

SZOMSZÉDSÁGI MÉRŐSZÁMOK A TÁJMETRIÁBAN – AZ INDEXEK MÓDSZERTANI VIZSGÁLATA

SZABÓ Szilárd

Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék
4032 Debrecen, Egyetem tér 1. e-mail: szabo.szilard@science.unideb.hu

Kulcsszavak: contagion, interspersion, ökológiai hálózatok tervezése, tájmetriai mutatók, térbeli felbontás,

Összefoglalás: A tájökológiai vizsgálatok egyik fontos kérdése a táji fragmentáció fokának a meghatározása, melyben a tájmetriának kulcsszerepe van. A szomszédossági mérőszámok segítenek számszerűen kifejezni egy táj felszabdaltságát, amiből közvetve a fajok élőhelyfoltok közötti áramlásának feltételeire is következtethetünk. A tanulmány célja a szomszédossági tájmetriai indexek vizsgálata abból a szempontból, hogy milyen hatást gyakorol kiszámított értékükre a felszínborítási kategóriák számának és a térbeli felbontásnak a változása. A vizsgálatok alapját elméleti feltételezések adták 1 km-es eredeti pixelfelbontással, 2–3–4 kategória alkalmazásával. A raszteres felbontás hatását 100–250–500–1000 m-es pixelméret alapján végeztem el. A célom az volt, hogy egy egyszerűen nyomon követhető módszerrel bemutassam a szomszédossági kapcsolatokat feltáró metrikák értékeinek az alakulását a táj foltjainak mintázatától függően, továbbá bemutassam, hogy milyen hibákat követhetünk el akkor, amikor nem megfelelő felbontással végezzük el a tájmintázat elemzését. Eredményeim szerint mind a felszínfedettség (területhasználati, biotóp stb.) kategóriák száma, mind a térbeli felbontás jelentősen befolyásolhatja a tájszintű szomszédossági metrikák értékeit. Változó számú felszínfedettségű kategória alkalmazása esetén más eredményt kapunk a foltok összetettségére (aggregációjára), szóródására és keveredésére. Az optimális felbontástól való jelentősebb eltérés pedig akkora hibát eredményezhet, ami megkérdőjelezi a kapott eredmény használhatóságát az ökológiai hálózatok tervezésében. Ez a tény arra hívja fel a figyelmet, hogy a vizsgált szomszédossági indexek alapján végzett tájökológiai kutatások esetében érdemes több felbontással is kísérletet tenni, figyelembe véve e mérőszámok lehetséges szélső értékeit.

Bevezetés

A tájökológiai kutatások elemzési módszereként jött létre a tájmetria, melynek mérőszámaival kvantitatív módon jellemezni tudunk egy foltot, egy felszínborítási kategóriát, vagy egy tájat. A tájalkotó elemek által létrehozott mintázat (a folt típusok száma és az általuk elfoglalt terület) meghatározza az ökológiai folyamatok jellegét (segíti a fajok megjelenését, elterjedését, vagy éppen szűkíti ennek a lehetőségét), valamint intenzitását (BÁLDI 1998; BOGAERT és BARIMA 2008). A tájmetriai indexek segítségével le tudjuk írni a foltok alakját és azok térbeli konfigurációját. A módszer alapját részben a MCARTHUR és WILSON (1964) által kidolgozott szigetbiogeográfiai megfigyelések adják (általánosan minden típusú mérőszámnál), részben pedig a Levin-féle metapopulációk elmélete (fajok egyedeinek foltok közötti mozgása esetében: LEVIN 1969; KEYMER et al. 2000).

Az első tájmetriai módszereket alkalmazó munkák az 1980-as években jelentek meg, de igazán csak a geoinformatikai szoftverek és a műholdfelvételek, légifotók elterjedése után vált alkalmazásuk általánossá (UUEMAA et al. 2009). Hazánkban az ezredforduló után fordult a tudományos érdeklődés e módszerek irányába (pl. CSORBA 2005, 2008, JORDÁN et al. 2007, KERÉNYI 2007, LÓCZY 2002, 2003, MEZŐSI és FEJES 2004, MEZŐSI és BATA 2011, SZABÓ 2009, 2010, SZILASSI 2010, SZILASSI et al. 2010).

A továbbiakban a foltok térbeli elhelyezkedésének mérőszámaival, a szomszédossági mérőszámokkal foglalkozok. Ezen indexek segítségével meg tudjuk ítélni, hogy a tájalkotó foltok aggregáltak, egymáshoz közel vannak vagy térben szórt megjelenésűek, emellett

tájékoztatnak minket az egyes folttípusok keveredéséről is. Gyakorlati hasznuk az, hogy a tájak fragmentáltságát, az egyes felszínborítási kategóriákat alkotó pixelek folytonosságát, más típusú pixelekre ágyazottságát tudjuk megítélni velük. A kapott eredmények a tájökölógiai-tájvédelmi tervek készítésénél, mint pl. az ökológiai hálózatok tervezésénél használhatók fel.

A vizsgálat célja az, hogy egyszerű, könnyen nyomon követhető módon, mesterségesen előállított feltelrendezések segítségével feltárjam az osztály- és tájszintű szomszédsági metrikák viselkedését különböző területi mintázatok esetében. Emellett megvizsgálom a felszínborítási kategóriák számának és a felbontás (méretarány) változásának hatását a mérőszámok értékeire.

