működő radiometriai korrekciós modellt alkalmaztunk. A relatív, statisztikai alapú korrekciós módszer alapja a Teillet és Cihlar által leírt eljárás (Teillet és Cihlar, 2002. pp. 123-134.), amelyen Kristóf Dániel több módosítást hajtott végre (Kristóf, 2005. pp. 79-98.). A módszer egyik alapfeltevése, hogy a lineáris radiometriai torzító hatások jóval nagyobbak és jelentősebbek a nemlineáris hatásoknál.

Az érzékelőrendszer hibájából eredő adathiány – mely a felvételt 4. csatornáján két pixel szélességű csíkban jelenik meg - NDVI értékekre vonatkozó torzító hatása nem semlegesíthető, de az általuk jellemzett terület a vizsgálatból kivonható. Azok a képpontok, amelyek az érzékelő hibája révén nyilvánvalóan téves információt tartalmaznak, nem kerültek bele a vizsgálatba, így a hiba hatása nem jelenik meg a táblázatokban és diagramokban.

A módszerből eredő hibák közé soroltuk mindazokat a hibalehetőségeket, melyek abból erednek, hogy az NDVI értéke nem feltétlenül hordozza a tényleges zöldfelületi borítottságot. Fontos megemlíteni, hogy az NDVI függvény egyetlen időpontban készített felvételtől egy „pillanatfelvételtől” – magából az űrfelvételtől – szerez információt a földfelszín növényborítottságáról. Egyértelmű tehát, hogy a felmérésre került földfelszínen vannak olyan rövid időszakon belül változó növénytakaróval rendelkező felszínek – mint például a szántóterületek – melyek nem jelennek állandó növényborítást az egész év során. Ezeket a területeket a CORINE Felszínborítási Adatbázis alapján

beazonosítottuk és 0,5-es átlagszorzóval láttuk el, a korábbi kutatási gyakorlathoz igazodva (M. Szilágyi 1993. p 51.). A CORINE 2000 Felszínborítási Adatbázis alapján határooltuk le és értelmeztük külön kategóriaként a vízfelületeket, és CORINE-t használtuk az erdőterületek (CLC-kód: 3.1. és 3.2.4.) táblázatban történő megjelenítésére is, de utóbbiakat a felvétel elemzése és diagramok készítése során nem értelmeztük külön.

ÉRTÉKELÉS

Az űrfelvételek összehasonlításának eredményeit Budapest Városfejlesztési Koncepciójában meghatározott zónák (Szilágyi, 2003. p 6.) szerint (belső, átmeneti, külső, hegyvidéki, duna menti zónák) valamint összárosi és agglomerációs területekre vonatkoztatva értékeltük. A vizsgálat során a két időpontban mért zöldfelület intenzitási és az ezekből számított változás adatokat táblázatos formában összehasonlítva vontunk le következtetéseket az egyes zónákra vonatkozóan.

A kutatás szempontjából fontos feladat volt az intenzitás növekedés és csökkenés tényén túl a változások okainak, a változások mögött rejlő környezeti, társadalmi, gazdasági folyamatoknak a feltárása. Ehhez a zónák tipikus, vagy éppenséggel jelentős változást mutató területeinek részletes vizsgálatát végeztük el. A zöldfelület intenzitásváltozás térképet vetettük össze a terület légifelvételeivel. Ennek segítségével azonosítottuk be azokat a beruházásokat, illetve valószínűsíthető egyéb folyamatokat (pl. ruderalis növényzet elszaporodása), mely a két felvétel közötti intenzitás eltérés okozója lehet.

Terjedelmi korlátok miatt jelen publikációban a kutatásunk elemző részének csak Budapest egészéről készült összefoglalóját, valamint Budapest és a budapesti agglomeráció összehasonlító fejezetét ismertettjük.

