

ELEMZÉSEK

DR. JAKOBI ÁKOS – JENEY LÁSZLÓ

A szomszédsági mátrix problematikájának megoldási lehetőségei – elmélet és gyakorlat

A modern területi kutatói eszköztárban számos olyan módszer ismert, amely integráltan vagy szükséges előfeltételként alkalmazza a megfigyelési egységek szomszédsági viszonyrendszerének valamilyen módú ismeretét. Amióta a szakma (újra) felismerte a szomszédság, a közelség és ezekkel kapcsolatban a hasonlóság fogalmát, illetve amióta nyilvánvalóvá vált, hogy Waldo Toblernek a földrajz első „törvénye” (sejtése) kapcsán igaza volt, azóta – főként napjainkban – egyre nagyobb számban találkozhatunk szomszédsági modelleket alkalmazó vizsgálatokkal. Tobler sejtése szerint „minden mindennel összefügg, de a közelebbi dolgok erősebben hatnak egymásra” (Tobler 1970), s ez igaz lehet a különböző kontextusokban értelmezett térbeli társadalmi létezők vizsgálatakor is. A szomszédsági relációk ismerete azonban nemcsak a fent jelzett állítást tesztelő területi autokorreláció módszere kapcsán, hanem az azzal többé-kevésbé rokon területi mozgóatlagnak, területi autoregresszív modellek vagy a térinformatikában is alkalmazott kernelek, területi szűrők használatakor is lényeges.

Nem mindegy azonban, hogy a térbeli egymásra hatás vagy egymásmellettiesség vizsgálatában mit és miként tekintünk szomszédosnak. Ugyanazon kiindulási adatok mellett lényegi eltéréseket tapasztalhatunk a különböző módokon definiált szomszédsági relációk függvényében, továbbá aszerint is, hogy milyen formában rögzítettük vagy kódoltuk a szomszédsági viszonyokat, azaz miként hoztuk létre a szomszédsági mátrixunkat. Jelen tanulmányunkban ezért arra teszünk kísérletet, hogy röviden összefoglaljuk és néhány gyakorlati példával bemutassuk a szomszédsági mátrixok kialakításakor felmerülő problémákat, ezenfelül megpróbáljuk áttekinteni a szerteágazó megoldási lehetőségek lényegi sajátosságait is.

A probléma lényege, a szomszédsági reláció meghatározása

A szomszédsági mátrix problematikájának sarkalatos kérdése, hogy egy-egy vizsgált területi adathalmaz önálló létezői között mely elemek (térségek, pontok stb.) számítnak szomszédosnak és melyek nem, s mindezen állításainkat milyen algoritmus alapján fogalmazzuk meg. A szomszédság értelmezésében tapasztalható eltérések lényegileg módosíthatják a kialakuló szomszédsági mátrixok értékeit, s ezáltal közvetlenül az erre épülő számítási modellek végeredményeit is. Körültekintően és előrelátóan kell tehát kiválasztanunk azt az értelmezési rendszert, amelyben a szomszédsági relációkat meghatározzuk.

A hazai szakirodalom több műve is foglalkozik a szomszédság és a területi elemzések kapcsolatával, melyek közül kiemelendő Nemes Nagy József néhány alkotása (1998,

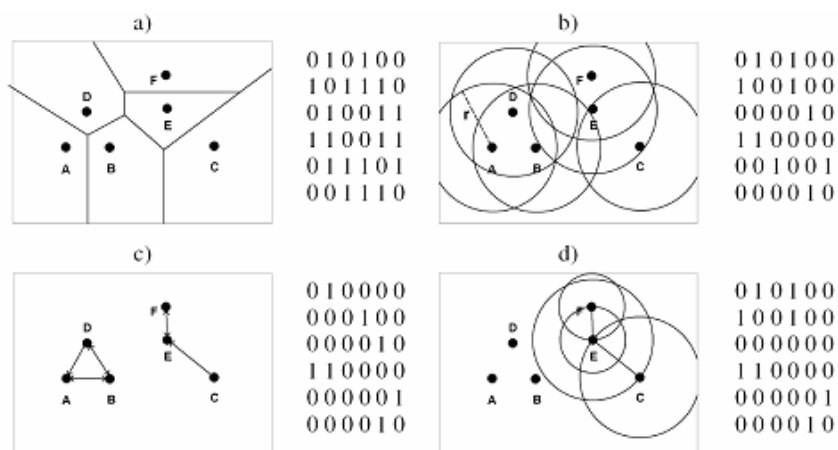
2005), illetve Dusek Tamás (2004) elméleti monográfiája. A téma nemzetközi szakirodalma ezzel párhuzamban igen sokrétű az ökonometriai közelítésektől (például Anselin et al. 2004) a térinformatikai megoldásokig (például Goodchild 1987). Ezen munkák nyomdokain haladva először lássuk, miként és milyen problémákkal szembesülve határozhatjuk meg a vizsgált térbeli elemek szomszédsági viszonyait!