Anyag és módszer

Mesterséges feltelrendeződések előállítása

A szomszédsági mérőszámok viselkedésének illusztrálása végett szabályos, 1 km²-es cellákra osztott 8×8 és 9×9 km-es négyzetrács-hálót alkalmaztam. 2, 3 és 4 kategóriák esetében készítettem el a „felszínborítottsági” (területhasználat, cönológiai stb.) kategóriák területi elrendeződését szabályos és véletlenszerű formában (1. ábra). A kétféle rácsháló alkalmazására azért volt szükség, mert páros és páratlan felszínborítási kategóriaszám esetén nem alkalmazható ugyanaz az alap, ha célunk az azonos típusú elrendeződések előállítása. A rácshálókat az ArcView Repeating Shapes (Jeness 2005) scriptjével készítettem. A területi mintázatokat egyenlő, valamint az első kategóriára nézve növekvő területű (50–75–90% dominanciájú) verziókban állítottam elő, ahol a pixelek aggregált, szórt, szabályos és random elrendeződésűek. Az egyszerűbb elrendezéseket manuálisan, a random variációkat az ArcView Table DeLux script segítségével generáltam. A vizsgálatokat 100 m, 250 m, 500 m és 1 km-es felbontás mellett végeztem el. Vizsgáltam a mérőszámok felbontással és a kategóriaszámmal szembeni érzékenységét. A különböző felbontású változatokat ArcGIS 9.0 szoftverrel hoztam létre a vektoros alapállományból, majd FRAGSTATS 3.3-ban számítottam ki a metrikákat.

Vizsgált szomszédsági metrikák

Jelen tanulmányban kifejezetten csak a szomszédsági metrikákat vizsgáltam, melyek a következők: Contagion, Percentage of Like Adjacencies, Clumpiness Index, Aggregation Index, Mesh Size, Splitting Index és Degree of Landscape Division Index.¹

Segítségükkel a táji fragmentáltság, azaz a foltok összeolvadt (aggregált), vagy éppen szórt, különálló jellege határozható meg. Számításuk indexenként különböző, többek között egymástól eltérő módon összegzik az ún. szomszédsági mátrix értékeit. Ennek lehetséges módjai (McGARIGAL és MARKS 1995; RIITERS et al. 1996 nyomán):

¹ A metrikák magyarra fordítása rendszerint nehéz, illetve a sokszor árnyalatnyi különbségek miatt zavaró lehet, ezért minden esetben az eredeti angol megnevezést és elterjedt rövidítésüket használok. Véleményem szerint nem szerencsés megtartani az angol „contagion” eredeti jelentését, ami járványt jelent (bár értjük a tartalmát és a törekvést, ami miatt ezt a nevet kapta az angolszász irodalomban), ezért ebben a munkában a „szomszédsági” indexek elnevezést használok.

	2 kategória (a)	3 kategória (b)	4 kategória (c)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7	-		
8	-		
9			
10			
11			
12			

1. ábra A vizsgálatban alkalmazott elméleti foltmintázatok

Figure 1. Experimental design of the applied theoretical spatial patch pattern

- egyszerű összegzés: minden szomszédos pixelt 1-es szorzóval adunk össze (AI);
- kétszeres összegzés: minden, a vizsgálati terület határát alkotó pixel és foltokon belüli pixel egyszeres szorzót, a többi kétszeres szorzót kap (PLADJ, CONTAG, CLUMPY).

Emellett eltérés lehet az is, hogy az összegzett pixelekkkel milyen további műveleteket kell még elvégezni az eredmény kiszámításához. A szomszédsági mutatók gyakorlati alkalmazását azonban nagyban nehezíti, hogy a kapott eredmény jelentősen függ a raszteres felbontástól, azaz a méretaránytól: mivel a szomszédos pixelek összegzésén alapulnak – a nagyobb felbontás nagyobb értékeket ad (RICOTTA et al. 2003).

Az 1. táblázatban összefoglaltam a legfontosabb jellemzőiket, különös tekintettel a felvehető értékekre és a mértékegységekre.

1. táblázat A vizsgált tájmetriai indexek és legfontosabb jellemzőik

(Jaeger, 2000; McGarigal és Marks, 1995 nyomán)

Table 1. The investigated landscape metrics and their properties
(after Jaeger, 2000; McGarigal and Marks, 1995)

<i>Tájmetriai index (rövidítés) [mértékegység]</i>	<i>Szint</i>	<i>Jellemzés</i>
Percentage of Like Adjacencies (PLADJ) [%]	osztály, táj	A közelségi mátrixból kerül meghatározásra a kétszeres összegzés módszerével, az ugyanabba a típusba tartozó pixelek arányát adja meg a pixelpárok vizsgálata alapján. Kifejezetten a pixelek szórtságát és nem a keveredését határozzuk meg vele. Értéke 0 akkor, ha minden folt 1 pixelből áll, 100 pedig, ha az egész terület egyetlen folt
Clumpiness Index (CLUMPY) [-]	osztály	Csak osztály szinten határozható meg. A hasonló pixel-szomszédságok arányának és a várható területileg random pixeleloszlásból számítható érték eltéréseinek az arányaként fejezhető ki. Értéke -1 és +1 közötti: szórt elhelyezkedésű foltok esetén negatív, térben közel eső foltoknál pedig pozitív. 0 esetén az eloszlás véletlenszerű.
Aggregation Index (AI) [%]	osztály, táj	A közelségi mátrixból kerül meghatározásra, a szomszédos pixelpárok vizsgálata alapján az azonos típusba tartozók arányát adja meg az egyszeres összegzés módszerével. Értéke 0, ha minden folt egy pixel és 100, ha a táj egyetlen foltból áll.
Interspersion and Juxtaposition Index (IJI) [%]	osztály, táj	Nem a pixelek, hanem a foltok egymás mellettségét vizsgálja, azt méri, hogy a folt típusok mennyire vegyülnek a többi típus közé. Százalékos formában adja meg a keveredés mértékét: 0 esetén a foltok elkülönülnek, 100 esetén pedig minden folt érintkezik minden más típusba tartozó folttal.

