

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

**A TÁJSZERKEZET GEOINFORMATIKAI MÓDSZEREINEK
ELEMZÉSE ALFÖLDI MINTATERÜLETEKEN**

PhD thesis

**ANALYSIS OF THE GEOINFORMATIC METHODS OF
LANDSCAPE STRUCTURE IN STUDY AREAS IN THE GREAT
HUNGARIAN PLAIN**

Túri Zoltán Krisztián

Témavezető: Prof. Dr. Csorba Péter



DEBRECENI EGYETEM
Földtudományok Doktori Iskola

Debrecen, 2015

BEVEZETÉS

A tájökológiai kutatások egyik fő kérdése a tájszerkezet változásának vizsgálata, amely az ökológiai célú területi tervezéshez, a gyakorlati táj- és természetvédelemhez, a tájértékeléshez és a restaurációs ökológiai tevékenységekhez egyaránt fontos információkat szolgáltat. A tájökológia viszonylag fiatal tudomány, néhány évtized alatt formálódott ki elméleti és fogalmi háttere, kialakult saját módszertana. A kvantitatív tájökológiai kutatási irányzatok között megjelent a tájmetria, amely a tájak térbeli mintázatának geometriáját jellemzi. A táji metrikák napjainkban is komoly szerepet játszanak a tájszerkezet térbeli heterogenitásának értékelésében, de az elmúlt mintegy harminc évben létrehozott több száz tájmetriai index nagy része erősen korrelál egymással. Emiatt az egyes mérőszámok tájanalízisben történő alkalmazhatóságának vizsgálata kulcskérdésnek számít. Nem léteznek szabványok arra vonatkozóan, hogy a mutatók meghatározásának alapját képező foltterképeket vektoros vagy raszteres adatrendszerben, milyen lépték, illetve tematikus és geometriai felbontás mellett állítsuk elő. Ezek a bizonytalansági tényezők minden tájszerkezeti elemzésben megjelennek, függetlenül attól, hogy a tájak hierarchiaszintjei közül melyiken vagy melyeken dolgozunk. A dolgozat tárgyát emiatt részben a ***mikroléptékben és nagy felbontásban, kistáj alatti chorikus szinteken végzett tájmetriai elemzések módszertani problémáinak feltárása és értékelése képezi.***

A távérzékelés folyamatos fejlődése a tájmetriai elemzésekhez felhasznált adatok (légifényképek, űrfelvételek) geometriai, spektrális, radiometriai és időbeli felbontásának látványos javulását eredményezi, amely az adatmennyiség növekedésével és a képelemek méretének csökkenésével jár együtt. Ez a fejlődési irány kényszerítette ki az elmúlt ***másfél évtizedben az objektum alapú képfeldolgozó eljárások*** megjelenését és egyre szélesebb körű alkalmazását a föld- és a környezettudományokban. Az ***objektum alapú képelemzés*** olyan módszerek, eszközök és azok elméleti hátterének kidolgozását, felhasználását és fejlesztését jelenti, amelyek képesek a képadatok emberi észlelésen alapuló vizuális interpretációja helyett/mellett a valóság komplex rendszerének automatizált vagy félautomatizált feldolgozására. A képelemeket nem érdemes a környezetükből kiragadni és önállóan vizsgálni, hanem célravezetőbb a több pixelből álló, a valós világ elemeit részben vagy teljes egészében reprezentáló képobjektumokat létrehozni és osztályozni. Napjainkig nem tisztázott egyértelműen, hogy ezeket a képobjektumokat felhasználhatjuk-e a tájszerkezeti elemzések bemenő adataiként, illetve ***milyen minőségi kapcsolatok vannak a képobjektumok és a tájalkotó elemek (tájfoltok)*** között. Ez szintén módszertani problémákat vet fel, melynek (részleges) tisztázásához az objektum alapú képfeldolgozásban és a tájökológiában egyaránt megjelenő ***térbeli hierarchia koncepció*** kínálhat megfelelő kiindulási alapot.

Mintaterületnek az ország egyik belső periferiális térségét képező ***Tiszazugot*** választottam, amely nem tartozik a földrajzi szempontból alaposan kutatott kistájak közé. A tájszerkezeti elemzéseket egy tiszazugi tájrészleten, a ***Tiszaürt-Bogaras***

homokvidéken végeztem. A terepi vizsgálatok egy négyzetkilométeres tiszazugi *tájablakokon* történtek.

CÉLKITŰZÉSEK

A kutatás során módszertani célkitűzéseim a következők:

1. Feltárni a műholdas helymeghatározó készülékekkel és mobil eszközökkel végzett foltterképezéseket terhelő hibalehetőségek geometriai és topológiai kapcsolatait. Megvizsgálni, hogy ezek a hibák hogyan befolyásolják a legegyszerűbb folt szintű terület, kerület és alaki mutatókat.
2. Megvizsgálni és értelmezni a hierarchia szerepét az objektum alapú képfeldolgozásban és a tájökológiában. Vajon a tájfoltok és a szegmentálással előállított képobjektumok megfeleltethetők-e egymásnak?
3. Olyan geoinformatikai megoldásokat keresni, amelyek alkalmasak lehetnek a táji heterogenitás jellemzésére, s megfelelő kiindulási alapot jelenthetnek a táj térbeli mintázatának ökológiai szempontú értékeléséhez.
4. Felszínborítási kategóriánként értékelni a terület és a kerület alapú tájmetriai mérőszámok felbontásfüggőségét, illetve megvizsgálni, hogy a foltalak és a felbontás együttesen milyen hatással vannak a metrikákra. Meghatározni azokat a módszereket és optimális felbontástartományokat, amelyek alkalmazása célszerű lehet a mikroléptékben és folt szinten elvégzett terület- és kerülettípusú tájmetriai elemzésekénél.
5. Számszerűsíteni és értékelni, hogy a raszteres és a vektoros feldolgozás milyen hatást gyakorolnak az alapvető tájmetriai paraméterekre.

A tájszerkezeti vizsgálatokhoz kapcsolódóan megvalósítandó feladatok a következők:

6. Számszerűsíteni és értékelni az elemzés időhorizontjában (1954–2005) a tájrészleten végbement tájszerkezeti változásokat. Feltárni a változások természeti-gazdasági-társadalmi kapcsolatrendszerét, az ok-okozati összefüggéseket. Megvizsgálni a foltterképek és a szakstatisztikák (földhasználat, gazdaságszerkezet) összehasonlítását korlátozó tényezőket.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A tájszerkezeti vizsgálatok során műszeres terepi méréseket, geoinformatikai és távérzékelési, valamint matematikai-statisztikai módszereket alkalmaztam. A műszeres terepi mérésekbe bevont 7 db egy négyzetkilométeres tájablak (Körtvélyes, Búzás-sziget, Felső-földek, Hangács, Göbolyjárás, Fekete-halom, Újszőlő) kiválasztása a tájtípusok és a táji altípusok (ártéri, löszös és homokos síkság) figyelembevételével, rétegzett véletlenszerű mintavétellel (stratified random sampling method) történt. A tájszerkezet idősoros változásvizsgálatához egy 29 négyzetkilométeres, a tájalkotó tényezők térbeli heterogenitása alapján a környezetétől jól elkülönülő tájrészletet, a Tiszakürt-Bogaras homokvidéket választottam ki.

A számítógép-képernyőn vektorizáláshoz és a vizuális interpretációhoz az 1954–55-ben és az 1975-ben készült pankromatikus légifénykép-sorozatok beszkenelt kontaktmásolatait, illetve a 2005. évi ortofotók digitális másolatait használtam fel. A tematikus pontosság ellenőrzése részben a légifelvételekből előállított topográfiai térképekről, részben szuper nagy geometriai felbontású műholdfelvételekről történt.

Műszeres terepi mérések

- A kódmérésen alapuló abszolút helymeghatározáshoz egy Trimble GeoExplorer GeoXM és egy Trimble GeoExplorer GeoXT típusú mobileszközt, valamint öt Garmin eTrex Vista HCx típusú GPS-vevőt használtam. A különböző alaprajzú (izodiametrikus vagy hosszanti irányban megnyúlt) foltok felmérését félkinematikus (stop and go) módszerrel végeztem. Főként az összetett alakú tájfoltok esetében volt jelentősége, hogy a foltélek töréspontjaiban (csúcsaiban) 60 mintavételből álló egy perces átlagmérést végeztem, mellyel a mérési pontosságot 1-3 m-re növeltem. A felszínborítást, mint jellemző tulajdonságot az egyes tájmozaikok kezdő- és/vagy végpontjaihoz rendeltem.