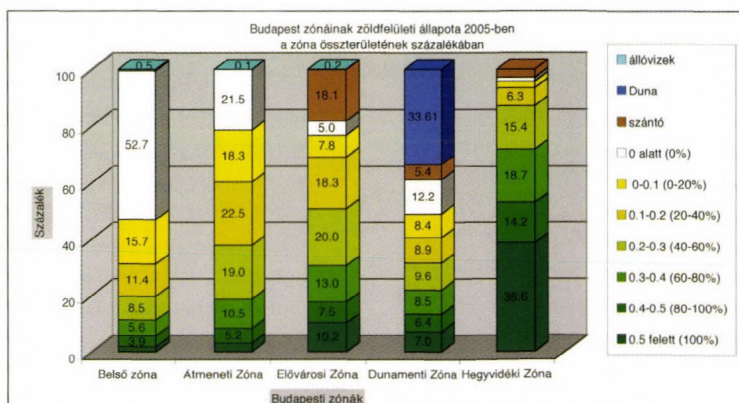
BUDAPESTI ÖSSZEFOGLALÓ

Budapest zöldfelületi állapotának jellemzői 1990-ben és 2005-ben

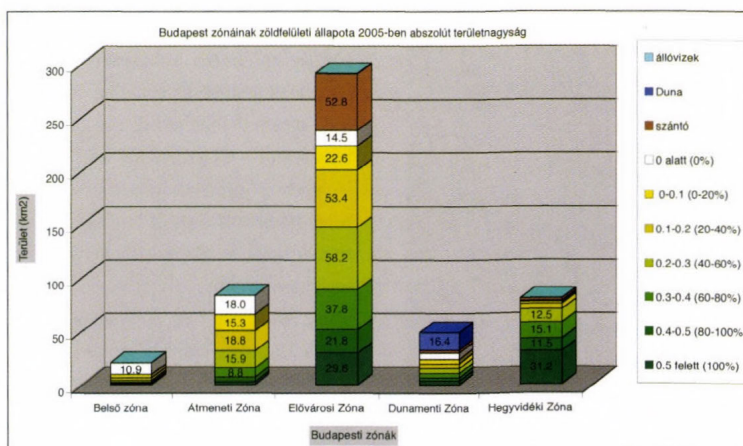
| Teoretikus zöldfelületi borítottság aránya | 1990 | | 2005 | |
|--|--------|-------|--------|-------|
| | % | km2 | % | km2 |
| 100 | 59,16 | 11,27 | 66,58 | 12,68 |
| 80-100 | 47,40 | 9,03 | 41,39 | 7,88 |
| 60-80 | 88,34 | 16,82 | 66,73 | 12,71 |
| 40-60 | 102,66 | 19,55 | 92,78 | 17,67 |
| 20-40 | 67,60 | 12,87 | 84,13 | 16,02 |
| 0-20 | 46,04 | 8,77 | 47,37 | 9,02 |
| 0 | 39,10 | 7,45 | 51,31 | 9,77 |
| (Erdő CLC2000) | 59,13 | 11,26 | 59,13 | 11,26 |
| Szántó (CLC2000) | 57,74 | 11,00 | 57,74 | 11,00 |
| Állóvíz (CLC200) | 0,66 | 0,13 | 0,66 | 0,13 |
| Duna (CLC 2000) | 16,43 | 3,13 | 16,43 | 3,13 |
| Teoretikus zöldfelület | 268,74 | 51,18 | 255,78 | 48,71 |
| Összterület | 525,13 | | 525,13 | |

tek arányában az utolsó helyen a belső zóna áll (1,76%) amit az átmeneti zóna előz meg (3,00%). A 40% alatti teoretikus zöldfelületi érték aránya a legnagyobb ugyancsak a belső zónában (79,76%) illetve az átmeneti zónában (62,23%). A 60% fölötti teoretikus zöldfelületi arány legmagasabb értéke ismét a hegyvidéki zónában tapasztalható (71,61%) és ezt az elővárosi zóna (30,61%) majd a dunamenti zóna követi (21,86%). Erdőterületek a legnagyobb arányban a hegyvidéki (33,11%) illetve az elővárosi zónák (10,51%) területén találhatóak. Szántóterületek legnagyobb százalékban az elővárosi zóna területén fordulnak elő.