Landscape Division Index (DIVISION) [%]	osztály, táj	Összefoglaló néven felosztottsági indexek. A DIVISION index alapja az, hogy a vizsgálati területen két véletlenszerűen elhelyezkedő egyed mekkora valószínűséggel találkozhat egymással, vagyis a kapott eredmény egy valószínűségi szint. A SPLIT azt adja meg, hogy hány egyforma méretű területre darabolható a táj úgy, hogy a valószínűség ne változzon. A MESH pedig hektárban adja meg ezen területek területét.
Splitting Index (SPLIT) [db]	osztály, táj	
Effective Mesh Size (MESH) [ha]	osztály, táj	
Contagion (CONTAG) [%]	táj	A pixelek területi aggregációját adja meg. Kiszámítja, hogy két véletlenszerűen kiválasztott pixel milyen valószínűséggel tartozik ugyanabba a típusba. Értéke 0-100 közötti, mely akkor nagy, ha a táj néhány nagy foltból áll, a felszabdaltság fokozódása pedig csökkenti azt.

A felbontás hatásának elemzése kivételével minden esetben táj szintű vizsgálatokat végeztem. A felbontás hatásának elemzésénél viszont indokoltnak láttam a részletesebb, több adatot szolgáltató osztály szintű értékelést.

Statisztikai vizsgálatok

A statisztikai vizsgálatot az adatok normalitásának ellenőrzésével kezdtem Shapiro-Wilk próbával. Mivel a változók többsége nem normál eloszlású volt, ezért nem-paraméteres próbát alkalmaztam. A kategóriák számának hatását táji szinten hasonlíthatjuk össze, mivel osztály szinten maguk az eltérő számú kategóriák nem teszik lehetővé a vizsgálatot. Ennek során Wilcoxon-próbát alkalmaztam, melyet kiegészítettem a „hatás” (az angol nyelvű szakirodalomban effect size-ként ismert mutató) meghatározásával (COHEN 1992). Az elemzéseket SPSS 15-szoftver segítségével végeztem el.

Eredmények

A térbeli konfigurációk összehasonlítása a kategóriák száma és a pixelek aggregált-sága szerint

A legegyszerűbb konfigurációnak azt a mintázatot tekinthetjük, melynél a foltok egy csoportban és egyenlő részarányban vannak jelen a tájban (1. ábra/1). A felszínborítási kategóriák számát növelve folyamatosan csökken az összetettség (aggregált-ság) és a felosztottság. Az újabb kategóriák belépése csökkenti a lehetséges azonos pixelek kapcsolódási számát, ezért érthetően csökkent a PLADJ, az AI és a CONTAG index, és mivel ebben az elrendezésben a foltok által elfoglalt terület egy tömbben van, a MESH, SPLIT és DIVISION indexek értéke nem változik.











Maradva a kompakt elrendezéseknél (1. ábra/9), az 1. kategória 75%-os dominanciája mellett ezen mérőszámok értékei differenciálódnak. Az AI mutató (melynek kiszámítási módja eltérő – az azonos pixelszomszédokat is egyszeresen számítja, míg a többi duplán) nem ugyanazt a sorrendet mutatja (sorrend alatt azt értem, hogy az adott indexek számí-

tott értékei – 2–4. táblázat – megfelelnek-e az 1. ábrának megfelelően a növekvő fragmentáltságnak vagy éppen aggregációnak), mint a CONTAG és PLADJ (melyek közül a CONTAG sorrendje látszik helyesnek). A tendencia azonban a legtöbb mérőszám esetén ezen konfigurációknál is azonos: az új kategóriák számának növelése csökkenti az összetettséget (aggregáltságot) és növeli a felosztottságot, amellett hogy pl. a MESH értéke az előző elrendezéshez viszonyítva nőtt (kétkategóriás esetben 3200 ha-ról 4000 ha-ra).

Az 1. kategória 90%-os dominanciája esetén (1. ábra/11) tovább nő az aggregáltság és csökken a felosztottság (nyilvánvalóan az 1. kategória miatt). Csak a CONTAG és az AI index mutatja az aggregáció növekedését megfelelően. Az AI indexnél az előzőekben láthattuk, hogy mind a pixelek elhelyezkedése, mind azok szomszédsági viszonyai befolyásolják az értékeket, a CONTAG viszont minden helyzetben jó sorrendet produkált. Az 1. kategória 50, 75 és 90%-os részesedése és a pixelek véletlen elrendezése esetén hasonló tendenciát figyelhetünk meg, mint a szabályos konfigurációnál. A CONTAG, valamint a PLADJ és az AI esetében is az értékek csökkenését idézi elő az újabb kategóriák megjelenése.

A felosztottsági (pl. MESH) indexek értékének csökkenése a felszínfedettség kategóriák számának növekedése esetén viszont nem minden esetben egyértelmű: egyrészt mert a véletlen elrendeződés produkálhat aggregáltabb kombinációt növekvő felszínfedettség kategória esetén is (kivéve, ha arányuk nagyon kicsi), másrészt mert a MESH index értéke a vizsgált terület méretétől is függ. Ez esetben a DIVISION index használata javasolható, mely nem érzékeny a vizsgált terület méretére.

2. táblázat A szomszédsági indexek értékei a vizsgált mintázatoknál 2 kategória és 1000 m felbontás esetén
Table 2. Values of contagion metrics in case of the analysed spatial patterns applying 2 classes and 1000 m resolution

		CONTAG	PLADJ	IJI	DIVISION	MESH	SPLIT	AI
1		31,44	81,25	-	0,50	3200	2,00	100,00
2		20,42	75,00	-	0,50	3200	2,00	92,31
3		0,00	43,75	-	0,88	800	8,00	53,85
4		6,84	25,00	-	0,50	3200	2,00	30,77
5		50,00	0,00	-	0,50	3200	2,00	0,00
6		0,13	42,19	-	0,68	2059	3,11	51,91
9		41,52	81,25	-	0,38	4000	1,60	97,92
10		19,67	50,00	-	0,42	3743	1,71	59,04
11		63,32	82,03	-	0,17	5312	1,20	97,32
12		58,89	76,56	-	0,18	5268	1,21	89,25

3. táblázat A szomszédsági indexek értékei a vizsgált mintázatoknál 3 kategória és 1000 m felbontás esetén

Table 3. Values of contagion metrics in case of the analysed spatial patterns applying 3 classes and 1000 m resolution