Geoinformatikai és távérzékelési módszerek

- A terepi felvételezések adatainak utófeldolgozása (fájlkonverzió, vetületi transzformáció) a Global Mapper 14.00 szoftverben történt.
- A terepen felmért tájmozaikok geometriájának és geometriai viszonyainak, tematikus tartalmának ellenőrzése, az adatrögzítésből eredő hibák korrigálása, a foltéleket reprezentáló vonalak zárt felületekké történő átalakítása, átrajzolása, az attribútumadatok feltöltése és a foltterképek elkészítése az ArcGIS 10.0 szoftverben valósult meg.
- A fekete-fehér kontaktmásolatok képi információtartalmának növeléséhez a GIMP 2.6.11 nyílt forráskódú szoftverben fényerő-kiegyenlítést, képélesség-növelést, kontrasztfokozást, zajcsökkentést és élmegőrző simítást hajtottam végre.
- A geometriai torzulások minimalizálására és az eltérő felbontású adatok közös referencia-koordinátarendszerben kezelésére, valamint földrajzi információs rendszerbe integrálására nemparaméteres korrekciót (másodfokú polinomiális transzformáció) alkalmaztam. A légifényképek újra-mintavételezése köbös konvolúcióval (cubic convolution) történt.
- A légi távérzékelte adatokról a tájszerkezet idősoros változásvizsgálatának alapját képező tájmozaikokat ArcGIS 10.0 szoftverkörnyezetben, számítógép-képernyőn, 1:3000 léptékben vektorizáltam.
- A felszínborítási kategóriák megadásakor a CLC50 adatbázis 79 felszínborítási/területhasználati osztályát vettem alapul, melyeket a könnyebb értelmezhetőség kedvéért 19 felszínborítási kategóriába vontam össze.
- Az ortofotók objektum alapú képfeldolgozása az eCognition Developer 8.64.1 szoftverben történt. A szegmensképek elkészítéséhez a többfázisú szegmentálás

lentől felfelé régió-összevonó típusát (bottom-up region merging technique) használtam.

- A tájszerkezeti vizsgálatokhoz a tájmetriai mutatókat az ArcGIS vLATE (Vector-based Landscape Analysis Tools Extension) moduljával, vektoros alapon számítottam ki.
- A metrikák felbontás érzékenységének elemzéséhez a vektoros folttérképet előbb az ArcGIS segítségével raszteressé alakítottam 0,5–1–2,5–5–10–20–30–40–50–60–70–80–90 és 100 m-es felbontással, majd újravektorizáltam.

Matematikai-statisztikai módszerek

- A terület és a kerület alapú tájmetriai mutatók esetében a felszínborítás és a felbontás együttes statisztikai vizsgálatához az SPSS Statistics 17.0 szoftvert alkalmaztam.
- Az adatok eloszlását Shapiro-Wilks próbával teszteltem. Az eredeti adatok esetében Mann-Whitney próbával, a transzformáltaknál többszemponos ANOVA modellben vizsgáltam meg a tájmetriai mutatók felbontás függését.

EREDMÉNYEK

1. tézis. Megállapítottam, hogy a műholdas helymeghatározó eszközökkel végzett térképezés során a foltok geometriai tulajdonságainak és a relatív térbeli kapcsolatoknak a pontatlan megadása miatt képződő mikroméretű poligonok a terület és a kerület mutatók értékét minimálisan, a foltok kerület/terület arányát viszont nagyságrendekkel megnövelik.

A tájmetriai feldolgozás során a nagyméretű felületek és a szilánkpolygonok is mozaikokat képeznek, emiatt több foltot azonosítunk, mint amennyi ténylegesen létezik. Ez a terület és a kerület mutatóknál általában nem jelent problémát, bár az igen kisméretű elemek miatt az eredeti mozaikok kerülete és területe is nagyobb lesz a javított topológiájú polygonoknál. Komoly eltérés van viszont a kerület/terület index esetében, amely a foltok kompaktságát fejezi ki. Ez az arány annál nagyobb, minél összetettebb a folt alakja. A mutató érzékeny a méret és az alak változására, a foltméret növekedése a paraméter csökkenését eredményezheti. Ezzel magyarázható, hogy a mikroméretű poligonok kerület-terület arányai több esetben a százas vagy az ezres nagyságrendet is elérték. Így jelentősen torzították a nagy foltok értékét, amelyek viszont önmagukban alig tértek el a javított topológiájú mozaikok értékétől. Mivel ezek az indexek más mérőszámok alapját képezik, ezért az azokból számított alak, magterület, elterjedés/szétszóródás és diverzitás indexek értékeit is módosíthatják.

A metrikák számítása során fellépő hibákat elkerülhetjük azzal, ha ezeket a szilánkokat abba a foltba olvasztjuk be, amelyhez tartoznak. A geometriai és a szomszédsági kapcsolatok ellenőrzése és az esetleges pontatlanságok javítása természetesen ebben az esetben is ajánlott. Meg kell jegyezni, hogy a megállapításaim az összes, GPS-szel vagy mobileszközzel felmért tájmozaikra általánosíthatók.

2. tézis. Vizsgálataim során kimutattam, hogy a szegmentálással előállított képobjektumokat – függetlenül azok lineáris vagy nemlineáris alakjától – tájalkotó elemeknek tekinthetjük.

A térbeli hierarchia koncepció az objektum alapú képfeldolgozásban és a tájökológiában egyaránt megjelenik, amelyet a tisztaugyi Körtvélyes („A” jelű tájablak) sziki erdőssztyepp-maradvány példáján keresztül vizsgáltam. A vizsgálati alapegységek a tájfoltok voltak, melyek közül az erdő felszínborítású tájmozaikokat választottam ki a tájak és az objektum alapú képfeldolgozás, mint hierarchikus rendszerek közötti kapcsolatok feltárására. A kiindulási állapotot 0. szintnek tekintettem, melyek elemei az erdőfoltok voltak. E fölött helyezkednek el a környezetüktől eltérő felszínborítási típusba tartozó tájalkotó elemekből álló tájrészletek, melyek a +1. szintet jelölik. A tájfoltok sem homogének, más-más területrészekből (tesszerákból) tevődnek össze. A mozaikok alapvető jellege a folton belül azonosnak tekinthető, de az azt alkotó növények helyenként eltérő összetételű csoportokat képezhetnek. A tájablakot szegélyező erdőmozaikokban is megfigyelhető ez a foltosság, ahol a kocsányos tölgy más, csoportosan elhelyezkedő fafajokkal (pl. fehér nyár és vadkörte) elegyedik. Ez képezi a -1. szintet. A hagyásfás legelőn elszórtan, illetve állományban tenyésző faegyedek a hierarchia alsó lépcsőfokát (-2. szint) jelentik, melyekből a magasabb szerveződési szintek mozaikjai épülnek fel. A hierarchiarendszer alján – mivel „elemi képpalkotóknak” a faegyedeket tekintettem, melyek lombmérete nagyobb, mint egy pixel – fák már nem, de lágy szárú növényfajok és azok csoportjai, továbbá más élőlények, tereptárgyak előfordul(hat)nak.

Az objektum alapú képfeldolgozás során az elemi képpontokból egyre nagyobb területű (pixelszámú) képobjektum-kezdemenyeket és képmozaikokat nyerünk, melyek alá- és fölérendeltségi viszonyban vannak egymással. Alacsonyabb hierarchiaszinten gyerekobjektumnak, magasabb hierarchiaszinten szülőobjektumnak minősülnek. A rendszer csúcán a képobjektumok már nem egyesíthetők tovább, egy-egy szuperobjektumot alkotnak, melyek általában több alobjektumból állnak. A különböző hierarchiaszinteken létrehozott képobjektumok és a gyakran felszínborítással/területhasználattal jellemzett térbeli mintázat közötti kapcsolat egyértelmű, emiatt a képobjektumokat a tájökológiai feldolgozás során tájalkotó elemeknek tekinthetjük.

3. tézis. Megállapítottam, hogy a tájmintázat heterogenitásának vizsgálatához három-öt szomszédos hierarchiaszint együttes kezelése megfelelő lehet a különböző tájszerkezetek esetében.

A tájmintázat szoftveres feldolgozásakor a mozaik minden elemét (tájfolt, folyosó és mátrix) foltként kezeljük. A távérzékelte adatok térbeli, spektrális és radiometriai felbontásától, valamint a tájszerkezet heterogenitásától függően gyakran eltérő paraméterezést alkalmazunk a képszegmentálás során, amely általában empirikus úton történik. Az így létrehozott szegmenskép emiatt szubjektív és nehezen reprodukálható lesz, továbbá az sem tisztázott, hogy milyen

geometriai és tematikus pontosság mellett tekinthetjük a szegmensképet elfogadhatónak, további tájökológiai vizsgálatokra alkalmasnak.

Minimum három hierarchiaszint egyidejű alkalmazása javasolt a tájökológiai analízisben, amely elegendő lehet a legtöbb ökológiai rendszer működésének megértéséhez. A homogenitási küszöbértékek módosításával egyre kisebb vagy nagyobb méretű képbjektumok állíthatók elő, amellyel az egymástól lényegesen eltérő tájszerkezetek – pl. egy közepes és nagyméretű, szabálytalan alakú tájfoltokkal, folyosókkal jellemezhető heterogén természetközeli táj(részlet) vagy egy szabályos szerkezetű, homogénebb struktúra – is megragadhatók, térképen jól ábrázolhatók. Ez a táji heterogenitás általában már egy néhány hektáros, négyzetkilométeres tájrészlet térbeli mintázatában megfigyelhető, ami szintén indokoltá teszi a különböző méretarány-tényezők használatát. A csökkenő méretarány, növekvő objektumméret és heterogenitás biztosítja a kapcsolatot a különböző hierarchiaszinteken létrehozott képbjektumok és a gyakran felszínborítással, területhasználattal jellemzett mozaikosság között, ahol az egyed-tesszera-tájfolt és folt feletti szerveződési szintek együttes kezelése megfelelő kiindulási alapot jelenthet a táj térbeli mintázatának ökológiai szempontú értékeléséhez.