A főváros egész területét vizsgálva a 60% fölötti teoretikus zöldfelületi borítottságú területek aránya a 2005-ös évben 33,27% volt, ami csak kevéssel marad el a 40% alatti területek 34,81% arányától. Szintén közel azonos értéket mutat a fővárosi erdőterületek aránya (11,26%) és a főváros területén lévő szántóterületek aránya (11,00%). Mivel az erdőt és a szántót mindkét esetben a 2000-es adatbázissal határoztuk le, ezek az adatok mindkét időpontra megegyeznek.



Amennyiben a főváros zónáit hasonlítjuk össze egymással a 2005-ös úrfelvétel alapján, a zóna területéhez viszonyítva leginkább beépítettnek a belső zóna 100%-os beépítésű területeinek aránya (52,66%) mutatkozik, amit az átmeneti zóna követ (21,46%). A legalacsonyabb a teljes beépítettség aránya a hegyvidéki zóna (1,44%), illetve az elővárosi zóna (4,98%) esetében. Ezzel párhuzamban a 100%-os borítottságú zöldfelületekkel leginkább lefedett zóna a hegyvidéki (38,63%) zóna, amit csak jóval kisebb (10,15%) aránnyal követ az elővárosi zóna. A teljes zöldfelületi borított terüle-

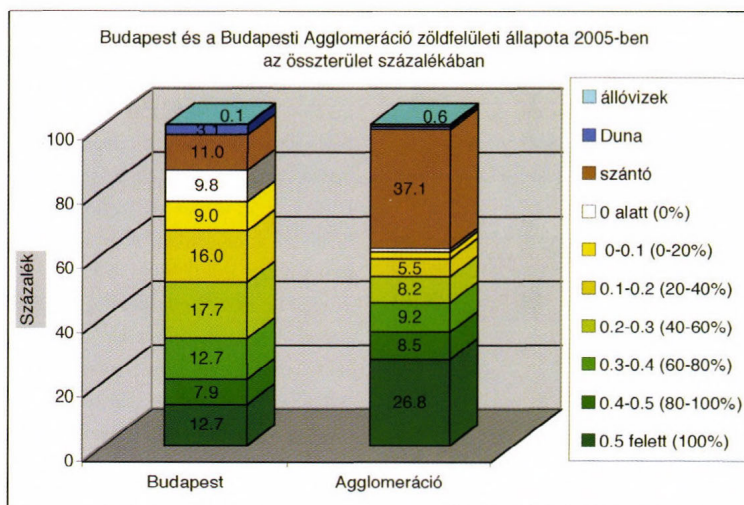
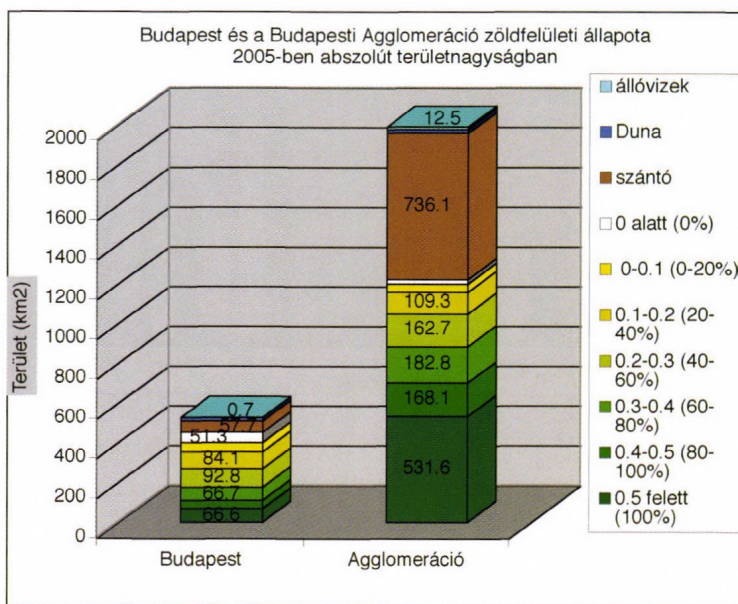