		CONTAG	PLADJ	IJI	DIVISION	MESH	SPLIT	AI
1		31,43	77,78	63,09	0,67	2700	3,00	97,67
2		16,52	66,67	100,00	0,77	1900	4,26	83,72
3		3,05	44,44	98,51	0,89	900	9,00	55,81
4		0,17	33,33	100,00	0,90	811	9,99	41,86
5		18,45	0,00	100,00	0,93	603	13,42	0,00
6		0,45	32,72	99,99	0,89	887	9,13	40,74
7		32,83	78,40	97,70	0,62	3062	2,64	96,81
8		6,57	40,12	95,32	0,81	1566	5,17	49,13
9		46,63	77,16	92,23	0,40	4840	1,67	93,35
10		34,39	53,70	81,42	0,43	4635	1,75	62,77
11		71,48	82,72	63,09	0,18	6618	1,22	97,53
12		65,15	71,60	62,86	0,19	6588	1,23	81,67

4. táblázat. A szomszédsági indexek értékei a vizsgált mintázatoknál 4 kategória és 1000 m felbontás esetén
 Table 4. Values of contagion metrics in case of the analysed spatial patterns applying 4 classes and 1000 m resolution

		CONTAG	PLADJ	IJI	DIVISION	MESH	SPLIT	AI
1		28,47	68,75	61,31	0,75	1600	4,00	91,67
2		14,66	50,00	77,37	0,83	1100	5,82	66,67
3		13,13	43,75	75,44	0,88	800	8,00	58,33
4		10,56	25,00	77,37	0,89	675	9,48	33,33
5		25,00	0,00	77,37	0,92	537	11,91	0,00
6		1,45	28,91	98,15	0,94	378	16,93	38,54
7		35,55	73,44	86,68	0,67	2134	3,00	98,80
8		12,99	32,03	84,96	0,73	1746	3,66	41,80
9		55,09	77,34	88,80	0,42	3734	1,71	100,00
10		42,06	51,56	68,52	0,43	3646	1,75	61,86
11		75,21	80,47	85,00	0,18	5275	1,21	100,00
12		72,78	75,00	57,15	0,18	5268	1,21	89,22

A kategóriák számának a hatása

A felszínfedettségi kategóriák számának hatását csak táji szinten lehetséges megvizsgálni, mivel osztály szinten maguk az eltérő számú kategóriák teszik lehetetlenné az egzakt összehasonlítást. A Mann-Whitney próba eredménye szerint csak az AI metrika értékét nem befolyásolja a felszínfedettségi kategóriák száma (5. táblázat). A CONTAG, PLADJ, IJI, DIVISION, SPLIT és MESH indexek esetében vagy a 2 és 3, vagy a 3 és 4 kategória-szám mellett kiszámított értékek között a különbség szignifikáns. A felosztottsági indexek esetében érthető, hogy több kategória esetén csökken a valószínűsége annak, hogy az adott élőhelyet preferáló fajok egyedei találkozassanak (ezzel nő a SPLIT és csökken a MESH).

Az aggregátsági mutatóknál viszont felmerül a kérdés, hogy egy új osztály belépése csökkenti-e az aggregátságot. Eredményeim szerint mindkét eset megtörténhet: csökken akkor, ha az új osztály megjelenése szórt (1. ábra/6,8,10,12) és nem kell, hogy csökkenjen, ha pl. csak egy új foltként jelenik meg (pl. 1. ábra/1,2,7,9,11). Ez pedig felveti azt a problémát, hogy az AI az egyszeres összegzés módszere miatt nem érzékeny a felszínfedettségi kategóriák számának a változására.

A felvetés elméleti jellege ellenére fontos gyakorlati hozadékkal bír: miért kellene más eredményt kapnunk csak azért mert 2 kategória helyett 3-at használunk, pl. szántó-erdő helyett szántó-gyep-erdő kategóriákat. Képes-e ezek között helyesen értékelve különbséget tenni az általunk alkalmazott tájmetriai index? Eredményeim szerint helyenként a 2-3, helyenként pedig a 3-4 kategóriapár között van jelentősebb eltérés az AI indexek között, ami részben a foltok megjelenéséből adódhat, részben pedig abból, hogy ez a mérőszám nem érzékeny a felszínfedettség kategória szám változására (5. táblázat).

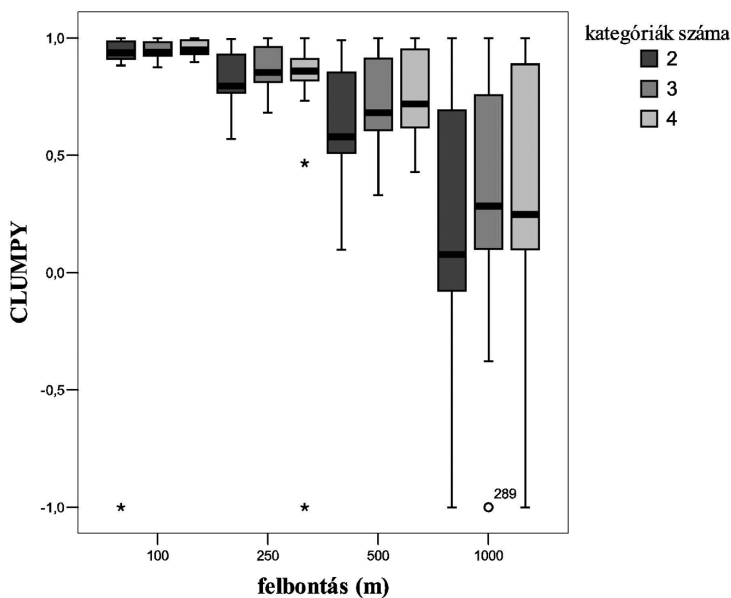
5. táblázat. A különbségek szignifikanciája és erőssége a Wilcoxon-próba alapján a kategóriák számának figyelembe vételével ($p < 0.05$ vastagon szedve)

Table 5. Significance of differences between the calculated values of landscape metrics based on Wilcoxon-test considering the numbers of categories ($p < 0.05$ is highlighted with bold letters)