4. tézis. Kimutattam, hogy a foltok területtípusú tájmetriai vizsgálatára a 10 méter alatti felbontástartomány (M=1:10 000 alatt) a legalkalmasabb, a kerülettípus esetében pedig a vektoros feldolgozást javaslom.

Praktikus okokból csak a legegyszerűbb – más mérőszámok vagy a tájökológiai elemzések alapját képező – indexek felbontás-érzékenységét vizsgáltam. A következő mutatókat vontam be az elemzésbe: foltszám (Number of Patches, NP), foltosztály területe (Class Area, CA), közepes foltméret (Mean Patch Size, MPS), foltméret szórása (Patch Size Standard Deviation, PSSD), össz-szegélyhossz (Total Edge, TE) és közepes szegélyhossz (Mean Patch Edge, MPE).

Az összehasonlítások alapja minden esetben a kiindulási (folt)térkép volt, és azt vizsgáltam, hogy a fent említett tájmetriai paraméterek hogyan változtak a felbontás függvényében. A tájmetriai indexek értékeiben a felbontás csökkenése 95%-os valószínűségi szinten rendszerint nem okozott szignifikáns ($p < 0,05$) különbségeket, de figyelemre méltó, hogy minden vizsgált mutató esetében 0,5–5 méteres felbontásnál a különbségek szignifikánssá ($p < 0,05$) váltak. A foltok alakja szerint is elvégeztem a vizsgálatokat, de 95%-os valószínűségi szinten szignifikáns ($p < 0,05$) különbség a felbontás és a foltalak együttes hatására itt sem volt kimutatható. Ebben az esetben viszont fontos eredmény, hogy a foltok izodiametrikus vagy megnyúlt jellege szignifikánsan ($p < 0,05$) befolyásolta a foltszám (NP) és az össz-szegélyhossz (TE) mutatókat. A többi esetben itt sem volt lényegi különbség a kapott eredményekben.

Az alapvető tájmetriai paraméterek mikroléptékű vizsgálatánál célszerű valamilyen vektoros módszert alkalmazni, ugyanis raszteres rendszerben a felbontás csökkenése a pixelek méretének növekedését eredményezi (pixelesedés), ami jelentősen módosítja a kerületre vonatkozó mutatókat, a kerület/terület arányt.

A felbontás csökkenésével az izodiametrikus foltok kisméretű pixeljei aggregálódnak, a megnyúlt foltok azonban kisebb, nem összefüggő területekre esnek szét. Ennek következtében a 20–40 méteres tartományban lényegesen több folt detektálható, mint amennyi valójában létezik. A felbontás további csökkenésével a pixelek összeállnak, nagyobbak lesznek, ami számuk csökkenését eredményezi, s így a tájmetriai indexek értékeinek különbsége az eredeti térképhez viszonyítva már nem szignifikáns ($p < 0,05$).

5. tézis. Számításaimmal igazoltam, hogy a foltok kerületét is felhasználó tájmetriai mutatók esetében összehasonlítást kistájak között vagy korábbi vizsgálatokkal csak akkor végezhetünk, ha minden körülmény megegyezik (adatbevétel, felbontás), különben hibás eredményeket kapunk.

A vizsgálatok során alkalmazott többféle felbontás elemzése érdekes eredményeket hozott. Ezek az eredmények nem általánosíthatók a közepes és a kis léptékű vizsgálatokra azok felbontása miatt, mivel kis területet (egy 29 négyzetkilométeres tájrészletet) dolgoztam fel igen részletesen. A kerületre vonatkozó mutatók viselkedése teljesen eltért a területtípusú metrikáktól: a kerületet lényegileg befolyásolta a pixelesedés. Itt az össz-szegélyhossz (TE) és a közepes szegélyhossz (MPE) mutatók példáján vizsgáltam a felbontásfüggőséget. Közismert tény, hogy két pont között a legrövidebb távolság egy egyenes (ez a valóság, amit legjobban a vektoros rendszerek tükröznek). A raszteres megközelítés miatt viszont ez nem lehetséges, mert a távolság – a felbontás függvényében – csak két egyenlő hosszúságú, egymásra merőleges szakasszal adható meg. Egy egységnyi oldalú négyzetet feltételezve a legrövidebb távolság $\sqrt{2}$ (1,414), egy raszteres rendszerben 2 lesz. Emiatt a raszteres rendszerben 1,4-szer nagyobb értéket kapunk a kerület mutatóra, s a felbontás és az ebből származó hiba konstans lesz. Minél beágyazottabb a kerület paraméter az adott tájmetriai index képletébe, annál nagyobb az arra gyakorolt hatása.

Ez a hatás minden kerülettel kapcsolatos mutatót érint, vagyis alkalmazása esetén két dolog lehetséges: igyekszünk valamilyen vektoros formában feldolgozni a kerülettel kapcsolatos feladatokat, vagy elfogadjuk a fent említett tényt, és ennek megfelelően kezeljük az eredményeket is. Utóbbi esetben figyelembe kell vennünk, hogy összehasonlítást kistájak között vagy korábbi vizsgálatokkal csak akkor végezhetünk, ha minden körülmény megegyezik (adatbevétel, felbontás), különben hibás eredményeket kapunk.

6. tézis. Kimutattam, hogy az elemzés ötven éves időhorizontjában a társadalom termelő tevékenysége miatt jelentős átalakulás ment végbe a Tisza-kürt-Bogaras homokvidék tájszerkezetében: a mezőgazdasági területek, a vizenyős-mocsaras területek és vízfelületek részesedése csökkent, a természetközeli területek és lombhullató erdők, a mesterséges felszínek relatív területi aránya nőtt a tájrészleten.

A változások vagy térben és időben koncentráltan, vagy elszórtan jelentkeztek. A változás iránya az egyes típusokon belül általában azonos volt, vagy csökkent,

vagy nőtt a foltosztály területe. Kivételt képeztek ez alól a következő kategóriák: település/lakott terület, szántó, szőlő és cserjés terület, bozót.

A mezőgazdasági területek felszínborítási csoporton belül a relatív arányokat vizsgálva a szőlő területi részesedése a kétharmadára, a gyümölcsöse az ötödére csökkent, a szántóké és a vegyes hasznosítású mezőgazdasági területeké a másfélszeresére nőtt. A mezőgazdasági kollektivizálás lezárása után a nagyüzemi gazdálkodási forma bevezetésével meginduló intenzív földhasználat a tájszerkezetben komoly változásokat eredményezett. Nőtt a szántóföldek aránya, a parcellák átlagos mérete. Az ún. többszintes művelési mód erőteljesen visszaszorult, a szőlő- és a gyümölcsültetvények homogenizálódtak. A rendszerváltás után a gyümölcsösök, szőlők szántókká alakítása a tájrészlet déli és északkeleti részén volt jellemző.

A vizenyős-mocsaras területek csökkentek, a vízfelületek területe a harmadára zsugorodott. Ennek oka elsősorban a wetlandek feltöltődése, gyepekké alakulása volt. Bár ezeknek a felszínborítási kategóriáknak a területi részesedése a Tisza- és Bogaras homokvidéken nem számottevő (0,4%), de számos növény- és állatfajnak élő-, táplálkozó-, búvó- és szaporodóhelyet biztosítanak, ezért fontos a tájrészlet heterogenitásának és biológiai diverzitásának növelésében játszott szerepük.

A lombhullató erdők területe a hatszorosára, a gyepek és a cserjések, bozótosok területe a kétszeresére nőtt. Elsősorban az 1970-es évektől a mezőgazdasági területeken gazdasági célú zárttömbű erdőtelepítések történtek, melyek során akácból és nemes nyárból álló ültetvény típusú erdőket létesítettek. A rendszerváltás után a cserjés-bozótos területek és a gyepek gyarapodása egyrészt a fiatal erdőtelepítések és a vágásterületek térbeli bővülésével, másrészt az elöregedett szőlők és gyümölcsösök felhagyásával, parlagosodásával, spontán cserjésedésével-erdősödésével magyarázható.

A mesterséges felszínek közül az ipari-kereskedelmi terület, agrárlétesítmény típusúhoz tartozó tájelemek relatív területi aránya 1954–55 és 2005 között a négyszeresére, a műutaké több mint a duplájára nőtt. Ez a hatékony hálóméret (MESH) csökkenését eredményezte. A tájfoltok zsugorodása, izolálódása és fragmentáltságának növekedése tájökölógiai, tájvédelmi szempontból kedvezőtlen folyamat, amely elsősorban a Natura 2000 kiemelt jelentőségű természetmegőrzési területeken (Tisza- és Bogaras-tisza menti gyepek) és a Nemzeti Ökológiai Hálózathoz tartozó területeken (Tisza, Bába-tó) veszélyezteti a közösségi jelentőségű élőhelyek és a védett fajok állományainak hosszú távú fennmaradását.