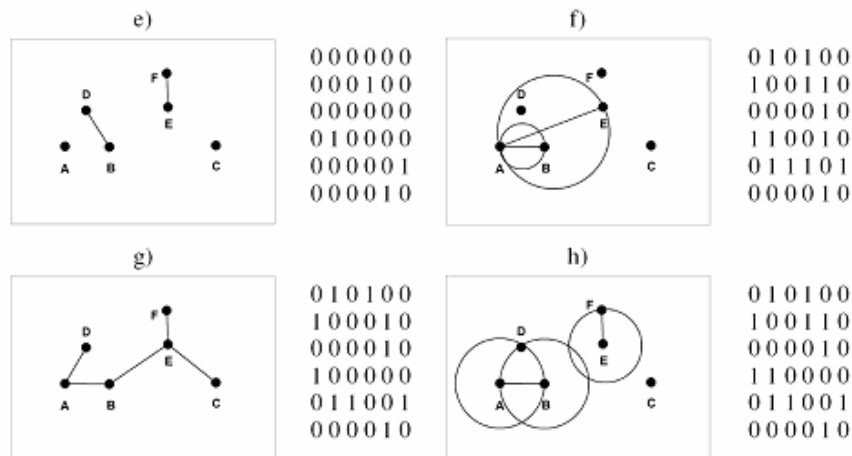
Egyértelmű, hogy a szomszédsági kapcsolatrendszerek változatosságából fakadóan nem fogalmazható meg egy mindenek felett álló megoldás a szomszédsági relációk definiálására. Kiindulásként már akkor válaszút elé kerülünk, amikor el kell döntenünk, hogy pontalakzatok, területalakzatok, esetleg vonalas hálózatok elemei között vizsgálódunk. A szomszédsági reláció meghatározása talán a *területalakzatoknál* (megyéknél, régióknál, országoknál stb.) tűnik a legegyszerűbbnek, amikor a közvetlen határvonallal érintkező területi elemeket tekinthetjük szomszédosaknak (amelyeknek van egy nem zérus hosszúságú közös határszakasza). Ritka problémát csak az okozhat (főként szabályos vagy szabályosnak tűnő területalakzatok esetében), ha két területegység nem egy jól definiált határvonallal, hanem csak egyetlen pontban (csúcspontban) érintkezik egymással. Efféle relációkkal találkozhatunk a sakktáblaszerű területalakzatoknál (lásd például az Egyesült Államok némely tagállamát, vagy egyes megyei szintű körzeteit, vagy például Namíbia, Botswana, Zimbabwe és Zambia közös határát), s a probléma megoldásához is a sakkból átvett vezérszomszédság vagy bástyaszomszédság (esetleg futószomszédság) módszerét kölcsönözhetjük.

Pontalakzatok esetében nem beszélhetünk a szomszédok közvetlen érintkezéséről. A térben elkülönülő pontok (például városok, mérőállomások stb.) szomszédsági relációit leggyakoribb esetben a távolság fogalmára vezetjük vissza, és szomszédosaknak azokat a párokat tekintjük, amelyek adott ponttól a legkisebb távolságra (legközelebbi szomszéd) vagy egy adott értéknél kisebb távolságra találhatók (környezeti szomszéd), esetleg azokat a legközelebbi pontokat, amelyeknek összlétszáma kisebb, mint K (K legközelebbi szomszéd, azaz például a három legközelebbi szomszéd).

1. ábra

A szomszédsági relációk különböző értelmezései ugyanazon pontalakzat esetében





a) Dirichlet- [Thiessen-, Voronoi-] poligonok; b) r sugarú távolsággal meghatározott környezeti szomszéd; c) legközelebbi szomszéd; d) relatív szomszéd; e) kölcsönös legközelebbi szomszéd; f) Gabriel-szomszéd; g) minimális elágazású fa; h) hatókör-szomszéd.

Megjegyzés: a mátrixok értelmezését lásd lejjebb!