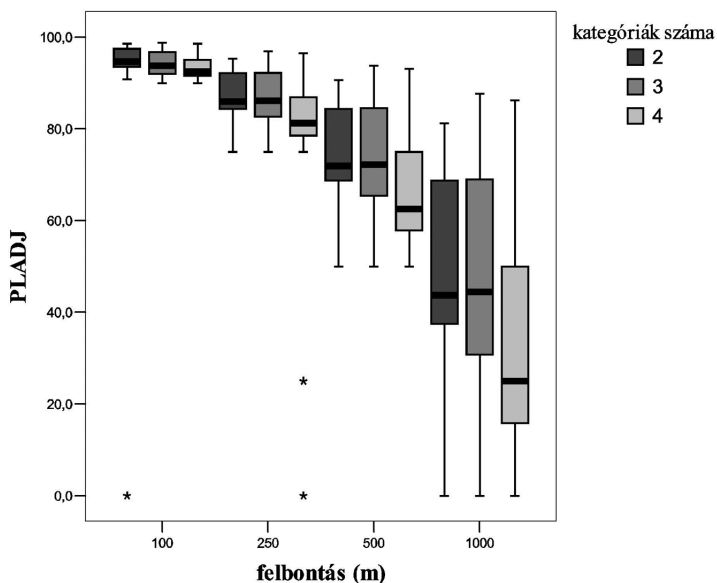
<i>Párok</i>	<i>Szignifikancia</i>	<i>Hatás (effect size)</i>
CONTAG 2-3 kategória	0,678	0,09
CONTAG 3-4 kategória	0,010	0,53
PLADJ 2-3 kategória	0,340	0,22
PLADJ 3-4 kategória	0,016	0,51
IJI 3-4 kategória	0,015	0,49
AI 2-3 kategória	0,374	0,21
AI 3-4 kategória	0,594	0,11
SPLIT 2-3 kategória	0,005	0,63
SPLIT 3-4 kategória	0,894	0,03
MESH 2-3 kategória	0,646	0,10
MESH 3-4 kategória	0,006	0,56
DIVISION 2-3 kategória	0,005	0,63
DIVISION 3-4 kategória	0,411	0,16

A felbontás hatása

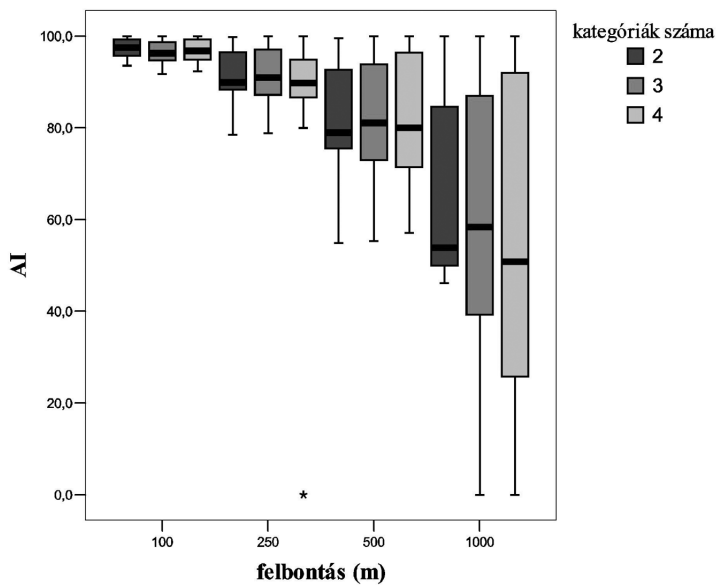
Azoknál a mutatóknál, ahol a különböző felbontások miatt lényegi a különbség, mert a véletlenszerű elrendezés 1000 m (vagyis a natív pixelméret) esetén az eredmény 0,00 vagy -1,00; 100 méterrel kalkulálva pedig egy szabálytalan aggregált elrendezésétől alig különbözik, ott nagy lesz az eltérés a tájmetriai mutatókban. Erre a legjobb példa a CLUMPY, mely a véletlenszerű elrendezéskor -1,00 kell, hogy legyen, ezzel szemben ezt az értéket még 500 méteres felbontásnál sem éri el (2. ábra). A PLADJ (3. ábra) és az AI (4. ábra) mutatók is hasonlóan viselkednek, értékük a cellák random eloszlásakor 0,00, ami jelen példában csak akkor teljesülhet, ha a felbontás 1000 méter. A felosztottsági metrikák (MESH, SPLIT, DIVISION) értékeit viszont nem befolyásolja a raszteres felbontás (példaként lásd a DIVISION, indexet) (5. ábra).



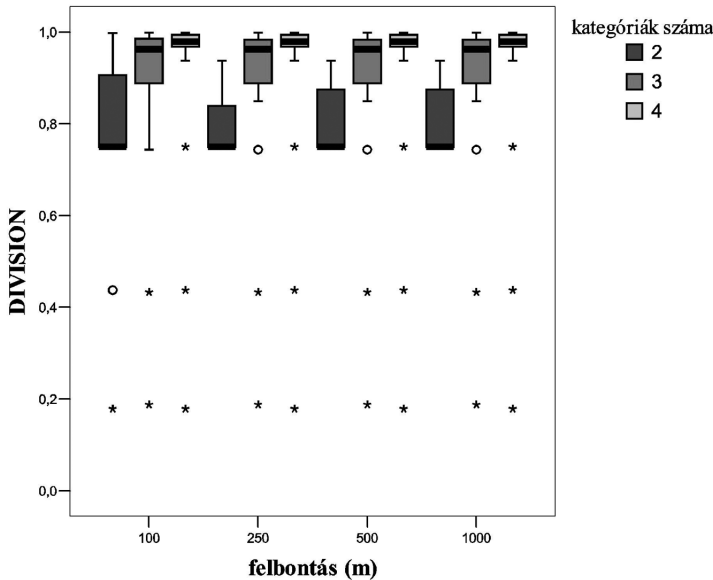
2. ábra A CLUMPY index értékeinek szóródása a kategóriaszám és felbontás függvényében
Figure 2. Variance of values of CLUMPY considering the class number and resolution