A foltterületekből származtatott tájmetriai paraméterek (foltosztály területe és területarány) és az agrárstatisztikai felmérések településszintű idősoros földhasználati adatai véleményem szerint alkalmasak lehetnek az összehasonlításra, a tájhasználatban végbement változások irányainak kimutatására. Ezt bizonyítja, hogy a lombhullató erdő és a gyümölcsös felszínborítási típusok, illetve művelési ágak területváltozásának irányai azonosak voltak. A két elemzett időszakban (1954–55, 2005) is a legkiterjedtebb és legösszefüggőbb felületet képező, emiatt mátrixként értelmezhető szőlő kategória esetében az általam számított és a mezőgazdasági statisztikai adatok 1954–55 és 1975 között egyaránt területcsökkenést mutattak. Az azt követő mintegy harminc évben a

szőlőültetvény-felmérés (2001) szerint bár mérséklődött, de folytatódott ez a trend, én viszont pozitív irányú változást határoztam meg, amely a termőterületek részleges felújításával és az újabb szőlőültetvények létesítésével magyarázható.



Nyilvántartási szám: DEENK/66/2015.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Túri Zoltán
Neptun kód: BZXNDM
Doktori Iskola: Földtudományok Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10024256

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Idegen nyelvű, külföldi könyvrészlet(ek) (1)

1. **Túri, Z.:** Studying landscape pattern in Great Hungarian Plain model areas.
In: Anthropogenic aspect of landscape transformations 6. Szerk.: A. T. Jankowski, University of Silesia, Sosnowiec-Bedzin, 109-115, 2011.

Magyar nyelvű tudományos közlemény(ek) hazai folyóiratban (2)

2. **Túri Z.:** A tájmintázat vizsgálata a Tiszazugban.
Tájökol. Lapok. 9 (1), 43-51, 2011. ISSN: 1589-4673.
3. Gábris G., **Túri Z.:** Homokmozgás a történelmi időkben a Tiszazug területén.
Földr. Közl. 132 (3), 241-250, 2008. ISSN: 0015-5411.

Idegen nyelvű tudományos közlemény(ek) külföldi folyóiratban (3)

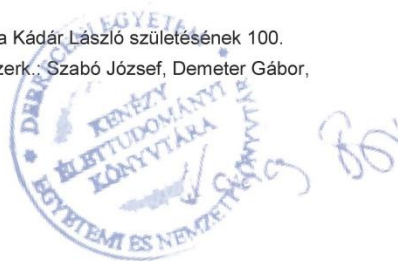
4. Varga, O.G., Szabó, S., **Túri, Z.:** Efficiency assessments of GEOBIA in land cover analysis, NE Hungary.
Bull. Environ. Sci. Res. 3 (4), 1-9, 2014. ISSN: 2278-5205.
5. Szabó, S., **Túri, Z.,** Márton, S.: Factors biasing the correlation structure of patch level landscape metrics.
Ecol. Indic. 36, 1-10, 2014. ISSN: 1470-160X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.06.030>
IF:3.23 (2013)



6. Túri, Z., Szabó, S.: The role of resolution on landscape metrics based analysis.
Acta Geogr. Silesiana. 4, 47-52, 2008. ISSN: 1897-5100.

Magyar nyelvű konferencia közlemény(ek) (5)

7. Varga O.G., **Túri Z.**: A tájszerkezet vizsgálata objektum alapú megközelítéssel alföldi mintaterületeken.
In: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában V. : Térinformatikai konferencia és szakkiallítás 2014. Szerk.: Balázs Boglárka, Debrecen Egyetemi Kiadó, Debrecen, 403-410, 2014. ISBN: 9789633184349
8. **Túri Z.**: Tájmetriai indexek vizsgálata tiszazugi mintaterületeken.
In: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában. Szerk.: Lóki József, Demeter Gábor, Rexpo Kft., Debrecen, 405-413, 2010. ISBN: 9789630693417
9. **Túri Z.**, Szabó S.: Néhány tájmetriai mutató és a felbontás kapcsolatának vizsgálata egy tiszazugi tájrészleten.
In: Természetföldrajzi folyamatok és formák : Geográfus Doktoranduszok IX. Országos Konferenciájának Természetföldrajzos Tanulmányai. Szerk.: Kiss Tímea, Szegedi Tudományegyetem Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged, 83-92, 2009. ISBN: 9789634829232
10. Szabó S., **Túri Z.**: A felbontás szerepe a tájmetriai vizsgálatokban.
In: Tájökológiai kutatások III. Magyar Tájökológiai Konferencia kiadványa. Szerk.: Csima P., Dublinszki-Boda B., Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest, 155-162, 2008. ISBN: 9789635033874
11. **Túri Z.**, Tóth C.: A tiszazugi Bokros-pusztá előzetes környezeti állapotfelmérése különös tekintettel a vadkörteállományra.
In: Geographia generalis et specialis : Tanulmányok a Kádár László születésének 100. évfordulóján rendezett tudományos konferenciára. Szerk.: Szabó József, Demeter Gábor, Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, 287-294, 2008.





Idegen nyelvű konferencia közlemény(ek) (1)

12. **Túri, Z.**, Tóth, C.: A study of environmental changes in a model area in the Tiszazug region.
In: Anthropogenic Aspects of Landscape Transformations 5. : Proceeding of Hungarian -
Polish Symposium. Ed.: by József Lóki, József Szabó, Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen,
97-109, 2008. ISBN: 9789634731092





További Közlemények

Magyar nyelvű könyvrészlet(ek) (10)

13. Fazekas I., Nagy R., **Túri Z.**: Mezőgazdasági eredetű biogáz alapanyagok potenciálja Hajdú-Bihar megyében.
In: Contributii la utilizarea eficienta a energiilor regenerabile in judetele Bihor si Hajdú-Bihar = Hozzájárulások a megújuló energiaforrások hatékony felhasználására Bihar és Hajdú-Bihar megyékben. Szerk.: Monica Costea, Mircea Gordan, Editura Universitatii din Oradea, Oradea, 79-85, 2013. ISBN: 9786061009602
14. **Túri Z.**: A vízhálózat és a növényzet változásainak vizsgálata a Nyírségben.
In: A Bihar-hegység és a Nyírség talajvédelmi stratégiájának kidolgozása az EU direktívák alapján. Szerk.: Lazányi János, Pető Károly, Debreceni Egyetem AGTC, Debrecen, 44-51, 2012. ISBN: 9786155183164
15. **Túri Z.**: A belvízveszélyesség vizsgálata a Nyírségben.
In: A Bihar-hegység és a Nyírség talajvédelmi stratégiájának kidolgozása az EU direktívák alapján. Szerk.: Lazányi János, Pető Károly, Debreceni Egyetem AGTC, Debrecen, 36-43, 2012. ISBN: 9786155183164
16. Fazekas I., Nagy R., **Túri Z.**: Mezőgazdasági eredetű biogáz alapanyagok potenciálja Hajdú-Bihar megyében.
In: A környezettudatos települések felé. Szerk.: Fazekas István, Szabó Valéria, Meridián Alapítvány, Debrecen, 108-115, 2012. ISBN: 9789630852944
17. Lóki J., Szabó G., Tóth C., Négyesi G., **Túri Z.**: A szélenergia potenciált megalapozó terepi geodéziai mérések.
In: A környezettudatos települések felé. Szerk.: Fazekas István, Szabó Valéria, Meridián Alapítvány, Debrecen, 95-101, 2012. ISBN: 9789630852944
18. **Túri Z.**: A környezetátalakítás vízhálózatra és növényzetre gyakorolt hatásainak vizsgálata a Nyírségben.
In: A Nyírség környezetminősítése vízellátottság szempontjából. Szerk.: Demeter Gábor, Debreceni Egyetem AGTC, Debrecen, 9-39, 2012. ISBN: 9786155138119



19. **Túri Z.**: A belvízveszélyesség minősítése műholdfelvételek alapján a Nyírségben.
In: A Nyírség környezetminősítése vízellátottság szempontjából. Szerk.: Demeter Gábor,
Debreceni Egyetem AGTC, Debrecen, 40-54, 2012. ISBN: 9786155138119
20. Szabó G., **Túri Z.**: A Nyírség komplex hidrológiai minősítése, veszélytérképek készítése.
In: A Nyírség környezetminősítése vízellátottság szempontjából. Szerk.: Demeter Gábor,
Debreceni Egyetem AGTC, Debrecen, 55-72, 2012. ISBN: 9786155138119
21. Demeter G., **Túri Z.**, Négyesi G.: A csapadék- és talajvízviszonyok területi sajátosságai és
trendjei a Nyírség területén.
In: A Nyírség környezetminősítése vízellátottság szempontjából. Szerk.: Demeter Gábor,
Debreceni Egyetem AGTC, Debrecen, 73-122, 2012. ISBN: 9786155138119
22. Vass R., **Túri Z.**: Morfometriai vizsgálatok a Felső-Tisza Vásárosnamény és Túr torkolata közötti
szakaszán.
In: Interdiszciplinaritás a természet- és társadalomtudományokban. Szerk.: Lóki József,
Debreceni Egyetem, Debrecen, 337-343, 2010. ISBN: 9789633180624

Idegen nyelvű, hazai könyvrészlet(ek) (1)

23. Varga, O.G., **Túri, Z.**: Application of GIS to Present Rural Touristic Values of Bihor-Hajdú-Bihar
Euroregion.
In: Agriculture Informatics 2013 International Conference. Szerk.: Herdon Miklós, Szilágyi
Róbert, Magyar Agrárinformatikai Szövetség, Debrecen, 23-28, 2013. ISBN: 9786155094095

Idegen nyelvű, külföldi könyvrészlet(ek) (1)

24. Lázár, I., Csákberényi-Nagy, G., **Túri, Z.**, Kapocska, L., Tóth, T., Tóth, J.B.: Analysis of factors
affecting wind-energy potential in low built-up urban environments.
In: Aerul si apa componente ale medului: Air and water components the environment. Szerk.:
Gavril Pandi, Florin Moldovan, Casa Cartii de Stiinta, Cluj-Napoca, 369-376, 2014.