Az 1. ábra a pontalakzatok szomszédsági vizsgálata kapcsán előforduló megoldások közül mutat be néhányat, továbbá egyértelműen szemlélteti, hogy milyen eltéréseket tapasztalhatunk a különbözőképpen definiált szomszédsági relációkat rögzítő mátrixokban. A példákban alkalmazott algoritmusok a következők:

- Dirichlet- [Thiessen-, Voronoi-] poligonok*: azon térrész, melynek összes pontja közelebb esik adott referenciaponthoz, mint bármely más referenciaponthoz;
- r sugarú távolsággal meghatározott *környezeti szomszéd*: szomszédos az a pont, amely adott referenciaponttól kisebb mint r távolságra található; i és j szomszédos, ha d_{ij} kisebb, mint r ;
- legközelebbi szomszéd*: szomszédos az a pont, amely adott referenciaponttól a legkisebb távolságra található; i és j szomszédos, ha d_{ij} kisebb, mint bármely d_{ik} ;
- relatív szomszéd*: i és j szomszédos, ha az i és j köré írt d_{ij} sugarú mindkét kör üres;
- kölcsönös legközelebbi szomszéd*: i és j szomszédos, ha d_{ij} kisebb, mint bármely d_{ik} és kisebb, mint bármely d_{jk} ;
- Gabriel-szomszéd*: i és j szomszédos, ha az i -re és j -re írt (i -t és j -t érintő) d_{ij} átmérőjű kör üres;
- minimális elágazású fa* alapján meghatározott szomszéd: i és j szomszédos, ha a minimális teljes élhosszú hurokmentes gráfban közvetlen éllel összekötött;
- hatókör-szomszéd*: i és j szomszédos, ha a legközelebbi szomszédnyi sugarú körök minimum 2 pontban metszik egymást.

A pontalakzatok szomszédsági viszonyrendszeréből továbbvezethető a *gráfok és hálózati alakzatok* szomszédsági kapcsolatainak meghatározása. A hálózati szomszédság, amely talán a legegyszerűbben belátható szomszédsági reláció, akkor áll fenn, ha két csomópont között közvetlen összeköttetés (él) található. Különleges, úgynevezett irányí-

tott hálózatokban a szomszédsági reláció nem minden esetben szimmetrikus, amíg i -ből él vezet j -be, addig nem biztos, hogy j -ből is él mutat i -be.

Újabb és érdekes megoldást kínálnak azok a módszerek, amelyek az egyes alakzattípusok szomszédsági relációkat meghatározó eljárásait egymással kombinálva, esetleg egyidejűleg kiegészítve vagy továbbfejlesztve alkalmazzák. Tipikus és gyakori módszernek számít például a *területalakzatok pontalakzattá történő átalakítása*, majd ezt követően a pontthalmazon belül a fent említett módszerek valamelyike szerint a szomszédsági viszonyok meghatározása. Módszertani problémát, illetve eltéréseket itt talán nem is a szomszédsági kapcsolatok, mint inkább a területi elemek pontként való értelmezése születhet, hiszen nem mindegy, hogy mely (milyen helyzetű) pontokkal helyettesítjük az eredeti területi objektumokat. Leggyakrabban valamilyen reprezentatív ponttal, pontosabban annak helyzeti koordinátaival jellemezhetünk egy területet (például a megyeszékhely vagy a térségi székhely koordinátaival), más esetben például az adott terület mint poligon centroidját¹ tekinthetjük helyettesítő pontnak. Ez utóbbi megoldás azonban sajátos gondot okozhat a nem konvex rajzolatú területi elemek esetében, ahol a számított centroid néha az adott poligonon kívülre eshet. Gyakori az is, amikor *pontalakzatokat területalakzatokká alakítunk át* a szomszédsági relációk meghatározásához. Ilyenkor a pontszerűen mért adatok területekre való kiterjesztésének módszertanából, illetőleg a térinformatikából már jól ismert Thiessen- vagy más néven Voronoi- vagy Dirichlet-poligonok kialakításával hozhatunk létre területalakzatokat (1. ábra), ezeket aztán a hagyományos szomszédsági kapcsolatokat meghatározó elvek alapján értékelhetjük.

Szomszédsági mátrixalkotási módszerek

Azzal, hogy képesek vagyunk meghatározni a szomszédsági relációkat bármely térbeli alakzat esetében, még korántsem értünk a megválaszolendő kérdések végére. A szomszédsági kapcsolatokat számszerűleg rögzítő szomszédsági mátrix ugyanazon szomszédsági relációk mellett eltérő módokon, más és más eredménnyel is kialakítható. A megfelelő mátrix kiválasztása döntés kérdése, mindazonáltal nem mindig található meg a szomszédsági viszonyrendszert legjobban leíró változat.

