

## VÁLASZ

dr. Geiger János egyetemi docens úr opponensi véleményére

### ***Téma: Szabó Szilárd: Tájmetriai módszerek kritikai alkalmazása a tájanalízisben c. MTA doktori értekezés értékelése***

Mindenekelőtt szeretném megköszönni dr. Geiger János egyetemi docens úrnak, hogy számtalan elfoglaltsága mellett időt szakított és elvállalta értekezésem bírálatát és azt igen gyorsan el is készítette. Köszönöm opponensem elismerő szavait a dolgozattal kapcsolatban és köszönöm azt is, hogy nagy számú kérdésével elgondolkodtatott és felismerttetett velem bizonyos törvényszerűségeket és köszönöm a jobbító szándékú javaslatokat.

A kérdésekre és megjegyzésekre adott válaszaim az opponensi véleménynek megfelelő sorrendben a következők:

#### (2.1) Az elméleti feltételek szubjektív jellege

Az elméleti feltételek értékelését igyekeztem minél több szempont alapján elvégezni, vagyis számszerűsítve az eltérő tematikai és geometriai felbontások hatását az egyes metrikákra nézve. A kiértékelés során a minél egyszerűbb és áttekinthetőbb megoldásokat alkalmaztam, ezért esett a választásom a metrikák diagramon való ábrázolására, melyet valóban tovább lehetett volna gondolni. A diagram lehetőséget adott arra, hogy a különböző tájmintázatokat csoportosítva (szabályos és random, illetve adott kategória dominanciájának a növekedése mellett) ábrázoljam az értékek változását. A megközelítés valóban szubjektív, mert a levont következtetés tükrözheti csak a szerző gondolkodását, ugyanakkor az állítások egyszerűen ellenőrizhetők. A megállapításom, miszerint egy index nem szolgáltat elegendő információt a tájmintázatot illetően arra utalt, hogy a jelenleg használt indexek egyike sem képes egyértelműen megkülönböztetni a feltételek térbeli rendszerét. Ez a többváltozós vizsgálatok felé irányította a figyelmem, így a végső következtetésem a szubjektív elemzésen túl diszkriminancia elemzésen nyugszik.

#### (2.2) Főkomponens elemzés kontra faktoranalízis problémája

A munka során a célkitűzésem az volt, hogy a táji metrikák korrelációs struktúráját tárjam fel, amihez a szakirodalom tanulmányozása nyomán a főkomponens elemzést választottam. Ehhez elsősorban Podani (1997) többváltozós elemzésekről írt könyvét vettem alapul, mely szerint a standardizált PCA alkalmas a vizsgálatba vont változók korrelációs struktúrájának a feltárására. Ezzel párhuzamosan találtam rá a kongruencia együtthatóra, mely a szakirodalom szerint megfelelő eszköz a struktúra állandóságának-változékonyságának a mérésére. További érv a PCA mellett az volt, hogy a bár a faktoranalízis valóban elválasztja a közös varianciát az egyedi és hibavarianciától, azonban a PCA első néhány főkomponensében a hibavariancia aránya kicsi, így nem gyakorol jelentős torzító hatást a faktorstruktúrára (Sajtos-Mitev, 2007). Esetemben a 11 főkomponens közül minden esetben az első hármat használtam a Kaiser-szabálynak megfelelően. Természetesen ez csak egy lehetséges megközelítés, mely véleményem szerint épp azért alkalmas a célkitűzésben megfogalmazott kérdés megválaszolására – miszerint a tájmetriai mérőszámok korrelációja állandó-e – mert a módszer éppen ezt a struktúrát adja vissza. Emellett számomra az eredmény interpretálhatósága is döntő volt a módszer kiválasztása során.

### (2.3) A kumulált sajátérték százalékok információjának a szükségessége

Egyetérttek opponensemmel, hogy a sajátérték százalékok fontos információt szolgáltatnak. A szerkesztés során figyelmetlenségéből kimaradt a dolgozatból, de természetesen minden esetben kiszámítottam ezeket, táblázatuk azért maradt ki, mert helytakarékoságból nem mutattam be az igen hasonló struktúramátrixokat.