Magyar nyelvű közlemény(ek) hazai folyóiratban (1)

25. **Túri Z.**, Türk G., Négyesi G., Szabó S., Demeter G., Lóki J.: A hidrológiai elemek térbeli
sajátosságainak vizsgálata a Lónyay-főcsatorna vízgyűjtő területén.
Acta biol. Debr., Suppl. oecol. Hung. 27, 237-249, 2012. ISSN: 0236-8684.



Idegen nyelvű közlemény(ek) hazai folyóiratban (1)

26. Fazekas, I., Szabó G., Szabó, S., Paládi, M., Szabó, G., Buday, T., **Túri, Z.**, Kerényi, A.: Biogas utilization and its environmental benefits in Hungary.
Int. Rev. Appl. Sci. Eng. 4 (2), 129-135, 2013. ISSN: 2062-0810.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/IRASE.4.2013.2.6>

Idegen nyelvű közlemény(ek) külföldi folyóiratban (1)

27. **Túri, Z.**, Négyesi, G., Türk, G., Lóki, J., Balázs, B., Szabó, S.: Spatiotemporal Analysis Of The Hydrological Factors In The Subcatchment Of The River Tisza, Ne Hungary.
Adv. Res. Eng Sci. 1 (2), 43-51, 2013. EISSN: 2347-4130.

Magyar nyelvű konferencia közlemény(ek) (8)

28. Nagy Z., **Túri Z.**: A Margit híd pillérszobrának 3D-s digitális alakzatrekonstrukciója.
In: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában V. Szerk.: Balázs Boglárka, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 219-226, 2014. ISBN: 9789633184349
29. Varga O.G., **Túri Z.**: Turisztikai adatbázis kialakítása Hajdú-Bihar megyében.
In: Az elmélet és gyakorlat találkozása a térinformatikában IV. : Térinformatikai konferencia és szakkiallítás 2013. Szerk.: Lóki József, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 473-480, 2013. ISBN: 9789633183342
30. **Túri Z.**, Szabó G.: A Nyírség felszíni hidrológiai viszonyainak térképezése kvantitatív adatbázisok és űrfelvételek alapján.
In: Kockázat - konfliktus - kihívás : A VI. Magyar Földrajzi Konferencia, a MERIEXWA nyitókonferencia és a Geográfus Doktoranduszok Országos Konferenciájának tanulmánykötete. Szerk.: Nyári Diána, Szegedi Tudományegyetem Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged, 921-930, 2012. ISBN: 9789633061756
31. **Túri Z.**, Balázs B.: A belvízveszélyesség minősítése műholdfelvételek alapján a Nyírségben.
In: Agrárinformatika 2011 Konferencia = Agricultural Informatics Conference: Innovatív információtechnológiák az agrárgazdaságban. Szerk.: szerk. Herdon Miklós, Rózsa Tünde, Szilágyi Róbert -, Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen, 175-184, 2011. ISBN: 9786155094057



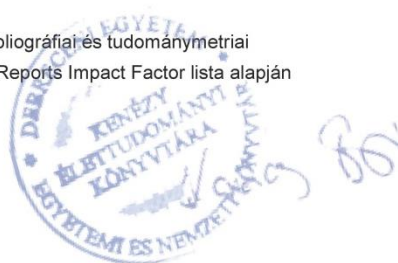
32. Lóki J., Szabó G., Tóth C., Négyesi G., **Túri Z.**: A szélenergia potenciált megalapozó terepi geodéziai felmérések romániai mintaterületeken.
In: Környezettudatos energiatermelés és -felhasználás : [II. Környezet és Energia Konferencia] : [Debrecen, 2011. november 25-26.]. Szerk.: Szabó Valéria, Fazekas István, MTA DAB Megújuló Energetikai Munkabizottsága, Debrecen, 146-151, 2011. ISBN: 9789637064272
33. **Túri Z.**, Demeter G.: A talajvízállás, a csapadék és a felszíni vízállás kapcsolatának vizsgálata a Nyírségben.
In: Agrárinformatika 2011 : Innovatív információtechnológiák az agrárgazdaságban. Szerk.: Herdon Miklós, Rózsa Tünde, Szilágyi Róbert, Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen, 122-132, 2011.
34. Fazekas I., Nagy R., **Túri Z.**: Mezőgazdasági hulladékok energetikai hasznosítása biogáz kiserőművekben Magyarországon.
In: Környezettudatos energiatermelés és -felhasználás : ...Környezet és Energia Konferencia előadásai és poszterei. Szerk.: Szabó Valéria, Fazekas István, MTA DAB Megújuló Energetikai Munkabizottság, Debrecen, 78-84, 2011. ISBN: 9789637064272
35. Buró B., **Túri Z.**: A lefolyási viszonyok vizsgálata a Lónyay-főcsatorna vízgyűjtőjén.
In: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában II. Szerk.: Lóki József, Debreceni Egyetem, Debrecen, 389-396, 2011. ISBN: 9789633181164

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 3,23

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre): 3,23

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2015.03.20.



INTRODUCTION

One of the key issues in landscape ecology research is the study of landscape structure changes yielding information important for ecology based regional planning, practical landscape and nature protection, landscape evaluation and restoration ecological activities. Landscape ecology is a relatively young scientific field the theoretical and terminological background and specific methodology of which was formed within a few decades. Among quantitative landscape ecological research trends landscape metrics appeared that describes the geometry of the spatial pattern of landscapes. Landscape metrics have a significant role in the evaluation of the spatial heterogeneity of landscape structures even today, however, most of the several hundred landscape metric indexes created in the last thirty years show strong correlation with each other. As a result it is a key issue to study the applicability of certain indexes in landscape analysis. There are no standards to regulate the vector or raster character, the scale and the thematic and geometric resolution of the base maps of index calculation. Such uncertainties occur in every landscape structure analysis independent of the hierarchy level of the landscapes. As a result the material of the thesis partly includes *the identification and evaluation of the methodological problems of landscape metric analyses performed at micro-scale and high resolution at choric levels below micro-region level*.

Continuous development of remote sensing results in significant increase of the geometric, spectral, radiometric and time resolution of the data (aerial photos, space images) applied to landscape metric analyses and this in the meantime also results in the increase of data quantity and the decrease of the size of image elements. This development trend required the appearance of **object based image analysis methods** in the last one and a half decades and their wide application in earth and environmental sciences. **Object based image analysis** means the creation, application and development of methods, devices and their theoretical background that are capable of the automatic or semi-automatic analysis of the complex system of reality instead of / apart from the visual interpretation of image data based on human observation. Analysis of individual image elements separate from their environment is useless. Establishment and classification of image objects composed of several pixels representing partly or completely the elements of reality seem to be much more expedient. It is still unclear whether such image objects can be applied as input data of landscape structure analyses or not. The **conditions of connection between image objects and landscape elements** (landscape patches) are still to be cleared. This also causes methodological problems the (partial) clarification of which could be given on the basis of the **spatial hierarchy concept** occurring both in object based image analysis and in landscape ecology.

One of the inner peripheral areas of the country, the **Tiszazug** was selected as a study area. This has not been thoroughly studied geographically. Landscape structural analyses were performed in a landscape part of the Tiszazug, the **Tiszakiirt-Bogaras sand area**. Field studies were carried out in one square kilometre sized **landscape windows**.

AIMS

Methodological aims of the research included the following:

1. To expose the geometric and topologic connections of error possibilities in patch mapping performed using satellite navigation devices or mobile devices. To analyse the effects of such errors on the area, perimeter and shape indexes at the simplest patch level.
2. To study and interpret the role of hierarchy in both object based image analysis and landscape ecology. Can landscape patches and image objects obtained by segmenting be matched each other?
3. To search geoinformatic solutions that could be suitable for describing landscape heterogeneity and may provide a good starting basis for evaluating the ecological based spatial pattern of landscapes.
4. To assess the resolution dependence of area and perimeter based landscape metric indexes according to land cover categories and to study the joint effects of patch shape and resolution on metrics. To determine the methods and optimal resolution intervals the application of which could be reasonable in area and perimeter type landscape metric analyses carried out at micro-scale and patch level.
5. Quantify and assess the effects of raster and vector analyses on the basic landscape metric parameters.

Tasks to be solved in relation to landscape structure analyses include:

6. Quantify and assess the landscape structure changes in the landscape fragments in the time interval of the analysis (1954–2005). To understand the natural, economic, social relations and cause and effect relationships. To study the factors limiting the comparison of patch maps and statistics (land use, structure of economy).

MATERIAL AND METHODS

In the course of landscape structure analyses instrumental field measurements, geoinformatic and remote sensing and mathematical-statistical methods were applied. Selection of the 7 one square kilometre sized landscape windows (Körtvélyes, Búzás-sziget, Felső-földek, Hangács, Göböljárás, Fekete-halom, Újszőlő) involved in the instrumental field measurements was carried out based on stratified random sampling method taking the landscape type and landscape subtypes (floodplain, loessy and sandy plains) into consideration. For studying the change of landscape structure in time a 29 square kilometre landscape fragment, the Tisza-kürt-Bogaras sand area was selected that can be easily separated from its environment based on the spatial heterogeneity of the landscape forming factors.