„A szomszédsági mátrix N sorból és N oszlopból áll, i -edik sora j -edik elemének értéke az i -edik és j -edik területegység szomszédságának hiányában 0, szomszédságuk esetén 0-tól különböző” (Dusek 2004, p. 204). Konvenció szerint egy területegység nem szomszédja önmagának, ezért a mátrix főátlójának elemei 0 értékűek. A legegyszerűbb megoldások szimpla bináris mátrixokkal operálnak, amelyekben a szomszédos térelemek cellaértéke 1, a nem szomszédosaké 0. Itt jegyezzük meg, hogy míg a hagyományos *elsőfokú* szomszédsági mátrixok esetében a közvetlen szomszédok kapcsolatait regisztráljuk 1-es értékkel, addig a *másodfokú* (vagy többfokú) mátrixoknál a szomszédok szomszédait (stb.) kódoljuk ilyen módon, lehetőséget biztosítva ezzel például a térbeli oszcilláció kimutatására vagy tesztelésére. A nem bináris mátrixok esetében a 0 értékek mellett nem 0 értékek szerepelnek a cellákban. A *sor-normalizált* mátrixokban a szomszédsági kapcsolatokat jelző cellákban $1/N$ értékek találhatók, ahol N az adott téregység-

¹ A centroid vagy középpont meghatározásakor két eljárás közül választhatunk. Az egyszerűbb (középponti) módszer az érintett poligon x és y koordinátáinak egyszerű átlagát használja, míg a másik a poligont határoló vertex-koordináták alapján számított súlypontok koordinátáit alkalmazza (Worboys – Duckham 2004).

gel szomszédos elemek számát jelöli, és ahol a sorokban szereplő értékek összege 1 (példaként lásd: Nemes Nagy 1998, p. 219), a *teljes normalizált* mátrixokban a 0 értékek melletti $1/N$ értékeknél N az összes megfigyelési egység számát jelöli (és nem csak a szomszédosakét), így az eredmény sorösszege változó. Fontos kitérnünk arra, hogy habár rendszerint szimmetrikusnak véljük a szomszédsági mátrixokat, az esetek egy jelentős részében (amint az például a sor-normalizált mátrixnál is tapasztalható) az eredmények nem mindig formálnak szimmetrikus képet. Nem kapunk szimmetrikus eredményt akkor sem, ha a legközelebbi szomszéd vagy a K legközelebbi szomszéd algoritmusát használjuk. Abban is különbség mutatkozik, hogy ezeket a szomszédsági mátrixokat valódi matematikai mátrixokként kezeljük, vagy szimplán szomszédságokat kódoló táblázatokként használjuk. Javárészt a szomszédsági mátrixra épülő számítási módszer, tehát a konkrét eljárás igénye dönti el, hogy milyen típusú mátrixszal, szimmetrikus vagy nem szimmetrikus, matematikai vagy nem matematikai változattal dolgozunk-e.

A szomszédság meghatározására legmegfelelőbb módszer esetenként épp az elkészült szomszédsági mátrix ellenőrzésekor válik nyilvánvalóvá. Általános szokás (vagy szabály) ugyanis a szomszédok nélküli térelemek, úgynevezett *szigetek* kialakulását előidéző megoldások kerülése. Ilyen esetekben az érintett megfigyelési egység adatértéke végül is kimarad a területi adatsorból, ami a térstatistikai számítások eredményeinek lényeges torzulásához vezethet. A probléma nem minden szomszédsági algoritmusnál jelentkezik, egyeseknél nagyobb gyakorisággal fordulhat elő (lásd például a kölcsönös legközelebbi szomszéd módszerét), másoknál pedig kellő körültekintéssel kiküszöbölhető (például a környezetiszomszéd-módszer esetében, ahol r sugár értéke a *legközelebbi szomszéd* távolságok legnagyobbikánál nagyobb kell legyen). Mindezek eredményeként a szomszédsági mátrixokban nem lesznek olyan sorok, amelyekben kizárólag 0 értékek szerepelnek.

A bináris mátrixokkal ellentétben a valamilyen paraméter alapján *súlyozott* szomszédsági mátrixok változékony belső cellaértékeket tartalmazhatnak. Az sem véletlen, hogy a szomszédsági mátrixokat gyakorta nevezi a szakirodalom területi súlymátrixoknak (spatial weight matrix), hiszen a területi adatok eleve súlyozottak a szomszédsági reláció meglétével vagy hiányával, a szomszédsági mátrixok esetében a súlyozás kérdése azonban más összefüggésben is felmerülhet. Ha a szomszédos téregységek kapcsolatának vizsgálatakor a kapcsolat intenzitása alapján különbséget szeretnénk tenni a szomszédok között, akkor a szomszédsági reláció „erősségét” különböző súlyokkal differenciálhatjuk. Területalakzatok esetében – főleg a topológiai változatosságra visszavezethető okok miatt – a súlyozás alapja lehet például a közös határszakasz hosszúsága (határhossz-súlyozásos szomszédsági mátrix), vagy a tényleges összeköttetést biztosító átmenő kapcsolatok (például összekötő utak, határállomások) száma, vagy a térségközpontok távolsága, esetleg ezek kombinációi (Cliff – Ord 1981). Más, komplexebb modellek bizonyos attribútumsúlyokat is bevonnak a szomszédsági mátrixokba (például Ferrándiz et al. 1995, akik a gravitációs modellekhez hasonlóan a helyi P_i és a távoli P_j népességgel és a d_{ij} távolsággal súlyozták az értékeket a $w_{ij}=[P_i P_j]^{0.5}/d_{ij}$ formula szerint). Bár a súlyozás eredeti célja a valóságoshoz jobban hasonlító szomszédsági viszonyrendszer modellezése, ám kritikusai szerint a valódi szomszédsági összefüggéseket ezek a módszerek csak kis sikerrel tudják becsülni.