Mivel az egyes fővárosi zónák területei között lényeges eltérések mutatkoznak, így az abszolút területnagyság tekintetében az előzőektől eltérő eredményeket kapunk. A teljes mértékben beépített területek nagysága az átmeneti zóna (17,95km²) illetve az elővárosi zóna (14,05km²) területén a legnagyobb, míg a zöldfelületekkel teljesen lefedett területekben a hegyvidéki (31,18km²) majd ezt követően az elővárosi (29,56km²) a leggazdagabb. 40% alatti teoretikus zöldfelületi borítottságú területek a legnagyobb területmértékben az elővárosi (90,54km²) és az átmeneti (52,07km²) zónákban találhatóak. 60% fölötti teoretikus borítottság fölötti területek pedig szintén az elővárosi (89,14km²) valamint a hegyvidéki (57,80km²) zónák területén fordulnak elő. Erdőterületek legnagyobb kiterjedésben ugyancsak az elővárosi (30,61km²) és a hegyvidéki (26,72km²) zónák területén találhatóak.

BUDAPEST ÉS BUDAPESTI AGGLOMERÁCIÓ ÖSSZEFOGLALÓ

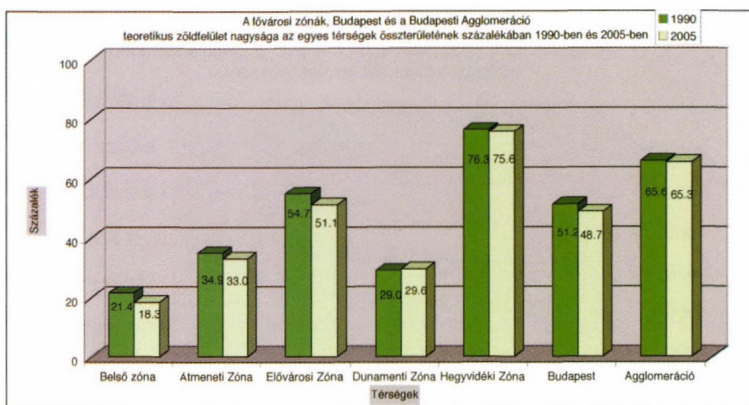
Budapest és az agglomeráció 2005-ös zöldfelület intenzitás értékeinek arányát összehasonlítva jól kirajzolódik az erősen urbanizált nagyváros és rurális agglomerációja közötti különbség. A főváros területén a két legnagyobb arányban jelenlévő zöldfelületi kategória a 40-60% (részesedése 17,67%) és a 20-40% (részesedése 16,02%) teoretikus intenzitású kategóriák. Az agglomerációs területeken ezzel szemben a szántó (37,06%) és a jellemzően erdő területeket tartalmazó 100%-os intenzitású területek (26,76%) aránya a legmagasabb. Míg Budapest területén a 40% teoretikus zöldfelületi intenzitás alatti területek aránya 34,81%, addig ez az érték az agglomerációban csupán 8,73%.

A főváros és agglomerációs térségének zöldfelületi intenzitásait abszolút értékben vizsgálva, első sorban a jelentős területi különbség a szembevetendő.



Az agglomeráció mintegy 2000 km²-es területe csaknem négyszerese a főváros területének. Ennek a különbségnek a tudatában a két térség közötti jelentős urbanizációs különbséget az is jól jelzi, hogy a főváros teljes mértékben beépített területeinek abszolút nagysága (51,31km²) több mint a duplája az agglomeráció hasonló területeinek (22,24 km²). A 0-20% teoretikus zöldfelületi intenzitású területek nagysága is magasabb a fővárosban (47,37 km²), mint az agglomerációban (41,98km²).

A teoretikus zöldfelületi nagyság indikátorral jellemezhető összefoglalóan az egyes zónák, Budapest illetve az agglomeráció térségének zöldfelületi állapota. A 2005-ös állapot szerint a zónák közül zöldfelületben arányában leggazdagabb a hegyvidéki zóna (75,59%), illetve az elővárosi zóna (51,14%), míg legszegényebb a belső (18,33%), illetve a dunamenti (29,61%) zóna. A főváros egészének teoretikus zöldfelületi borítottsága 48,71%, míg az agglomerációé 65,30% volt.