For vectorizing on PC monitor and for visual interpretation the scanned contact copies of panchromatic aerial photo series taken in 1954-55 and in 1975 together with the digital copies of orthophotos taken in 2005 were applied. Thematic accuracy assessment was made partly on the topographic maps made from aerial photos and partly on satellite images with super-sized geometrical resolution.

Instrumental field measurements

- For absolute positioning based on code measurement a Trimble GeoExplorer GeoXM and a Trimble GeoExplorer GeoXT type mobile device together with five Garmin eTrex Vista HCx type GPS receivers were used. Survey of the patches with various ground shape (isodiametric or longitudinally elongated) was carried out based on a semi-kinematic (stop and go) method. In the breakpoints of patch edges one minute average measurement composed of 60 sampling was performed which increased accuracy to 1-3 m. This had significance primarily in the case of complex shaped landscape patches. Land cover as a characteristic property was attributed to the starting or end-points of the particular mosaic.

Geoinformatic and remote sensing methods

- Postprocessing of the data of field survey (file conversion, projection transformation) was carried out using the software Global Mapper 14.00.
- Control of the geometry and geometric conditions of the landscape mosaics measured in the field, correction of the errors of data recording, transformation and redrawing of the lines representing patch edges into closed surfaces, upload of attribute data and the construction of the patch maps were performed using the software ArcGIS 10.0.
- In order to increase the image information content of the black-and-white contact copies sharpening, contrast stretching, noise reduction and edge preserving smoothing were performed
- In order to minimize geometric distortion and to handle data with different resolution in common reference coordinate system and to integrate them into geographical information system non parametric correction (second order polynomial transformation) was applied. Re-sampling of aerial photos was carried out using cubic convolution.
- The landscape mosaics giving the basis of studying the changes of landscape structure in time were vectorized from the aerial remote sensed data in the software ArcGIS 10.0 in PC monitor with the scale 1:3000.
- Land cover categories were determined based on the 79 land cover / land use categories of the CLC50 database that were combined into 19 land cover categories for easier interpretation.
- Object based image analysis of orthophotos was carried out using the software eCognition Developer 8.64.1. For preparing segment images the bottom-up region merging technique type of multiresolution segmentation was applied.
- Landscape metric indexes for landscape structure analyses were calculated on vectoric base using the vLATE (Vector-based Landscape Analysis Tools Extension) module of ArcGIS.
- For studying the resolution sensitivity of metrics the vector patch map was rasterized with 0.5–1–2.5–5–10–20–30–40–50–60–70–80–90 and 100 m resolutions using ArcGIS and then it was vectorized again.

Mathematical-statistical methods

- For the joint statistical analysis of land cover and resolution in the case of area and perimeter based landscape metric indexes the software SPSS Statistics 17.0 was used.
- Distribution of the data was tested by the Shapiro-Wilks test. In the case of the original and the transformed data resolution dependence of the landscape metric indexes was studied using the Mann-Whitney test and the multiple ANOVA model respectively.

RESULTS

Thesis 1. I revealed that the micro-scale polygons formed by the inaccurate recording of the geometric characteristics of patches and the relative spatial connections during mapping with satellite positioning devices minimally increase the values of area and perimeter indexes while significantly increase (by orders of magnitude) the perimeter/area ratio of the patches.

In the course of landscape metric analyses large surfaces and fragment polygons form mosaics therefore the number of identified patches is higher than that of really existing ones. This presents no problem regarding area and perimeter indexes although the perimeter and area of the original mosaics due to the very small sized elements will be greater than those of the polygons with corrected topology. Significant difference occurs, however, in the case of perimeter/area index that represents the compactness of the patches. This ratio is greater if the shape of the patches is more complex. The index is sensitive to changes in size and shape. Increase in the size of the patch may result in decrease of the parameter. This explains the fact that the perimeter-area ratio of micro-scale polygons differed by hundred or even thousand orders of magnitude distorting significantly in this way the values of the great patches that individually differed only slightly from the values of the mosaics with corrected topology. Since these indexes give the base for other factors as well values of shape, core area, distribution and diversity indexes may be modified as well.

Errors occurring in the course of calculating the metrics can be avoided if such fragments are incorporated into the patch they belong to. Control of geometric and neighbouring connections and the correction of possible inaccuracies are recommended in this case as well. It is worth noting that the above statement can be extended over all of the patch mosaics measured using GPS or mobile measurements.

Thesis 2. Image objects created by segmenting can be regarded as landscape elements independent from their linear or non-linear shape.

Spatial hierarchy concept is used in the course of both object based image analysis and landscape ecology and it was studied on the example of the Körtvélyes forest steppe remnant on sodic soil (Peucedano Galatellatum)

(landscape window “A”) in the Tiszazug. Basic units of the study were the landscape patches among which landscape mosaics with forest land cover were selected for assessing the relationship between landscapes and object based image analysis as hierarchic systems. The original conditions were regarded as level 0 the elements of which were the forest patches. Above these landscape parts composed of landscape elements different from their surroundings form level +1. Even landscape patches are not homogeneous as they are composed of various area fragments (tesserae). Fundamental characteristics of the mosaics can be regarded as united within a patch, vegetation, however, may form groups of varying composition. Such patchiness can be observed in forest mosaics bordering the landscape window where English oak is mixed with other wood groups (e.g. white poplar, European Wild Pear). This forms level -1. Lowest level of hierarchy (level -2) is represented by trees growing scattered and in stands in the grazing land constituting the mosaics of the higher order levels. At the bottom of the hierarchy level trees cannot occur – since individual trees the foliage size of which is greater than one pixel are regarded to be the “elementary image objects” – but herbaceous plants and their groups, other living beings or objects may appear.

In the course of object based image analysis image objects and image mosaics with greater and greater size (pixel number) are obtained from the elementary image points. These are in subordinate and superordinate relationship with each other. They are qualified as child object and parent object at lower and higher hierarchy levels respectively. At the peak of the system image objects cannot be merged further, they form superobjects that are composed generally of several sub-objects. Relationship between image objects established at various hierarchy levels and the spatial pattern often characterised by land cover / land use is unambiguous therefore image objects can be regarded as landscape elements in the course of landscape ecological analyses.

Thesis 3. For evaluating landscape pattern heterogeneity the joint study of three-five neighbouring hierarchy levels can be sufficient in the case of different landscape structures.

In the course of the software based analysis of landscape pattern, all elements (patch, corridor and matrix) of the mosaic are handled as patches. Frequently different parameterization is applied in the course of image segmentation depending on the spatial, spectral and radiometric resolution of the remote sensed data. Generally this is made empirically. The obtained segment image therefore will be subjective and difficult to reproduce. Furthermore, the geometric and thematic accuracy at which the segment image can be regarded as acceptable and suitable for further landscape ecological analyses are not clear.

The simultaneous application of at least three hierarchy levels is recommended in landscape ecological analyses in order to understand the operation of the ecological system. Modifying the homogeneity threshold values, image objects with decreasing or increasing size can be created with which landscape structures differing significantly from each other – e.g. a heterogeneous, close-to-natural

landscape part characterised by middle sized and a large sized landscape patches and corridors with irregular shape, or a more regular, more homogeneous structure – can be handled and depicted on a map. Such landscape heterogeneity can be observed in the spatial pattern of landscapes of a few hectares or square kilometres. This also justifies the application of various scale factors. Decreasing scale, increasing object size and heterogeneity ensures the connection between the image objects created at various hierarchy levels and the mosaic character characterised mostly by land cover and land use. In such cases the joint handling of the individual-tessera-landscape patch together with higher order levels above a patch may give an adequate basis for evaluating the spatial pattern of the landscape ecologically.

Thesis 4. For the area type landscape metric analysis of patches the resolution interval under 10 metres (below 1:10 000) is the most suitable while in the case of perimeter type analyses vector analysis is recommended.

For practical reasons the resolution sensitivity of only the simplest indexes – that give the basis for other indexes or landscape ecological analyses – was studied. The following factors were involved in the study: Number of Patches (NP), Class Area (CA), Mean Patch Size (MPS), Patch Size Standard Deviation (PSSD), Total Edge (TE) and Mean Patch Edge (MPE).

Basis of comparisons was the original (patch) map and the changes of landscape metric parameters mentioned above as a function of resolution were studied on the map. Decrease of resolution at 95% of probability level caused no significant ($p < 0.05$) differences in the values of landscape metric indexes. However, it is worth noting that differences in the case of every studied index became significant ($p < 0.05$) at 0.5–5 metres of resolution. The analysis was performed in relation to the shape of the patches as well but no significant differences were detected at 95% of probability level for the joint effects of patch shape and resolution. In this case, however, an important result is that the isodiametric or elongated character of the patches influenced significantly ($p < 0.05$) the Number of Patches (NP) and Total Edge (TE) indexes. No significant differences were experienced in the rest of the cases.

When the basic landscape metric parameters are studied at micro-scale it is worth applying some sort of a vector method because in a raster system the decrease of resolution results in the increase of pixel size that modifies significantly the indexes related to the perimeter and the perimeter/area ratio. With the decrease of resolution the small pixel of isodiametric patches aggregate while the elongated patches fall apart into smaller, discontinuous areas. As a result much more patches can be detected in the 20–40 m interval than really exist. With the further reduction of resolution the pixels join together, will become greater and their number will become smaller therefore the difference of the values of landscape metric indexes is not significant ($p < 0.05$) compared to the original map.