A szomszédság értelmezése a gyakorlatban: az EU nagyvároshálózatának példája

A következőkben a szomszédsági mátrix gyakorlati alkalmazását az Európai Unió nagyvárosaira számított területi autokorreláció példáján mutatjuk be. Jelen elemzés egy, a Területi Statisztikában megjelent hasonló témájú vizsgálat (Jeney 2008) alapadatait és eredményeit vezeti tovább. Ennek értelmében jelen számítások is az Európai Unió 59 nagyvárosának² 1995 és 2004 közötti egy főre jutó GDP³-adataira támaszkodnak. A korábbi vizsgálat megállapítja, hogy a nagyvárosok gazdasági fejlettsége összefügg szomszédságukéval. Az inkább statikus szemléletű elemzés helyett jelen esetben a fejlődési dinamikára összpontosítunk.

Az Európai Unió nagyvároshálózata szabálytalan pontalakzatra hasonlít, amelyről nagy vonásokban megállapítható, hogy egy Angliától Lengyelországig húzódó széles sávban sűrűsödik, a perifériákon pedig ritkább. Ez a fajta földrajzi elhelyezkedés jelentősen megnehezíti a földrajzi szomszédság fogalmának értelmezését. Valamennyi, korábbiakban felvázolt szomszédságfogalom esetében előfordulnak zavaró tényezők. A területalakzatoknál a szomszédság meghatározásakor általánosan alkalmazott közvetlen területi szomszédság a nagyvárosok mint pontalakzatok esetében nem jöhet szóba. A nagyvárosi szomszédság meghatározásának három főbb alapesete:

1. ha egy (vagy meghatározott számú) nagyvárost tekintünk szomszédnak,
2. ha meghatározott távolságon belül az összes nagyvárost szomszédnak tekintjük,
3. ha a teljes nagyvárosok közötti terület (Dirichlet-féle) felosztása után a szomszédos régiók nagyvárosait tekintjük szomszédosoknak.

1. táblázat

A háromféle szomszédság meghatározás előnyei és hátrányai az EU nagyvároshálózatában

A szomszédság meghatározása	A szomszédság azonos távolságot jelent	A szomszédsági viszony kölcsönös	A szomszédok száma azonos
Egy, vagy meghatározott számú legközelebbi nagyváros	legközelebbi szomszéd: Duisburg: 18 km Essen Athén: 525 km Szófia	hányadik legközelebbi: Bukarest: Budapest 2. Budapest: Bukarest 11.	teljesül
Meghatározott távolságon belüli nagyvárosok	teljesül	teljesül	a szomszédok száma: Athén, Bukarest 1 db Stuttgart: 24 db
Nagyvárosokhoz rendelt régióval határos régiók nagyvárosai	határos régiók: Budapest–Szófia: igen Duisburg–Köln: nem	teljesül	a szomszédok száma: Athén: 1 db Dortmund: 8 db

Forrás: Eurostat adatai alapján saját számítások.

A három különböző elv szerint meghatározott szomszédságértelmezések előnyeit és hátrányait az 1. táblázat foglalja össze. A táblázat összeállításakor – igazodva egyben a már említett korábbi vizsgálatához – a szomszédság kritériumául egy meghatározott föld-

² A számításokba a 27 tagú Európai Unió azon 59 nagyvárosát vontunk be, amelyek elővárosok nélküli népességszáma a történelem során valaha meghaladta a félmillió főt. Az adatok valójában nem magukra a nagyvárosokra, hanem az azokat magukban foglaló NUTS 3-as régiókra vonatkoznak, e régiók többé-kevésbé megegyeznek a nagyvárosokkal.

³ A piaci, folyóáron, euróban mért egy főre jutó GDP adatai az Európai Unió statisztikai hivatalának honlapjáról származnak (<http://epp.eurostat.ec.europa.eu>).

rajzi távolságot, nevezetesen 550 km-t választottunk. E küszöbérték meghatározásánál arra kellett törekedni, hogy minden nagyvárosnak legyen szomszédja (lásd „legnagyobb legközelebbi szomszéd” kritérium), a legközelebbi szomszédok átlagos távolsága egyébként 170 km.

