

TANULMÁNYOK / ARTICLES

A távolság halálának új vizsgálata: kiberhely, földrajzi és kapcsolati közelség¹

The death of distance revisited: cyber-place, physical and relational proximities

EMMANOUIL TRANOS, PETER NIJKAMP

KULCSSZAVAK: internetföldrajz, internet-infrastruktúra, távolság, közelségtípusok, térbeli interakciós modellek

ABSZTRAKT: Ez a tanulmány a földrajzi távolság és különböző kapcsolatközelség-típusok hatását elemzi az internet-infrastruktúra kiépülésére vonatkozóan. Habár számos mondás kering a szakirodalomban arról, hogy az internet a „földrajz végét” jelenti, a fizikai távolság és az internet közötti kapcsolatot még nem vizsgálták részletekbe menően. Tanulmányunk a gazdaságföldrajzi irodalom legújabb közelségvizsgálataira épül, és elemzésének célja bemutatni, hogy a fizikai távolság hatása azután is jelen marad-e a virtuális térben, ha a kapcsolati közelség típusait is figyelembe vesszük. Ennek érdekében geokódolt IP-kapcsolatokat tartalmazó egyedi és átfogó paneladatbázist elemzünk térbeli interakciós modellek és hálózatelemzési technikák segítségével. Eredményeink szerint a fizikai távolság és a kapcsolati közelség különböző típusai szignifikáns hatást gyakorolnak az internet-infrastruktúra szerkezetére, kiemelve az internet térbeliségét.

KEYWORDS: *Internet geography, Internet infrastructure, distance, proximities, spatial interaction models*

ABSTRACT: *This paper studies the impact of physical distance and different relational proximity types on the formation of the Internet infrastructure. Although there is some anecdotal evidence on the “end of geography” effect of the Internet, the relationship between physical space and the Internet has not been yet scrutinized. Our paper builds upon recent studies in economic geography and relational proximities, and aims to study whether physical distance survives in virtual geography even after controlling for relational proximities. In order to do so, a unique and extensive database with geo-coded IP links and spatial interaction models with panel data specifications in combination with network analysis are utilized. Our results indicate that physical distance, but also different relational proximities, have a significant impact on the structure of the Internet infrastructure, highlighting the spatiality of the Internet.*



Bevezetés

Ez a tanulmány a földrajzi távolság és a kapcsolati közelségek hatását elemzi az internet-infrastruktúra (amelyet kiberhelyként definiálunk) kialakulására, és a hálózatelemzést ökonometriai eljárásokkal ötvözi. A kiberhely központi eleme Batty (1997) virtuális földrajzról alkotott koncepciójának, amelyet ő a *kibertér*² hagyományos térre való kivetítéseként határozott meg. A többi internetfogalomhoz hasonlóan (pl. internetes *szupersztráda*, *teleingázás*) a kiberhely és a kibertér földrajzi metaforák. Amellett, hogy az internet összetettségének megértésére szolgálnak, ezek a metaforák az internet területi dimenzióhoz való szoros kötöttségét tárják fel (Graham 1998). Egyéb társadalmi és gazdasági tevékenységhez hasonlóan, melyek „térben valósulnak meg és helyet foglalnak” (Swyngedouw 1993, 305.), a személyek és szervezetek közötti *virtuális interakciók* színtereként az internet szükségszerűen tartalmaz földrajzi építőelemet is. Batty fogalmait követve a virtuális földrajz elemei közül a kiberhely felelős leginkább az internet helyhez kötöttségéért, méghozzá valóságos földrajzi jellemzői miatt (Malecki 2002).