### (2.4) Rotált és rotálatlan főkomponens mátrix

A PCA alkalmazása nem újdonság a táji metrikák elemzésében, több példát is találhatunk rá. Bár ezek célja nem a korrelációstruktúra állandóságának a feltárása volt a célja, hanem a változók számának a csökkentése, a módszerük kiválasztásának céljával egyetérttettem és szakirodalmi alapként szolgáltak számomra is. Kifejezetten tájmetriai témakörben használt főkomponens analízist Varimax rotációval pl. Uemaa et al. (2011), Ouyang (2011), Chen et al. (2014). A témában Sajtos és Mitev (2007) állítása szerint a rotálás azért is lényeges, mert rotálás nélkül egyes esetekben olyan változók fognak a főkomponensekkel korrelálni, melyeknek semmi közük egymáshoz.

A szakirodalmi háttér mellett a Varimax rotáció mellett szólt az is, hogy ez a nagy faktorsúlyú változók számát maximalizálja a főkomponensben, ugyanakkor a főkomponensek közötti korreláció minimális. A Varimax forgatás a többi forgatási módszerhez képest jobb hatékonysággal választja szét a főkomponenseket, ami megkönnyíti interpretálhatóságukat. Továbbá, mivel az eredmény kevés nagy sajátértékű és nagy számú nullához közeli sajátértékű főkomponens (Kaiser, 1958), így eredményeként az általam alkalmazott táji metrikák is leírhatókká váltak három főkomponensben.

### (2.5) A térbeli folytonosságú mintázatok statisztikai értékelése

Egyetérttek opponensemmel, hogy a tájfoltok mintázata – mint esetemben például a felszínborítás – térbelileg folytonos. Módszertanom szerint azonban mintázatonként egy számot határoztam meg külön a 2-3-4 kategóriák esetében táji metrikáknaként (azaz táj szinten), így mivel kiindulási alapom nem a folt szintű adatokból állt össze, hanem a foltok rendszeréből származtatott számokból (1 táj – 1 szám), úgy vélem, hogy a térbeli autokorreláció sem terheli az így összeállt adatsort. Ezzel a megközelítéssel teljesül a térbeli függetlenség, mert az adatok valójában már nem is a térre vonatkoznak, hanem egy absztrakcióra, ami igen komoly mértékben leegyszerűsíti az eredeti tájat. Eszerint a megközelítés szerint a Wilcoxon-próba alkalmazható és a 2-3-4 kategóriás összehasonlításokhoz ideális: az egyes új kategóriák megjelenését úgy fogjuk fel, mint a kísérleteknél a kezelések hatását, így páronként – az összes foltmintázat figyelembevételével – összehasonlítható a változás. További érv a Wilcoxon-próba alkalmazása mellett, hogy nemparaméteres próbaként nem érzékeny az adateloszlásra (csak az eloszlások egyezésére, ami teljesült), illetve páros próbaként érzékenyebb a változásokra, mint a nem páros megoldások (pl. Mann-Whitney-próba).

### (2.6) A geometriai felbontás hatása a korrelációs struktúrára

A „várható” kifejezéssel arra utaltam a legfinomabb és legdurvább felbontások korrelációjának megváltozása kapcsán, hogy látva a kiindulási térképet az 5 m-es és a legkisebb felbontású 100 m-es felbontással, amelyek már szinte csak nagyvonalakban hasonlítottak egymásra, a legnagyobb különbséget is itt vártam a korrelációstruktúrák között. Köszönöm opponensem matematikai alapú megközelítését, mellyel segítette a jelenség okának magyarázatát.

Valóban trivialis annak vizsgálata, hogy változik-e a korrelációstruktúra a változók cseréje után, azonban úgy éreztem – látva a szakirodalomban alkalmazott táji metrikák változatosságát – hogy csak akkor lesz teljes a téma feldolgozása, ha ezt a lehetőséget is megvizsgálom. Úgy vélem, hogy a későbbiekben megfogalmazott kritikákhoz (ami voltaképpen a dolgozat célja is volt) ez a vizsgálat is hozzájárult. Az eddigi vizsgálatok, melyek fellelhetők a szakirodalomban, a kongruencia együtthatót írták le, mint a korrelációstruktúra lehetséges összehasonlítási eszközét, de ahogyan opponensem is írta, ez csak meghatározott változókkal végezhető el. Annak bizonyítására pedig, hogy ez így van, el kellett végezni ezt a műveletet is, így a későbbiekben ki tudtam emelni a biplotok és a korrelációs ábrák (a dolgozatban helytelenül korrelogramok, kifejtése később) hitelesebb jellegét.

#### (2.7) Az eredmények extrapolálhatóságának a módszertani fejlesztése

Valóban nem volt szerencsés az extrapoláció kifejezés használata, mert nem matematikai értelemben gondoltam az eredmények kiterjesztésére, inkább az eredmények általánosíthatósága volt a cél.