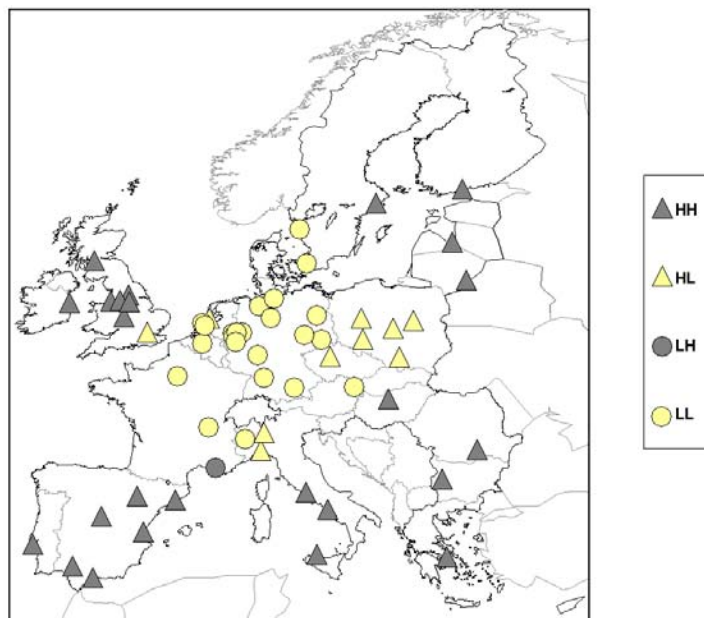
Markáns szomszédsági együttmozgás a gazdasági dinamikában

Az 1995 és 2004 közötti időszakban az Európai Unió 59 nagyvárosának egy főre jutó GDP-je átlagosan másfélszeresére növekedett. Ez az átlagérték azonban jelentős különbségeket takar el: a leggyorsabban és a leglassabban fejlődő nagyvárosok között meglehetősen nagy a differencia. A közel egy évtized alatt, miközben Vilnius egy főre jutó GDP-je 4,7-szeresére nőtt, Berlin gyakorlatilag stagnált. A szélső értékek is igazolják, hogy a leggyorsabb növekedés elsősorban a volt szocialista országokhoz tartozó nagyvárosokat, míg a leglassabb főleg Nyugat-Közép-Európa nagyvárosait jellemzi. A nagyvárosok gazdasági fejlődésében első ránézésre is látható, hogy az Európai Unió egymáshoz közel fekvő nagyvárosai általában hasonló mértékben fejlődtek.

A nagyvárosok négy főbb kategóriára különíthetők el aszerint, hogy saját, illetve szomszédságuk gazdasági fejlődése átlag feletti vagy az alatti-e. Az egyes kategóriákat két betűvel jelölve az első betű a nagyváros saját, a második pedig a szomszédos nagyvárosok átlagos fejlődésére utal. Az angol terminológiát alapul véve az átlag feletti jelleget „H” (high), az átlag alatti „L” betű (low) jelöli. A 2. ábrán látható az egyes kategóriákhoz tartozó nagyvárosok területi elrendeződése.

2. ábra

Az egy főre jutó GDP 1995 és 2004 közötti növekedésének szomszédsági hasonlósága



Forrás: az Eurostat adatai alapján saját számítások.

A nagyvárosok kategóriák szerinti megoszlása, illetve a csoportok földrajzi elhelyezkedése alapján két fontos tanulság állapítható meg. A nagyvárosok többsége vagy a „HH” vagy az „LL” csoporthoz tartozik, a vegyes csoportok kisebb elemszámúak. Eszerint a gyorsabban fejlődő nagyvárosok szomszédsága is dinamikusabb gazdasági növekedésű, és ugyanez igaz a lassabban fejlődő vagy gazdaságilag stagnáló nagyvárosokra is. Az 59 nagyvárosból 48 (!) esetében a saját és a szomszédos városok gazdasági fejlődése az átlaghoz viszonyítva hasonló irányú. Ebből 25 nagyvárosonál találunk „HH” minősítést, és 23 tartozik az „LL” kategóriához. Mindössze 11 esetben találhatunk a nagyváros és szomszédsága esetében az átlaghoz viszonyítva eltérő képet. Ez utóbbiak zöménél (10 nagyvárosonál) az átlagnál gyorsabb gazdasági fejlődés párosul a szomszédság átlagnál lassabb dinamikájával. Csúpn Marseille esetében találunk példát arra, hogy a szomszédság átlagosnál gyorsabb ütemű fejlődése ellenére a nagyváros átlag alatti fejlődésű. Ez a megoszlás arra enged következtetni, hogy az Európai Unió nagyvárosainak gazdasági fejlődése többnyire hasonló a szomszédos nagyvárosokéhoz. Habár tényleges szomszédsági egymásrahatásról nem beszélhetünk, de a szomszédsági együttmozgás mindenképpen megállapítható.