3. ábra A PLADJ index értékeinek szóródása a kategóriaszám és felbontás függvényében
 Figure 3. Variance of values of PLADJ considering the class number and resolution



4. ábra Az AI index értékeinek szóródása a kategóriaszám és felbontás függvényében
 Figure 4. Variance of values of AI considering the class number and resolution



5. ábra A DIVISION index értékeinek szóródása a kategóriaszám és felbontás függvényében
 Figure 5. Variance of values of DIVISION considering the class number and resolution

Statistikai vizsgálat nélkül is szembetűnő, hogy ez esetben az 1000 méteres raszteres felbontás az optimális a szomszédsági vizsgálatokhoz. A 100–500 méteres felbontások szűkebb értéktartománya alapján csak rossz természetvédelmi döntéseket hozhatunk (2–5. ábra).

A szórásstartományok alapján láthatjuk, hogy egy konkrét terület ökológiai hálózatának, tájökológiai mintázatának vizsgálatánál nem könnyű megtalálni azt a felbontást, ami nem vezet téves, tájökológiailag megalapozatlan eredményekhez. Elegendő egy kicsit alá-, vagy fölébecsülni a szükséges pixelméretet és máris téves adatokat kapunk (2-4. ábra). A helyes méretarány (pixelméret) kiválasztásának módszertana további kutatásokat igényel, mellyel a külföldi szakirodalom is széles körben foglalkozik (LI et al. 2005, UUEMAA et al. 2005, WU 2004).

Diskusszió

Felmerülhet a kérdés, hogy van-e értelme 2-4 felszínfedettség kategória esetében vizsgálni e mérőszámok viselkedését, mivel a tájökológiai vizsgálatok során ennél jóval több területhasználati, felszínfedettségi vagy cönológiai kategóriát szoktunk elkülöníteni. Emellett még az M=1:100000-es méretarányú CLC 2000-es, vagy az M=1:50000 CLC50-es felszínborítási adatbázis is 44, illetve 79 felszínborítási kategóriát tartalmaz. Az élőhely szintű, botanikai térképezésből nyert digitális térképek esetében gyakran még ennél is több kategóriával találkozhatunk (BIRÓ et al. 2010). A tájanalízis során elkerülhetetlen a foltokat „összeolvasztani” egymással, melyekhez generalizációs, aggregációs módszereket alkalmazunk.

A tájanalízis térbeli jellegű elemzéseinél azonban, bár a foltok kiterjedésére, alakjára, magterületi indexeinek, a foltok közötti távolságok elemzése korlátlan felszínborítási osztályesetén is hasonló eredményeket kapunk, de szomszédság- vagy konnektivitás-vizsgálatuknál ajánlott lehet az egyes kategóriák összevonása (aggregációja). Egy adott faj szempontjából lényeges felszínborítási kategória, vagy összevont felszínborítási kategóriák tájmetriai vizsgálatával eredményesebben mutathatunk ki ökológiai összefüggéseket, mint ha vizsgálatainkat az összevonások nélkül végezzük el.

Sokszor nem is az összes lehetőséget vizsgáljuk, hanem csak annyit, hogy mi felel meg az általunk kitűzött célnak, vagyis így kétkategóriás, bináris állományokkal dolgozunk (a kritériumnak megfelel/nem felel meg; pl. BENDER et al. 2003). Műholdfelvételek elemzésével nyert kategóriák esetében sokszor csak 2–3–4 felszínfedettségi típust tudunk elkülöníteni (pl. erdő – nem erdő, vagy erdő-gyep-szántó, vagy erdő-gyep-szántó-beépített terület; pl. HAI és YAMAGUCHI 2007). Például egy 1950-es években készített légifotó kontaktmásolatán, néhány felszínborítási kategóriánál több nem is különíthető el, de a műholdfelvételek esetében is találkozhatunk olyan tájrészlettel, ahol az egyes felszínborítási kategóriák reflektancia értékei nagy mértékben fedik egymást (pl. erdők és bokros-cserjés területek). Ezekben az esetekben lehetnek hasznosak a bemutatott eredmények.

A felosztottsági mutatókat széles körben használják a tájvédelmi gyakorlatban (GIRVETZ et al. 2008; PENN-BRESSEL, 2005). Az AI kedvező tulajdonságait, jó gyakorlati célú alkalmazhatóságát mutatták ki HE et al. (2000) a többi itt is tárgyalt aggregátsági indexhez képest. Ezzel szemben BOGAERT et al. (2002) szerint az AI semmi újat nem nyújt az LSI-hez (Landscape Shape Indexhez) képest, egyik levezethető a másikból, együttes használatuk nem indokolt. Az LSI és az AI normalizált változata tökéletesen redundáns, így pl. a FRAGSTATS nem is számítja ki csak az LSI esetében (MCGARIGAL és MARKS 1995). Az AI sem mentes a raszteres számítási módszerek problémáitól (láthatjuk ezt a kategóriaszám elemzésénél), így nem mondhatjuk, ki egyértelműen, hogy bármelyikük alkalmasabb lenne a tájökológiai elemzésekre a másiknál. MCGARIGAL és MARKS (1994) és BOGAERT et al. (2002) munkái nyomán tehát az AI teljes mértékben kiváltható az LSI-vel, így utóbbi használata indokolt lehet abban az esetben, ha a megfelelő felbontás megállapítása nehézkes a foltméretek nagy varianciája miatt. UUEMAA et al. (2011) többek között a CONTAG indexet javasolják indikátorként alkalmazni, ugyanakkor RICOTTA et al. (2003) felbontás-függősége miatt nagy körültekintés mellett ajánlják csak használatát.