A továbbiakban azonban nem a PCA eredményeivel dolgoztam (mivel azokat nem találtam elég jónak amiatt, mert a bevont változók lényegileg befolyásolják a korrelációstruktúrát), hanem magukkal a korrelációs értékekkel. A korrelációs értékek mátrixát összegeztem a mintaterületen, valamint a teljesen eltérő léptékű, geometriai felbontású és kiterjedésű területeken. Ez a megközelítés részben azért volt jobb, mint a PCA alapon végzett vizsgálat, mert a korrelációk páronként kerülnek kiszámításra, így az eredményt nem befolyásolja a bevont változók köre; részben pedig a két területcsoport korrelációs mátrixát egy páros statisztikai próbával hipotézisvizsgálattal össze lehetett vetni.

#### (2.8-2.9) A keresztkorreláció és korrelogram fogalma

Köszönöm opponensem észrevételét a helytelen kifejezések használata miatt. A keresztkorrelációt a későbbiekben helyesen korrelációnak/korrelációs táblázatnak/korrelációs mátrixnak fogom hívni.

A korrelogrammal kapcsolatban Wright (2012), illetve Kabakoff (2011) munkája vezetett felre, holott magam is ismerem a geostatistikában használt módszert. A jövőben kerülni fogom a korrelogram kifejezés ilyen jellegű használatát.

#### (2.10) A korrelációs mátrixok robusztusságának kérdése

A korreláció önmagában valóban nem robusztus, ahogyan opponensem is felhívta a figyelmet a kiugró értékek szerepére. Esetemben az adatok normál eloszlásúak voltak (melyet Shapiro-Wilk próbával ellenőrzök minden vizsgálat kezdetén), így ez esetben a Pearson-féle korrelációs együtthatókat használtam, azonban más esetben – amennyiben valaki alkalmazni szeretné a módszertani fejlesztésemet – lehetőség van bármilyen (kevésbé érzékeny) korrelációs együttható alkalmazására is (pl. Spearman's rho, Kendall's tau), mivel a módszer szoftverfüggetlen.

A kérdés második fele a PCA struktúrafeltáró képességére utal, mellyel egyetértek, viszont ez csak addig igaz, míg a vizsgált változók megegyeznek. Munkám célja a korrelációstruktúra állandóságának-változékonyságának a feltárása volt abból a célból, hogy ki tudjuk jelteni, hogy valamely táji metrikák teljességgel redundánsak (vagyis kiválthatók más indexekkel), vagy éppen önálló információt hordoznak (és adott kérdéskörben csak az adott metrika adhatja meg a választ). Ennek megfelelően úgy vélem, hogy mivel a tájvizsgálatokban nem (vagy csak nagyon ritkán) fordul elő olyan, hogy a vizsgálatba vont változók (tájmetriai

indexek) megegyeznek, ezért a PCA nem feltétlenül adja meg a választ a kérdésekre. A korábbiakban opponensem kifogásolta a PCA esetében a változók kicserélését, de ez itt nyer értelmet: ha 2 változó relevánsan megváltoztatja a főkomponensekhez tartozó változók struktúráját, majd ezeket a főkomponenseket kezdjük vizsgálni, akkor a végkövetkeztetésünk is hibás lehet, vagyis az ordináció helyett egyszerűbb a korrelációs mátrixok vizsgálata. A biplotok a változók közti korrelációstruktúrát akkor is visszaadják, ha a változók megváltoznak, pontosabban 2 állapot összehasonlítható. A kongruencia együttható (vagy akár a változók főkomponensekkel való korrelációjából összeálló sorrend) viszont, ahogyan azt a dolgozatban is megfogalmaztam, a változók eltérését nem képes kezelni (ami érthető is, mivel a PCA főkomponenseivel számol).