A MÓDSZER ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI

Az űrfelvételek NDVI értékre alapozott automatikus kiértékelését alkalmazó módszert erdő- illetve mezőgazdasági elemzésekhez már számos esetben alkalmazták és alkalmazzák. Jelen kutatásunkban kimutattuk, hogy a módszert eredményesen alkalmazhatjuk urbanizált térségek, illetve kiterjedt városi szövetek zöldfelületi állapotának felmérésére, vizsgálatára is. A Landsat 5-ös műhold TM érzé-

kelőjével készített felvételek egyes képpontjai 625 m² területet fednek le. Ebből adódóan ezek a felvételek nem alkalmasak kisebb zöldfelületi elemek (fasorok, kisebb kiterjedésű köz és magánkertek) zöldfelületi állapotának értékelésére, de települési vagy településrészi szinten eredményesen alkalmazhatók a zöldfelület állapotának biológiai aktivitásának vizsgálatára és értékelésére is. A módszer segít meghatározni a városi és agglomerációs területek biológiailag aktív területekben gazdag, zöldfelületi szempontból értékes területrészeit, illetve a biológiailag aktív területekben szegény, jellemzően beépített területrészeket. Ezzel a települési, valamint térségi zöldfelületi hálózat – konkrét időpontra vonatkozó – feltérképezésében nyújt jelentős segítséget. A módszer a zöldfelületi rendszer területi, térbeli sajátosságainak meghatározásán túl – a területrészek zöldfelületi borítottságarány kategóriákba sorolásával – alkalmas teoretikus zöldfelületnagyság (akár m²-ben történő) meghatározására. A felmérés különböző években is elvégezhető és a zöldfelületek állapotának folyamatos monitorozása megvalósítható, a különböző évek azonos módszertannal (űrfelvételek NDVI-alapú automatikus kiértékelése) végzett felmérései azonos szempontok szerint egyszerűen összehasonlíthatók.

Jegyzet

1. NDVI = Normalized Difference Vegetation Index: Ezt a függvényt az infravörös felvételek növényzetre vonatkozó adatainak összehasonlítására dolgozták ki a vegetáció vitalitásának, egészségi állapotának, biológiai aktivitásának vizsgálatára. A függvény alkalmazásával kizárható az űrfelvételek nem növényzetre vonatkozó információirtalma. (Mather, 2004. pp. 136-149).
2. Az űrfelvétel egy képpontja (pixele) 25x25 m-es, azaz 625 m²-es területet jelöl.
3. Az összehasonlításhoz használt légi-felvételek a Google Earth (<http://earth.google.com/>) internetes adatbázisból származnak
4. A teljes kutatási anyag a www.tag-szem.hu oldalról tölthető le.
5. Számítását a Vizsgálati módszer fejezetben ismertettük.

FORRÁSOK

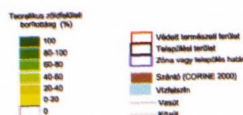
Hivatkozott források

Du, Y., Teillet, P. M., Cihlar, J. (2002) Radiometric normalization of multitemporal high-resolution satellite images with quality control for land cover change detection. *Remote Sens. Environ.*

Tartalmazza azt a sokparaméteres radiometriai korrekciós eljárást, amely alapján Kristóf Dániel doktori értekezésében kidolgozta és bemutatta egyszerűsített változatát.

Kristóf Dániel (2005) Távérzékelési módszerek a környezetgazdálkodásban. Szent István Egyetem, Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet, Gödöllő, doktori (PhD) értekezés

A három esettanulmányra építő doktori értekezés vizsgálja, hogyan és milyen hatékonysággal használhatók a távérzékelés eszközei a környezetgazdálkodási feladatok megoldásában, és egy önálló módszertani részben foglalkozik egy francia radiometriai korrekciós eljárás egyszerűsítésével.



* A Landsat 5-ös műhold TM érzékelőjével 2005 augusztus 1-én készített felvétel alapján