Az egyes kategóriák földrajzi elrendeződése is rendkívül tanulságos. A „HH” kategória elsősorban a perifériákat jellemzi. A korábban már említett Kelet-Közép-Európa mellé sorolhatók a Brit-szigetek és a Mediterráneum nagyvárosai is. Az „LL” kategória elsősorban a fejlett európai magterületen („kék banán”) és Nyugat-Közép-Európa egyéb részein jellemző. A „HL” kategóriához az úgynevezett „kontaktzóna” nagyvárosai tartoznak, amelyek a két előző csoport közötti átmeneti zónában helyezkednek el. A cseh és lengyel nagyvárosok, London, illetve az észak-olasz nagyvárosok szomszédságához már bekerültek a lassabban fejlődő nyugat-közép-európai (főleg német) nagyvárosok is. Nyugat-Közép-Európából egyedül Amszterdam ért el az átlagnál gyorsabb gazdasági növekedést. Az „LH” kategóriához egyedülként tartozó Marseille estében pedig épp fordított a helyzet. A dinamikusan fejlődő déli tengelyen (sunbelt) elhelyezkedő Marseille nem annyira a szomszédsága, mint inkább a másik két francia nagyváros (Lyon és Párizs) vontatott gazdasági fejlődésében osztozik.

Figyelembe véve a nagyvárosok statikus gazdasági fejlettségi szintjét, láthatjuk, hogy az elmaradottabb nagyvárosok fejlődnek gyorsabban. Ez alapján tehát egy markáns közösségi szintű kiegyenlítődési folyamatnak lehetünk tanúi.

A nagyvárosok és a nagyvárosszomszédaik fejlődése közötti sztochasztikus kapcsolatok

A nagyvárosok saját, illetve a szomszédos nagyvárosok átlagos gazdasági fejlődése közötti összefüggés korrelációs vizsgálattal empirikusan is igazolható. (Az itt alkalmazott módszerek részletesebb bemutatását lásd Dusek 2004 és Nemes Nagy 2005.) Ehhez először a Pearson-féle lineáris korrelációt, majd pedig a Moran-féle területi autokorreláció számítását alkalmazzuk az alábbi képletek alapján:

$$r_{\text{pearson}} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}},$$

ahol x_i az i -edik nagyváros gazdasági fejlődése, y_i az i -edik nagyváros szomszédságának gazdasági fejlődése, $\bar{x}$ a nagyvárosok gazdasági fejlődésének átlaga, $\bar{y}$ a szomszédos nagyvárosok gazdasági fejlődésének átlaga.

Az egy főre jutó GDP 1995 és 2004 közötti növekedésére kiszámított, a nagyvárosok és szomszédságuk átlaga közötti Pearson-féle korrelációs együttható értéke 0,66, amely erős összefüggésről árulkodik. A két adatsor közötti lineáris regresszió esetében a determinációs együttható (R^2) értéke 0,43, az egyenlet képlete $y = 0,3092x + 1,0162$.

A területi autokorreláció mérésére a leggyakrabban a Moran-féle I -t alkalmazzák, amelynek képlete a következő:

$$I = \frac{N}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N D_{ij}} * \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x}) * D_{ij}}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2},$$

ahol x_i az i -edik nagyváros gazdasági fejlődése, $\bar{x}$ a nagyvárosok gazdasági fejlődésének átlaga, D_{ij} a szomszédos nagyvárosok egymástól való távolságának reciproka, a nem szomszédos (azaz egymástól 550 km-nél távolabb fekvő) nagyvárosok esetében ez az érték 0, N a nagyvárosok száma (jelen esetben 59).

Az egy főre jutó GDP 1995 és 2004 közötti növekedésére számított Moran I értéke 0,45. E mutató értékének értelmezésénél I értékét az aktuális elemszámból következő véletlen területi eloszláshoz, $-1/(N-1)$ -hez kell viszonyítani (ami $-0,02$ az 59 nagyváros esetében). Mivel a Moran I értéke meghaladja ezt az értéket, egyértelműen pozitív területi autokorreláltságról beszélhetünk.

Az egy főre jutó GDP növekedése tekintetében tehát megfigyelhető a szomszédsági együttmozgás, a *statikus* vizsgálatok esetében azonban egész más tendencia tárul elénk. Az évenként statikusan kiszámított korrelációs értékek idősora fokozatosan romló összefüggésről árulkodik, akár a Pearson-féle lineáris korrelációt (r), akár a Moran I értékét vesszük alapul (2. táblázat).