Azt láttuk tehát, hogy sok szomszédsági metrika alkalmazása során nem használhatjuk ugyanazt a felbontást, mint pl. az alakmutatóknál, mert egymástól jelentősen eltérő, félrevezető eredményeket kapunk. A helyes felbontás megállapításához LEITAO et al. (2006) javaslata szerint érdemes többféle raszteres felbontást is kipróbálni. Ez persze felvet egy másik kérdést is: a felbontásfüggő metrikák különböző raszteres felbontás esetén más eredményt adnak (pl. egy LANDSAT és SPOT felvételek együttes alkalmazása esetén, ha nem konvertáljuk közös felbontásra őket), vagyis különböző tájak ilyen alapú összehasonlítására közvetlenül nem, csak átgondolt előkészítés után alkalmasak (LI et al. 2005).

A szomszédsági tájmetriai mutatók tájökológiai, tájtervezési célú felhasználási javaslataként azt mondhatjuk, hogy nem lehet egyetlen metrikára szűkíteni a vizsgálatokban szereplő indexeket. Az aggregátsági mutatókkal a pixelek csoportosultságát, a keveredési és a felosztottsági mutatókkal a fragmentációt lehet mérni és a kiválasztást a fenti értékelés figyelembe vételével a vizsgálati célnak alárendelni.

Következtetések

A változó számú felszínfedettség kategóriák tájmetriai mutatókra gyakorolt hatásainak elemzése alapján, a következő összegző gondolatok tehetők:

- a felosztottsági mutatók (DIVISION, MESH, SPLIT) alkalmazása megfelelő eszköz lehet a döntéshozók kezében a táj fragmentáltságának a becsléséhez,
- az egyes elemzéseket érdemes többféle térbeli elrendezés mellett is lefuttatni, vagyis a jelenlegi mellett tesztelni a tervezett állapotot, annak hatását a fajok igényeire vonatkozóan,
- nem elegendő csak a táji mutatókat vizsgálni, ki kell számolni az egyes felszínborítási kategóriákra vonatkozó értékeket is, mivel csak így lehet megállapítani, hogy a táj-szintű metrika miért kapta az adott értéket,
- az aggregáció mérőszámai (PLADJ, CLUMPY, AI, CONTAGION) csak olyan rászteres felbontás mellett alkalmazhatók biztonsággal, amely közelíti a legkisebb térképezett egységet, különben félrevezető eredményeket kapunk; a helyes felbontás megállapítása különösen olyan tájak esetében okozhat nehézséget, ahol a foltméretek varianciája nagy,
- a megfelelő felbontás mellett e metrikák értékes információt adnak a foltok kompaktságáról, ami a nagy belső területet (élőhelyet) igénylő fajok esetében fontos tájökológiai tényező,
- mindkét szomszédsági tájmetriai mutató csoport alkalmazható a tájanalízisben, mivel a táj eltérő jellemzőit vizsgálják,
- mindkét tájmetriai index csoport esetében akár hasonló eredményeket is kaphatunk akár teljesen eltérő területarányú és térbeli konfigurációjú elrendezések esetében,
- táji szinten a CONTAGION index mutatja legjobban a felszínborítottság kategóriák számának változásával együtt járó aggregáltsági változásokat,
- különböző méretű tájak fragmentációjának az összehasonlításánál a DIVISION index használata javasolt,
- míg a PLADJ, CLUMPY és AI pixel szinten aggregáltságot mérnek, az IJI a foltok keveredésének mértékét adja meg.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával végeztem.

Irodalom

- BÁLDI A. 1998: Az ökológiai hálózatok elmélete: iránymutató a védett területek és az ökológiai folyosók tervezéséhez. *Állattani Közlemények* 83: 29–40.
- BENDER D.J., TISCHENDORF L., FAHRIG L. 2003: Using patch isolation metrics to predict animal movement in binary landscapes. *Landscape Ecology* 18: 17–39.
- BÍRÓ M., HORVÁTH F., BÖLÖNI J., MOLNÁR ZS. 2010: Vegetációs adatbázisok és a Corine felszínborítási térkép szintézisének módszertani kérdései az Ipoly-vízgyűjtő növényzeti térképe kapcsán. *Tájökológiai Lapok* 8: 607–622.
- BOGAERT J., BARIMA Y.S.S. 2008: On the transferability of concepts and its significance for landscape ecology. *Journal of Mediterranean Ecology* 9: 35–39.
- BOGAERT J.A., MYNENI R.B., KNYAZIKHIN Y. 2002: A mathematical comment on the formulae for the Aggregation Index and the Shape Index. *Landscape Ecology* 17: 1–4.