| NDVI-értékek | Teoretikus zöldfelület (%) | Belső Zóna | | Átmeneti Zóna | | Elővárosi Zóna | | Dunamenti Zóna | | Hegyvidéki Zóna | |
|---------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| | | km ² | a zóna ter %-ában | km ² | a zóna ter %-ában | km ² | a zóna ter %-ában | km ² | a zóna ter %-ában | km ² | a zóna ter %-ában |
| >0.5 | 100 | 0,36 | 1,76 | 1,93 | 2,30 | 26,91 | 9,24 | 2,50 | 7,70 | 27,81 | 34,46 |
| 0.4-0.5 | 80-100 | 0,98 | 4,72 | 3,93 | 4,69 | 24,65 | 8,47 | 2,88 | 8,86 | 15,22 | 18,86 |
| 0.3-0.4 | 60-80 | 1,45 | 7,02 | 10,58 | 12,65 | 54,80 | 18,82 | 4,62 | 14,25 | 17,32 | 21,46 |
| 0.2-0.3 | 40-60 | 2,01 | 9,71 | 18,37 | 21,95 | 66,40 | 22,81 | 5,23 | 16,10 | 10,92 | 13,53 |
| 0.1-0.2 | 20-40 | 2,69 | 13,00 | 18,76 | 22,42 | 36,84 | 12,65 | 4,81 | 14,81 | 4,42 | 5,47 |
| 0-0.1 | 0-20 | 3,80 | 18,39 | 16,46 | 19,67 | 18,56 | 6,37 | 4,88 | 15,04 | 2,06 | 2,55 |
| <0 | 0 | 9,28 | 44,87 | 13,60 | 16,25 | 9,72 | 3,34 | 4,89 | 15,06 | 0,66 | 0,82 |
| (Erdő) | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 30,61 | 10,51 | 1,79 | 5,52 | 26,72 | 33,11 |
| Szántó | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 52,78 | 18,13 | 2,66 | 8,19 | 2,30 | 2,85 |
| Állóvizek | | 0,11 | 0,54 | 0,05 | 0,06 | 0,50 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Duna | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 16,43 | 33,61 | 0,00 | 0,00 |
| Teor. Zöldfelület Nagyság | | 4,43 | 21,43 | 29,23 | 34,93 | 159,38 | 54,74 | 14,15 | 29,04 | 61,56 | 76,27 |
| Összterület | | 20,68 | | 83,68 | | 291,16 | | 48,89 | | 80,71 | |

| NDVI-értékek | Teoretikus zöldfelület (%) | Budapest | | Agglomeráció | |
|---------------------------|----------------------------|-----------------|----------------|-----------------|--------------------|
| | | km ² | Bp. ter %-ában | km ² | Agglom. ter %-ában |
| >0.5 | 100 | 59,16 | 11,27 | 495,70 | 24,96 |
| 0.4-0.5 | 80-100 | 47,40 | 9,03 | 179,38 | 9,03 |
| 0.3-0.4 | 60-80 | 88,34 | 16,82 | 219,25 | 11,04 |
| 0.2-0.3 | 40-60 | 102,66 | 19,55 | 188,75 | 9,50 |
| 0.1-0.2 | 20-40 | 67,60 | 12,87 | 91,21 | 4,59 |
| 0-0.1 | 0-20 | 46,04 | 8,77 | 35,75 | 1,80 |
| <0 | 0 | 39,10 | 7,45 | 8,69 | 0,44 |
| (Erdő) | | 59,13 | 11,26 | 536,37 | 27,00 |
| Szántó | | 57,74 | 11,00 | 736,11 | 37,06 |
| Állóvizek | | 0,66 | 0,13 | 12,46 | 0,63 |
| Duna | | 16,43 | 3,13 | 18,97 | 0,96 |
| Teor. Zöldfelület Nagyság | | 268,74 | 51,18 | 1303,74 | 65,64 |
| Összesen | | 525,13 | | 1986,26 | |

Budapest és a Budapesti agglomeráció területének zöldfelületi állapota a Landsat 5 műhold TM érzékelője felvétele alapján 1990 július 23.