2. táblázat

Az egy főre jutó GDP-re évenként kiszámított korrelációs együtthatók idősorai

Együttható	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Pearson-féle r	0,69	0,68	0,68	0,68	0,67	0,66	0,65	0,64	0,64	0,63
Moran-féle I	0,62	0,52	0,45	0,45	0,40	0,34	0,33	0,31	0,33	0,30

Forrás: Az Eurostat adatai alapján saját számítások.

A fenti táblázat adatait a korábban leírtakkal összevetve megállapítható hogy a nagyvárosok gazdasági fejlődésében mért szomszédsági együttmozgás ellenére a szomszédsági hasonlóság fokozatosan halványodik. Ez azzal magyarázható, hogy a vizsgált időszak elején az Európai Unió nagyvároshálózatának térszerkezetét nagy regionális különbségek jellemezték, ami felértékelte a nagyvárosok nagytérégi hovatartozását a gazdasági fejlettségi különbségeikben. A legfejlettebb (nyugat-közép-európai) nagyvárosok egységes tömbként emelkedtek ki a szegényebb perifériákhoz képest. Időközben, a közösség nagyvároshálózatán belül közel egy évtized alatt végbement igen határozott kiegyenlítő-dési folyamat eredményeként némileg oldódtak a korábban markánsabban létező tömbök

közötti vetővonalak, különösen az északnyugati perifériának (a Brit-szigeteknek) a centrumtérseghöz történő felzárkózása nyomán.

Összefoglalva, az Európai Unió nagyvároshálózata esetében a nagytérsegi szomszédság értelmezésének talán legalkalmasabb módja, ha egy előre meghatározott távolságon (jelen esetben 550 km-en) belüli nagyvárosokat tekintjük szomszédosaknak. A nagyvárosok ezredfordulón tapasztalt fejlődési dinamikája esetében makroszinten kimutatható valamiféle szomszédsági együttmozgás, ugyanakkor ezzel párhuzamosan a nagyvárosok közötti szomszédsági hasonlóság fokozatosan halványodik.

IRODALOM

- Anselin, Luc – Florax, Raymond J. G. M. – Rey, Sergio J.* (eds.) (2004): *Advances in Spatial Econometrics: Methodology, Tools, and Applications*. Springer-Verlag, Berlin
- Cliff, Andrew D. – Ord, J. Keith* (1981): *Spatial Processes, Models and Applications*. Pion, London
- Dusek Tamás* (2004): A területi elemzések alapjai. Regionális Tudományi Tanulmányok, 10., ELTE Regionális Földrajzi Tanszék – MTA–ELTE Regionális Tudományi Kutatócsoport, Budapest
- Ferrándiz, Juan – López, Antonio – Llopis, Agustín – Morales, María – Tejerizo, María Luisa* (1995): Spatial interaction between neighbouring counties: Cancer mortality data in Valencia (Spain). *Biometrics*, 51.
- Goodchild, Michael F.* (1987): A spatial analytical perspective on geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Systems*, 1.
- Jeney László* (2008): A szomszédsági hasonlóság szerepe az Európai Unió nagyvárosai közötti fejlettségi különbségekben. *Területi Statisztika*, 1.
- Nemes Nagy József* (1998): A tér a társadalomkutatásban. Hilscher Rezső Szociálpolitikai Egyesület, Budapest
- Nemes Nagy József* (szerk.) (2005): Regionális elemzési módszerek. Regionális Tudományi Tanulmányok, 11., ELTE Regionális Földrajzi Tanszék – MTA–ELTE Regionális Tudományi Kutatócsoport, Budapest
- Tobler, Waldo R.* (1970): Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region. *Economic Geography*, 46, 2.
- Worboys, Michael F. – Duckham, Matt* (2004): *GIS: A Computing Perspective*. 2nd Edition. Taylor and Francis

Kulcsszavak: szomszédság, szomszédsági mátrix, alakzat, nagyváros, Európai Unió, területi autokorreláció.

Resume

This paper summarizes theoretical aspects of determining neighbourhood relations and aims to reveal difficulties of creating spatial weight matrices. The study also presents some practical solutions to overcome methodological problems and to illustrate neighbourhood models in the context of large cities of the EU. Summing up what has been written, the best way to define neighbourhood on the macro-level city network of the European Union is to consider those cities as neighbours, which are located within a predetermined distance (550 km) from each other. Similar movement among neighbours can be observed in case of economic development of cities at the turn of the millennium, however meanwhile the economic similarity among cities located close to each other is turning pale.