Thesis 5. My calculations proved that in the cases of landscape metric indexes using the perimeter of patches comparison between micro-regions or to former studies can be made only if every condition is the same (data input, resolution) otherwise false results are obtained.

Analysis of several resolutions applied in the study yielded interesting results. These results cannot be extended over middle-scale and small-scale studies due to their resolution as a small area was analysed (a part of a landscape with the size of 29 square kilometres) in detail. Indexes related to perimeter behave completely differently to area type metrics: perimeter influenced significantly pixelation. Resolution dependency was studied on the example of Total Edge (TE) and Mean Patch Edge (MPE). It is widely known that the smallest distance between two points is a line (this is reality that is reflected best by vector systems). This is not possible, however, due to the raster system because the distance – as a function of resolution – can be given only by two perpendicular sections of identical length. Presuming a square with unite sized sides the smallest distance is $\sqrt{2}$ (1.414) that is 2 in a raster system. As a result in a raster system a 1.4 times greater value is obtained for the perimeter index and therefore the perimeter and the error originated from this will be constant. The more incorporated the perimeter parameter is in the formula of the given landscape metric index the greater its effect on the index will be.

This effect applies to every index related to perimeters and this leaves two possibilities in the case of its application: either we try to solve tasks associated with perimeters in some kind of a vector form or accept the above fact and handle the results accordingly. In the latter case we have to bear in mind that comparison between micro-regions or to former results can be made only if every condition (data input, resolution) is the same otherwise false results are obtained.

Thesis 6. I proved that over the 50 years time interval of the analysis significant changes appeared in the landscape structure of the Tiszakürt-Bogaras sand area as a result of the cultivation activity of the society: agricultural areas, wetlands and water surfaces decreased while that of relative ratio of the artificial surfaces, close-to-natural areas and deciduous forests increased in the landscape.

Changes appeared either concentrated or scattered in both space and time. Tendency of the change within the given landscape types was generally constant either the increase or the decrease of the area of the patch classes was detected. The following classes were exceptions: settlement/inhabited area, arable land, vineyard and shrub area, bushes.

Studying the relative ratios within the land cover group of agricultural lands, the ratio of vineyards decreased to two third, that of fruit gardens to one fifth and the ratio of arable lands and mixed agricultural lands increased to one and a half of the initial values. Intensive land use following agricultural collectivizing and the introduction of large-scale farming resulted in significant changes in the landscape structure. Ratio of arable lands and the average size of land plots increased. The so

called multi-level cultivation was reduced significantly while vineyards and fruit gardens were homogenized. Transformation of fruit gardens and vineyards into arable lands after the regime change was characteristic for the southern and north-eastern part of the study area.

Wetland areas were reduced, that free water decreased to one third of their initial area. This was caused primarily by the filling of the wetlands and their transformation into grasslands. Although the land cover ratio of these categories is not significant in the Tisza-kürt-Bogaras sand area (0.4%) they provide habitat, shelter, feeding, nesting and breeding places thus their role in increasing the heterogeneity and biological diversity of the landscape is important.

Area of deciduous forest increased to six times and that of grasslands and bushes increased to two times their initial values. Primarily from the 1970s clearly bordered forest plantations were created for economic purposes in agricultural lands in which acacia and poplar trees. Increasing areas of shrubs and bushes and grasslands after the regime change can be explained by the extension of young forest plantations and the areas of clearings together with the abandonment of ageing vineyards and fruit gardens that transformed spontaneously into shrubs and bushes.

Considering artificial land cover, the relative spatial ratio of industrial-trade areas and landscape elements belonging to the agricultural establishments type increased to fourfold between 1954-55 and 2005. That of public roads was doubled. This resulted in the decrease of effective mesh size (MESH). Decrease of the size of landscape patches and the increase of their isolation and fragmentation are unfavourable processes considering landscape ecology and landscape protection. Such processes endanger the long-term sustainability of highly significant habitats and the stands of protected species primarily in Natura 2000, outstanding nature reserves (Tisza-kürt-Tiszainoka grasslands) and in areas belonging to the National Ecological Network (Titó, Bába Lake).

The landscape metric parameters (area of patch class and area ratio) and the land use data with time intervals at settlement level of the agricultural statistical surveys could be suitable for comparison and to detect the change tendencies in my opinion. This is proved by that the tendency of changes in the area of deciduous forest (pine forest and mixed forest cannot be found in the area) and fruit-garden land cover types and land use types was the same. In the case of the grape category that was the most extended and most continuous (can be regarded as matrix) in the area in the two time periods of the analysis (1954-55, 2005) area decrease was found both in the calculated data and in the agricultural statistical data. This tendency reduced but continued in the next thirty years according to the vineyard survey (2001). In contrast, my calculation yielded positive changes that can be explained by the partial renewal of production areas and the plantation of new vineyards.



Registry number: DEENK/66/2015.PL
Subject: Ph.D. List of Publications

Candidate: Zoltán Túri
Neptun ID: BZXNDM
Doctoral School: Doctoral School of Earth Sciences
MTMT ID: 10024256

List of publications related to the dissertation

Foreign language international book chapter(s) (1)

1. **Túri, Z.:** Studying landscape pattern in Great Hungarian Plain model areas.
In: Anthropogenic aspect of landscape transformations 6. Szerk.: A. T. Jankowski, University of Silesia, Sosnowiec-Bedzin, 109-115, 2011.

Hungarian scientific article(s) in Hungarian journal(s) (2)

2. **Túri Z.:** A tájmintázat vizsgálata a Tiszazugban.
Tájékol. Lapok. 9 (1), 43-51, 2011. ISSN: 1589-4673.
3. Gábris G., **Túri Z.:** Homokmozgás a történelmi időkben a Tiszazug területén.
Földr. Közl. 132 (3), 241-250, 2008. ISSN: 0015-5411.

Foreign language scientific article(s) in international journal(s) (3)

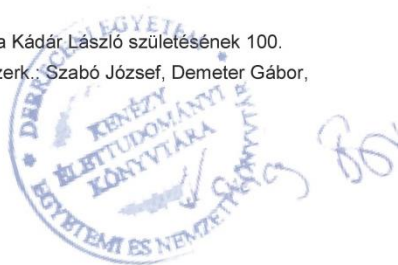
4. Varga, O.G., Szabó, S., **Túri, Z.:** Efficiency assessments of GEOBIA in land cover analysis, NE Hungary.
Bull. Environ. Sci. Res. 3 (4), 1-9, 2014. ISSN: 2278-5205.
5. Szabó, S., **Túri, Z.**, Márton, S.: Factors biasing the correlation structure of patch level landscape metrics.
Ecol. Indic. 36, 1-10, 2014. ISSN: 1470-160X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.06.030>
IF:3.23 (2013)



6. **Túri, Z.**, Szabó, S.: The role of resolution on landscape metrics based analysis.
Acta Geogr. Silesiana. 4, 47-52, 2008. ISSN: 1897-5100.

Hungarian conference proceeding(s) (5)

7. Varga O.G., **Túri Z.**: A tájszerkezet vizsgálata objektum alapú megközelítéssel alföldi mintaterületeken.
In: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában V. : Térinformatikai konferencia és szakkiallítás 2014. Szerk.: Balázs Boglárka, Debrecen Egyetemi Kiadó, Debrecen, 403-410, 2014. ISBN: 9789633184349
8. **Túri Z.**: Tájmetriai indexek vizsgálata tiszazugi mintaterületeken.
In: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában. Szerk.: Lóki József, Demeter Gábor, Rexpo Kft., Debrecen, 405-413, 2010. ISBN: 9789630693417
9. **Túri Z.**, Szabó S.: Néhány tájmetriai mutató és a felbontás kapcsolatának vizsgálata egy tiszazugi tájrészleten.
In: Természetföldrajzi folyamatok és formák : Geográfus Doktoranduszok IX. Országos Konferenciájának Természetföldrajzos Tanulmányai. Szerk.: Kiss Tímea, Szegedi Tudományegyetem Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged, 83-92, 2009. ISBN: 9789634829232
10. Szabó S., **Túri Z.**: A felbontás szerepe a tájmetriai vizsgálatokban.
In: Tájökológiai kutatások III. Magyar Tájökológiai Konferencia kiadványa. Szerk.: Csima P., Dublinszki-Boda B., Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest, 155-162, 2008. ISBN: 9789635033874
11. **Túri Z.**, Tóth C.: A tiszazugi Bokros-pusztá előzetes környezeti állapotfelmérése különös tekintettel a vadkörteállományra.
In: Geographia generalis et specialis : Tanulmányok a Kádár László születésének 100. évfordulóján rendezett tudományos konferenciára. Szerk.: Szabó József, Demeter Gábor, Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, 287-294, 2008.