| NDVI-értékek | Teoretikus zöldfelület (%) | Belső Zóna | | Átmeneti Zóna | | Elővárosi Zóna | | Dunamenti Zóna | | Hegyvidéki Zóna | |
|---------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| | | km ² | a zóna ter %-ában | km ² | a zóna ter %-ában | km ² | a zóna ter %-ában | km ² | a zóna ter %-ában | km ² | a zóna ter %-ában |
| >0.5 | 100 | 0,36 | 1,76 | 2,51 | 3,00 | 29,56 | 10,15 | 3,41 | 10,51 | 31,18 | 38,63 |
| 0.4-0.5 | 80-100 | 0,80 | 3,85 | 4,32 | 5,16 | 21,81 | 7,49 | 3,13 | 9,65 | 11,49 | 14,24 |
| 0.3-0.4 | 60-80 | 1,16 | 5,60 | 8,82 | 10,54 | 37,77 | 12,97 | 4,14 | 12,75 | 15,13 | 18,75 |
| 0.2-0.3 | 40-60 | 1,76 | 8,50 | 15,91 | 19,01 | 58,19 | 19,99 | 4,70 | 14,49 | 12,47 | 15,45 |
| 0.1-0.2 | 20-40 | 2,37 | 11,44 | 18,81 | 22,48 | 53,42 | 18,35 | 4,37 | 13,47 | 5,12 | 6,35 |
| 0-0.1 | 0-20 | 3,24 | 15,65 | 15,30 | 18,29 | 22,63 | 7,77 | 4,10 | 12,63 | 1,85 | 2,30 |
| <0 | 0 | 10,89 | 52,66 | 17,95 | 21,46 | 14,50 | 4,98 | 5,94 | 18,30 | 1,16 | 1,44 |
| (Erdő) | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 30,61 | 10,51 | 1,79 | 5,52 | 26,72 | 33,11 |
| Szántó | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 52,78 | 18,13 | 2,66 | 8,19 | 2,30 | 2,85 |
| Állóvizek | | 0,11 | 0,54 | 0,05 | 0,06 | 0,50 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Duna | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 16,43 | 33,61 | 0,00 | 0,00 |
| Teor. Zöldfelület Nagyság | | 3,79 | 18,33 | 27,61 | 32,99 | 148,90 | 51,14 | 14,48 | 29,61 | 61,01 | 75,59 |
| Összterület | | 20,68 | | 83,68 | | 291,16 | | 48,89 | | 80,71 | |

| NDVI-értékek | Teoretikus zöldfelület (%) | Budapest | | Agglomeráció | |
|---------------------------|----------------------------|-----------------|----------------|-----------------|--------------------|
| | | km ² | Bp. ter %-ában | km ² | Agglom. ter %-ában |
| >0.5 | 100 | 66,58 | 12,68 | 531,60 | 26,76 |
| 0.4-0.5 | 80-100 | 41,39 | 7,88 | 168,12 | 8,46 |
| 0.3-0.4 | 60-80 | 66,73 | 12,71 | 182,76 | 9,20 |
| 0.2-0.3 | 40-60 | 92,78 | 17,67 | 162,73 | 8,19 |
| 0.1-0.2 | 20-40 | 84,13 | 16,02 | 109,31 | 5,50 |
| 0-0.1 | 0-20 | 47,37 | 9,02 | 41,98 | 2,11 |
| <0 | 0 | 51,31 | 9,77 | 22,24 | 1,12 |
| (Erdő) | | 59,13 | 11,26 | 536,37 | 27,00 |
| Szántó | | 57,74 | 11,00 | 736,11 | 37,06 |
| Állóvizek | | 0,66 | 0,13 | 12,46 | 0,63 |
| Duna | | 16,43 | 3,13 | 18,97 | 0,96 |
| Teor. Zöldfelület Nagyság | | 255,78 | 48,71 | 1296,97 | 65,30 |
| Összesen | | 525,13 | | 1986,26 | |

Budapest és a Budapesti agglomeráció területének zöldfelületi állapota a Landsat 5 műhold TM érzékelője felvétele alapján 2005 augusztus 1.

M. Szilágyi Kinga (1993) Települési zöldfelületi rendszerének vizsgálati és értékelési módszerei, Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem Kert- és Településépítészeti Tanszék, Budapest, kandidátusi értekezés Tanulmányozza a zöldfelületi rendszer kialakulását Budapesten, ismerteti a fővárosi rendezési tervekben alkalmazott zöldfelület vizsgálati módszereket, és vizsgálja a településökölógiai értékeket.