#### (2.11) A foltkapcsolati modell kapcsolatainak vizsgálata klaszteranalízissel

A klaszteranalízist azzal a céllal hajtottam végre, hogy objektív alapon, mindhárom folytonossági metrika figyelembevételével a vizsgálati terület élőhelyfoltjaiból el tudjak különíteni három csoportot. A klaszteranalízis alkalmas erre a feladatra, azonban igen sok lehetőség van arra, hogy a csoportosítást elvégezzük. A munka során a Ward módszert alkalmaztam, mint a tájmetriai kutatásokban alkalmazott agglomerációs eljárást (McGarigal et al. 2009; Neel et al. 2004; Pokorny, 2013). Ez önmagában döntő érv volt számomra, mivel McGarigal, Neel és Cushman az angolszász tájökológiai iskola legismertebb kutatói, kifejezetten tájmetriai témakörben publikálnak és a kvantitatív tájanalízis fogalma is ezekhez a nevekhez köthető. A klaszterezésnél sokan azt vallják, hogy irányadó lehet az, amit adott témakörben már sikeresen használtak. A Ward módszer mint eltérésnégyzetösszeg-növekedést minimalizáló algoritmus az én céljaimnak is megfelelt: a csoportok összevonásának feltétele, hogy az a lehető legkisebb négyzetösszeg növekedéssel járjon. Az alkalmazott hasonlósági mutató a négyzetes euklideszi távolság volt. A kialakuló klaszterek között a variancia maximális, a klasztereken belül minimális. A fentiek fényében nem vizsgáltam meg más klaszterezési eljárást, továbbá el akartam kerülni azt, hogy próbálgatással találjak rá a legjobb (vagyis a nekem leginkább szimpatikus) megoldásra.

Az általánosíthatóság mindig fontos kérdés, ami jelen esetben bennem is felmerült. Három klasztert választottam, melyekhez kiszámítottam a folytonossági metrikák átlagos értékeit az interpretálhatóság miatt. Így alakítottam ki a dolgozatban is alkalmazott kategóriarendszert. Azonban ez egy statikus helyzet, mert a gyepfoltok beerdősődésével megváltozik a hálózat, az új foltok rendszerében pedig átértékelődnek a fontossági sorrendek. Vagyis azt lehet mondani, hogy az eredmény nem általánosítható, de a munka célja nem is ez volt, hanem az, hogy rámutasson arra, hogy jobb természetvédelmi tervek készíthetők az élőhelyek megőrzésére, ha rendszerben vizsgáljuk őket és a hagyományos euklideszi távolságok helyett funkcionális, ökológiai távolságokkal számolunk. Úgy vélem, hogy a módszertan bármely területre (folthálózatra) és tesztfajra alkalmazható, ha definiálni lehet az utóbbi mozgásával kapcsolatos jellemzőket.

#### (2.12) A metrikák egyediségének vizsgálata diszkriminancia analízissel

A diszkriminancia analízis eredményét ez esetben nem a struktúramátrix alapján értékeltem, hanem a klasszifikációs keresztábrázolat alapján. Itt a leaving-one-out módszerrel számított, szigorúbb kritériumoknak megfelelő pontosság alapján tettem meg kijelentéseimet a kiértékelés során. A különbség a PCA és a DFA között valóban kicsi lehet, de céljaimnak megfelelően szükségem volt egy függő változóra, ami jelen esetben a foltmintázatokat jelentette, és ezek fényében teszteltem a táji metrikák hatékonyságát: képesek-e megkülönböztetni a mintázatokat; ha nem, akkor milyen jellegű mintázatok megkülönböztetésre alkalmasak: a szabályos, vagy inkább a szabálytalan; ha egy metrika

nem, akkor több képes-e minden mintázat megkülönböztetésére? Mivel a PCA-ban ezt nem lehetett megvizsgálni, ezért választottam a DFA-t.

Még egyszer köszönöm Geiger János docens úr méltató szavait, kérdéseit és rövid idő alatt elkészített opponensi véleményt.

#### Hivatkozott szakirodalom

- Chen A., Yao, L., Sun, R., Chen, L. 2014. How many metrics are required to identify the effects of the landscape pattern on land surface temperature. *Ecological Indicators* 45:424-433.
- Kaiser, H.F. 1958. The Varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika* 23:187-200.
- Ouyang, W. 2011. Interaction between landscape and pollution along a dam cascade. University of Trente, ITC, Dissertation,
- Uuemaa, 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.
- Wright, K. 2012. Corrgram package, CRAN Repository <http://cran.r-project.org/web/packages/corrgram/corrgram.pdf>
- Kabacoff, R.I. 2011. *R in action*, Manning, Shelter Island
- McGarigal, K., Tagil, S., Cushman, S.A. 2009. Surface metrics: an alternative for patch metrics for the quantification of landscape structure. *Landscape Ecology* 24:433-450.
- Neel, M.C., McGarigal, K., Cushman S.A. 2004. Behaviour of landscape metrics across gradients of class aggregation and area. *Landscape Ecology* 19:435-455.
- Pokorny, B. 2013. *Smallholders, Forest Management and Rural Development in the Amazon*. The Earthscan Forest Library, Routledge

Debrecen, 2015. június 20.

Szabó Szilárd  
egyetemi docens