Foreign language conference proceeding(s) (1)

12. **Túri, Z.**, Tóth, C.: A study of environmental changes in a model area in the Tiszazug region.
In: Anthropogenic Aspects of Landscape Transformations 5. : Proceeding of Hungarian -
Polish Symposium. Ed.: by József Lóki, József Szabó, Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen,
97-109, 2008. ISBN: 9789634731092





List of other publications

Hungarian book chapter(s) (10)

13. Fazekas I., Nagy R., **Túri Z.**: Mezőgazdasági eredetű biogáz alapanyagok potenciálja Hajdú-Bihar megyében.
In: Contributii la utilizarea eficienta a energiilor regenerabile in judetele Bihor si Hajdú-Bihar = Hozzájárulások a megújuló energiaforrások hatékony felhasználására Bihar és Hajdú-Bihar megyékben. Szerk.: Monica Costea, Mircea Gordan, Editura Universitatii din Oradea, Oradea, 79-85, 2013. ISBN: 9786061009602
14. **Túri Z.**: A vízhálózat és a növényzet változásainak vizsgálata a Nyírségben.
In: A Bihar-hegység és a Nyírség talajvédelmi stratégiájának kidolgozása az EU direktívák alapján. Szerk.: Lazányi János, Pető Károly, Debreceni Egyetem AGTC, Debrecen, 44-51, 2012. ISBN: 9786155183164
15. **Túri Z.**: A belvízveszélyesség vizsgálata a Nyírségben.
In: A Bihar-hegység és a Nyírség talajvédelmi stratégiájának kidolgozása az EU direktívák alapján. Szerk.: Lazányi János, Pető Károly, Debreceni Egyetem AGTC, Debrecen, 36-43, 2012. ISBN: 9786155183164
16. Fazekas I., Nagy R., **Túri Z.**: Mezőgazdasági eredetű biogáz alapanyagok potenciálja Hajdú-Bihar megyében.
In: A környezettudatos települések felé. Szerk.: Fazekas István, Szabó Valéria, Meridián Alapítvány, Debrecen, 108-115, 2012. ISBN: 9789630852944
17. Lóki J., Szabó G., Tóth C., Négyesi G., **Túri Z.**: A szélenergia potenciált megalapozó terepi geodéziai mérések.
In: A környezettudatos települések felé. Szerk.: Fazekas István, Szabó Valéria, Meridián Alapítvány, Debrecen, 95-101, 2012. ISBN: 9789630852944
18. **Túri Z.**: A környezetátalakítás vízhálózatra és növényzetre gyakorolt hatásainak vizsgálata a Nyírségben.
In: A Nyírség környezetminősítése vízellátottság szempontjából. Szerk.: Demeter Gábor, Debreceni Egyetem AGTC, Debrecen, 9-39, 2012. ISBN: 9786155138119



19. **Túri Z.**: A belvízveszélyesség minősítése műholdfelvételek alapján a Nyírségben.
In: A Nyírség környezetminősítése vízellátottság szempontjából. Szerk.: Demeter Gábor,
Debreceni Egyetem AGTC, Debrecen, 40-54, 2012. ISBN: 9786155138119
20. Szabó G., **Túri Z.**: A Nyírség komplex hidrológiai minősítése, veszélytérképek készítése.
In: A Nyírség környezetminősítése vízellátottság szempontjából. Szerk.: Demeter Gábor,
Debreceni Egyetem AGTC, Debrecen, 55-72, 2012. ISBN: 9786155138119
21. Demeter G., **Túri Z.**, Négyesi G.: A csapadék- és talajvízviszonyok területi sajátosságai és
trendjei a Nyírség területén.
In: A Nyírség környezetminősítése vízellátottság szempontjából. Szerk.: Demeter Gábor,
Debreceni Egyetem AGTC, Debrecen, 73-122, 2012. ISBN: 9786155138119
22. Vass R., **Túri Z.**: Morfometriai vizsgálatok a Felső-Tisza Vásárosnamény és Túr torkolata közötti
szakaszán.
In: Interdiszciplinaritás a természet- és társadalomtudományokban. Szerk.: Lóki József,
Debreceni Egyetem, Debrecen, 337-343, 2010. ISBN: 9789633180624

Foreign language Hungarian book chapter(s) (1)

23. Varga, O.G., **Túri, Z.**: Application of GIS to Present Rural Touristic Values of Bihor-Hajdú-Bihar
Euroregion.
In: Agriculture Informatics 2013 International Conference. Szerk.: Herdon Miklós, Szilágyi
Róbert, Magyar Agrárinformatikai Szövetség, Debrecen, 23-28, 2013. ISBN: 9786155094095

Foreign language international book chapter(s) (1)

24. Lázár, I., Csákyberényi-Nagy, G., **Túri, Z.**, Kapocska, L., Tóth, T., Tóth, J.B.: Analysis of factors
affecting wind-energy potential in low built-up urban environments.
In: Aerul si apa componente ale mediului: Air and water components the environment. Szerk.:
Gavril Pandi, Florin Moldovan, Casa Cartii de Stiinta, Cluj-Napoca, 369-376, 2014.

Hungarian scientific article(s) in Hungarian journal(s) (1)

25. **Túri Z.**, Türk G., Négyesi G., Szabó S., Demeter G., Lóki J.: A hidrológiai elemek térbeli
sajátosságainak vizsgálata a Lónyay-főcsatorna vízgyűjtő területén.
Acta biol. Debr., Suppl. oecol. Hung. 27, 237-249, 2012. ISSN: 0236-8684.



Foreign language scientific article(s) in Hungarian journal(s) (1)

26. Fazekas, I., Szabó G., Szabó, S., Paládi, M., Szabó, G., Buday, T., **Túri, Z.**, Kerényi, A.: Biogas utilization and its environmental benefits in Hungary.
Int. Rev. Appl. Sci. Eng. 4 (2), 129-135, 2013. ISSN: 2062-0810.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/IRASE.4.2013.2.6>

Foreign language scientific article(s) in international journal(s) (1)

27. **Túri, Z.**, Négyesi, G., Türk, G., Lóki, J., Balázs, B., Szabó, S.: Spatiotemporal Analysis Of The Hydrological Factors In The Subcatchment Of The River Tisza, Ne Hungary.
Adv. Res. Eng Sci. 1 (2), 43-51, 2013. EISSN: 2347-4130.

Hungarian conference proceeding(s) (8)

28. Nagy Z., **Túri Z.**: A Margit híd pillérszobrának 3D-s digitális alakzatrekonstrukciója.
In: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában V. Szerk.: Balázs Boglárka, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 219-226, 2014. ISBN: 9789633184349
29. Varga O.G., **Túri Z.**: Turisztikai adatbázis kialakítása Hajdú-Bihar megyében.
In: Az elmélet és gyakorlat találkozása a térinformatikában IV. : Térinformatikai konferencia és szakkiallítás 2013. Szerk.: Lóki József, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 473-480, 2013. ISBN: 9789633183342
30. **Túri Z.**, Szabó G.: A Nyírség felszíni hidrológiai viszonyainak térképezése kvantitatív adatbázisok és űrfelvételek alapján.
In: Kockázat - konfliktus - kihívás : A VI. Magyar Földrajzi Konferencia, a MERIEXWA nyitókonferencia és a Geográfus Doktoranduszok Országos Konferenciájának tanulmánykötete. Szerk.: Nyári Diána, Szegedi Tudományegyetem Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged, 921-930, 2012. ISBN: 9789633061756
31. **Túri Z.**, Balázs B.: A belvízveszélyesség minősítése műholdfelvételek alapján a Nyírségben.
In: Agrárinformatika 2011 Konferencia = Agricultural Informatics Conference: Innovatív információtechnológiák az agrárgazdaságban. Szerk.: szerk. Herdon Miklós, Rózsa Tünde, Szilágyi Róbert -, Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen, 175-184, 2011. ISBN: 9786155094057



32. Lóki J., Szabó G., Tóth C., Négyesi G., **Túri Z.**: A szélenergia potenciált megalapozó terepi geodéziai felmérések romániai mintaterületeken.
In: Környezettudatos energiatermelés és -felhasználás : [II. Környezet és Energia Konferencia] : [Debrecen, 2011. november 25-26.]. Szerk.: Szabó Valéria, Fazekas István, MTA DAB Megújuló Energetikai Munkabizottsága, Debrecen, 146-151, 2011. ISBN: 9789637064272
33. **Túri Z.**, Demeter G.: A talajvízállás, a csapadék és a felszíni vízállás kapcsolatának vizsgálata a Nyírségben.
In: Agrárinformatika 2011 : Innovatív információtechnológiák az agrárgazdaságban. Szerk.: Herdon Miklós, Rózsa Tünde, Szilágyi Róbert, Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen, 122-132, 2011.
34. Fazekas I., Nagy R., **Túri Z.**: Mezőgazdasági hulladékok energetikai hasznosítása biogáz kiserőművekben Magyarországon.
In: Környezettudatos energiatermelés és -felhasználás : ...Környezet és Energia Konferencia előadásai és poszterei. Szerk.: Szabó Valéria, Fazekas István, MTA DAB Megújuló Energetikai Munkabizottság, Debrecen, 78-84, 2011. ISBN: 9789637064272
35. Buró B., **Túri Z.**: A lefolyási viszonyok vizsgálata a Lónyay-főcsatorna vízgyűjtőjén.
In: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában II. Szerk.: Lóki József, Debreceni Egyetem, Debrecen, 389-396, 2011. ISBN: 9789633181164

Total IF of journals (all publications): 3,23

Total IF of journals (publications related to the dissertation): 3,23

The Candidate's publication data submitted to the iDEa Tudóstér have been validated by DEENK on the basis of Web of Science, Scopus and Journal Citation Report (Impact Factor) databases.

20 March, 2015