M. Szilágyi Kinga (1986) A budapesti zöldfelületi rendszer értékelése és fejlesztési lehetőségei, Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem, Kert- és Településépítészeti Tanszék, Budapest, 1986. kandidátusi doktori disszertáció. Az értekezés tárgyalja a zöldfelület tájban, települések szerkezetében és a társadalmi értékrendben betöltött szerepét. Ismerteti a zöldfelület szerepét az urbán ökoszisztémákban. Bemutatja a zöldfelületi rendszer és elemeinek történelmi fejlődését Budapesten.

Mather, Paul M. (2004) Computer Processing of Remotely-Sensed Images University of Nottingham, England Távérzékeléssel készített felvételek számítógépes feldolgozását mutatja be, és megismerteti az NDVI-érték számítását is. Megismerteti a felvételek közti különbségek feldolgozásának módszerével is.

Rácz Tamás vezető tervező (1994) Budapesti digitális zöldfelületi kataszter. Budapest Főváros Főpolgármesteri Hivatala Környezetvédelmi Ügyosztálya- ÖKOPLAN Kft. Budapest A kataszter digitális állománya a Főpolgármesteri Hivatal engedélye alapján szerzői jogi megállapodás keretében Mapinfo formátumban áll a felhasználók rendelkezésre. A nyomtatott változat Budapest kerületeit különálló térképszelvényeken egyedi, a kerület kiterjedéséhez alakított méretarányban tünteti fel.

Szilágyi Klára szerk. (2003) Budapest Városfejlesztési Konceptió összefoglaló, Budapest Főváros Önkormányzata Főpolgármesteri Hivatal Főépítési Iroda, Budapest

Budapest Középtávú Városfejlesztési Programjának összefoglalója, mely közel egy évtizedre előre meghatározza a városfejlesztés prioritásait, és a középtávon követendő fejlesztési irányokat, húzóprojekteket.

CORINE Land Cover Database (2000) CORINE Felszínborítási Adatbázis, www.fomi.hu

Ingyenesen hozzáférhető egységes európai módszertannak megfelelően kialakított úrfelvételek vizuális interpretációjával létrehozott ARC/INFO formátumú digitális adatbázis Magyarország 2000-ben feltérképezett földfelszínborításáról.

Egyéb releváns irodalom

Csornai Gábor, dr. Dalia Olivér (1991) Távérzékelés. Székesfehérvár, Erdészeti és Faipari Egyetem, Földmérési és Földrendezői Főiskolai Kar

A tankönyv ismerteti a távérzékelés tudományterületének alapjait és bemutatja a felvételek alkalmazási területeit.

Mucsi László (2004) Műholdas távérzékelés. Szeged, Libellus Kiadó

A könyv ismerteti a távérzékelés tudományterületének fizikai alapjait, bemutatja a Landsat műholdcsaládot és ismerteti a felvételeik sajátosságait.

Measuring Vegetation (NDVI and EVI) Earth Observatory (NASA) <http://earthobservatory.nasa.gov/Library/MeasuringVegetation/>

A honlap közérthetően bemutatja, hogy miként használják fel az úrfelvételeket a Föld növénytakarójának vizsgálatához, és ismerteti az NDVI számításának módszerét.

SUMMARY

The aim of our research was to describe the conditions and the changes of the biologically active areas of Budapest and its agglomeration between 1990 and 2005. The survey was carried out by the analysis of satellite images of visible and near-infrared light, utilizing geographical information system (GIS) methods. We are positive that the findings of our research will provide a suitable starting point for the monitoring of the changes in the capital's biologically active areas.

In our research we demonstrate how the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) analysis of satellite images can be utilized in highly urbanized areas. The application method developed by our team is suitable for the designation of intensity categories from biologically intensive to built up zones within the urban areas, and hence for the description of green network systems. It is also possible to calculate the total theoretical green areas within the settlement, and by this to provide a means of comparison. By the comparison of satellite images taken of the same area at different times (following a correction to eliminate the disturbances caused by meteorological and other factors), it is possible to calculate the changes in biological intensity over time.

The sensitivity of the TM sensor of the Landsat 5 satellite is only able to make images with a resolution of 25x25 m. Hence the images used in our survey are not suitable for the surveying of green network elements of lesser scale (such as alleys and private gardens). The images are suitable for the surveying of green area networks of greater urbanised areas or smaller urban districts.