- CSORBA P. 2008: Potential applications of landscape ecological patch-gradient maps in nature conservational landscape planning. *Acta Geographica Debrecina Landscape and Environment* 2: 160–169.
- CSORBA P. 2005: Kistájaink tájökölógiai felszabdaltsága a településhálózat és a közlekedési infrastruktúra hatáására. *Földrajzi Értesítő* 54: 243–263.
- COHEN J. 1992: Statistical power analysis. *Current Directions in Psychological Science* 1: 98–101.
- DEMETER G. 2008: Measuring connectivity: A new approach for the geometrization of the landscape and for the enhancement of cost-effectiveness in landuse planning. *Acta Geographica Debrecina Landscape and Environment* 3: 41–55.
- GIRVETZ E. H., THORNE J. H., BERRY A. M., JAEGER J. 2008: Integration of landscape fragmentation analysis into regional planning: A statewide multi-scale case study from California, USA. *Landscape and Urban Planning* 86: 205–218.
- HAI P. M., YAMAGUCHI Y. 2007: Characterizing the urban growth from 1975 to 2003 of Hanoi city using remote sensing and a spatial metric. *Forum Geografi* 21: 104–110.
- HE H. S., DEZONIA B. E., MLADENOFF D. J. 2000: An aggregation index (AI) to quantify spatial patterns of landscapes. *Landscape Ecology* 15: 591–601.
- JAEGER A. G. J. 2000. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology* 15: 115–130.
- JENNES J. 2005. Repeating Shapes extension for ArcView. Jennes Enterprises, www.jennesent.com (letöltve: 2011. július)
- JORDÁN F., MAGURA T., TÓTHMÉRÉS B., VASAS V., KODÓBÓCZ V. 2007: Carabids (Coleoptera: Carabidae) in a forest patchwork: a connectivity analysis of the Bereg Plain landscape graph. *Landscape Ecology* 22: 1527–1539.
- KERÉNYI A. 2007: Tájvédelem. Pedellus Tankönyvkiadó. Debrecen.
- KEYMER J. E., MARQUET P. A., VELASCO-HERNÁNDEZ J. X., LEVIN, S. A. 2000: Extinction Thresholds and Metapopulation Persistence in Dynamic Landscapes. *The American Naturalist* 156: 478–494.
- LEITÃO A. B., MILLER J., AHERN J., MCGARIGAL K. 2006: Measuring Landscapes: A Planner's Handbook. Island Press.
- LEVINS R. 1969: Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. *Bulletin of the Entomological Society of America* 15: 237–240.
- LI X., HE S. H., BU R., WEN Q., CHANG Y., HU Y., LI Y. 2005: The adequacy of different landscape metrics for various landscape patterns. *Pattern Recognition* 38: 2626–2638.
- LÓCZY D. 2002: Tájértékelés, földértékelés. *Studia Geographica Series. Dialóg Campus, Budapest-Pécs.*
- LÓCZY D. 2003: Lehetőségek a mezőgazdasági tájak mikroszerkezetének értékelésére. *Tájökölógiai Lapok* 1: 33–43.
- McARTHUR R. H., WILSON E. O. 1964: The theory of island biogeography. Princeton University Press, Princeton.
- MCGARIGAL K., MARKS B. J. 1995: FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- MEZŐSI G., FEJES Cs. 2004: Tájmetria. In: Dövényi Z., Schweitzer F. szerk. Táj és környezet. MTA FKI, Budapest pp. 229–242.
- MEZŐSI G., BATA T. 2011: New results on landscape boundaries. *Acta Geographica Debrecina Landscape and Environment* 5: 1–10.
- PENN-BRESSEL G. 2005: Begrenzung der Landschaftszerschneidung bei der Planung von Verkehrswegen. *GAIA* 14: 130–134.
- RICOTTA C., CORONA P., MARCHETTI M. 2003: Beware of contagion! *Landscape and Urban Planning* 62: 173–177.
- RIITERS K. H., O'NEILL R. V. O., WICKHAM J. D., JONES D. 1996: A note on contagion indices for landscape analysis. *Landscape Ecology* 11: 197–202.
- SZABÓ SZ. 2009: Tájmetriai mérőszámok alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata a tájanalízisben. Habilitációs értekezés, Debrecen, 107 p. http://landscape.geo.klte.hu/pdf/szszabo_habil.pdf (letöltve: 2011. július)
- SZABÓ SZ. 2010: A CLC50 és CLC2000 adatbázisok összehasonlítása tájmetriai módszerekkel. *Tájökölógiai Lapok* 8: 13–23.
- SZILASSI P. 2010: Térképi adatbázisok összehasonlításának javítása tájmetriai elemzések révén. In: Szilassi P., Henits L. (szerk.): Tájváltozás értékelési módszerei a XXI. században: Tudományos konferencia és műhelymunka tanulmányai, Szeged, SZTE TTK Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged, pp. 25–31.
- SZILASSI P., JORDÁN Gy., KOVÁCS F., VAN ROMPAEY VAN DESSEL W. 2010: Investigating the link between soil quality and agricultural land use change. A case study in the lake Balaton catchment, Hungary. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 5: 61–70.

- UUEEMAA E., ANTROP M., ROOSAARE J., MARJA R., MANDER Ü. 2009: Landscape Metrics and Indices: An Overview of Their Use in Landscape Research. *Living Reviews on Landscape Research* 3(1): <http://www.living-reviews.org/lrlr-2009-1> (letöltve: 2011 július)
- UUEEMAA E., ROOSAARE J., OJA T., MANDER Ü. 2011: Analysing the spatial structure of the Estonian landscapes: which landscape metrics are the most suitable for comparing different landscapes? *Estonian Journal of Ecology* 60: 70–80.
- UUEEMAA E., ROOSAARE J., MANDER Ü. 2005: Scale dependence of landscape metrics and their indicatory value for nutrient and organic matter losses from catchments *Ecological Indicators* 5: 350–369.
- WU J. 2004: Effects of changing scale on landscape pattern analysis: scaling relations. *Landscape Ecology* 19: 125–138.

NEIGHBOURHOOD RELATED LANDSCAPE METRICS – METHODOLOGICAL EVALUATION OF THE INDICES

Sz. SZABÓ

University of Debrecen, Department of Physical Geography and Geoinformation Systems
H-4032 Debrecen, Egyetem tér 1., e-mail: szabo.szilard@science.unideb.hu

Keywords: contagion, interspersion, landscape metrics, resolution, error

Abstract: This paper deals with the contagion type landscape metrics from the aspect of their values affected by the number of classes and resolution. In order to explore the meaning of the landscape indices and to follow their change with the increasing dispersal of the habitat patches, theoretical spatial patch patterns were created with the native resolution of 1 km. The effects of resolution was analysed with 100-250-500-1000 m cell size. Influence of class number was controlled by applying 2-3-4 classes. The aim was to present the values of these indices due to the different patterns with an easily understandable method. Secondary goal was to demonstrate the extent of the error when the applied resolution is appropriate. Results show that class number has significant effect on the calculated values as well as the resolution. According to these results we have to take into consideration that we get different aggregation or dispersal values during the analysis of the same area depending on the applied class number. Resolution has more dramatic effect: the half of the optimal grain size (in this case 500 m) provides questionable results. It calls the attention to the importance of the right grain size. Since the appropriate resolution is a not known number, it is reasonable to run several calculations in order to reach the potential minimal and/or maximal values of the given metrics.