A korai értelmezések ellenére, melyek az internet helytől független jellegét emelték ki (Mitchell 1995), a fenti elemzés rávilágít arra, hogy szükség van a területi dimenzió további feltárására. Az internet gyors elterjedése számos területen generált kutatási kérdéseket, melyek az információs és kommunikációs technológiák (IKT) hatását determinisztikus módon értelmezték a következő metaforákkal: telekunyhók (Toffler 1980), határok nélküli világ (Ohmae 1995), a városok halála (Drucker 1998; Gilder 1995; Kolko 1999), a földrajz vége (O'Brien 1992) és a távolság halála (Cairncross 2001). Ugyanakkor ezeket a narratívákat – melyek közül Friedman (2005) *És mégis lapos a Föld* (The world is flat) című bestsellere a legújabb – nem igazolták empirikus vizsgálatokkal és tényszerű bizonyítékokkal. Habár mindannyian tudjuk, hogy a „városok élnek és jól vannak” (Malecki 2002, 419.), nem rendelkezünk még kellő empirikus tudással az internet és a fizikai tér közötti kapcsolatáról, és legfőképpen arról, hogy a távolság jelentős szerepet tölt-e be a virtuális földrajzban.

A távolság halálának tézise ellenére a földrajzi közelségnek fontos gazdasági szerepe van: ez idézi elő az agglomerációs előnyöket, ez támasztja alá a regionális közgazdaságtant, és olyan alapvető elméleti hozzájárulások alapját teremti meg, mint a központi helyek elmélete vagy az új gazdaságföldrajz (Partridge, Rickman, Ali, Olfert 2008). Rietveld és Vickerman (2004, 241.) „kétségtávol korainak” jellemezte a „távolság halála” érvelést, amely a helytől független gazdasági tevékenység dominanciáján, az agglomerációs előnyök eltűnésén és a kommunikációs költségek elsorvadásán alapul. Polèse és Shearmur (2004) megmutatta, hogy a fizikai távolság és a város mérete továbbra is jól előrejelzik a legtöbb ipari tevékenységet, legyen az feldolgozóipar vagy szolgáltatás. Disdier és Head (2008) azt állítja, hogy a digitális forradalom ellenére a távolság nemzetközi kereskedelmet befolyásoló szerepe növekszik. Hasonlóképpen, Gasper és Glaeser (1998) arra következtetett, hogy a telekommunikációs fejlődés a személyes inter-

akciók keresletnövekedését fogja eredményezni (lásd még Brakman, Marrewijk 2008), és az interakciók központjaként a városok térszerkezetben és gazdasági tevékenységekben betöltött szerepe növekedni fog. Sinai és Waldfoegel (2004) tette fel elsőként a kérdést, hogy az internet a városok helyettesítője vagy inkább kiegészítője-e. Az online információ földrajzi határára vonatkozó adatok segítségével arra következtettek, hogy a helyi honlapok agglomerációt kiegészítő jellege kiszorítja a helyettesítő jellegét. Sőt, Forman, Goldfarb és Greenstein (2005) azt állítja, hogy bár a 100 főnél több alkalmazással működő cégek a kisebb városokban gyorsabban álltak át az internethasználatra 2000-ig, a bonyolultabb internetalapú eszközök használata a városok méretével pozitív módon korrelál.

A fent leírtak alapján a tanulmány első kutatási kérdése arra irányul, hogy a fizikai távolság szerepe fennmarad-e a digitális gazdaság keretei között. Habár tudjuk, hogy a térbeli elrendeződés és az agglomerációk fontossága a társadalmi és gazdasági tevékenységekben a digitális gazdaságban is érvényes marad, még nem ismerjük a távolság internetre gyakorolt hatását. Bár megalapozott nézet, hogy az internet súrlódáscsökkentő technológia (Cohen, Salomon, Nijkamp 2002; Cohen-Blankstain, Nijkamp 2004), a távolság és közelség hatása a kiberhelyek szerkezetére bizonytalan. Habár Wang, Lai és Sui (2003) elsődleges bizonyítékot talált arra, hogy az információ elérhetősége csökkenti a távolság szerepét, és D'Ignazio és Giovanetti (2007) rámutatott a közelség bilaterális kapcsolatleremtési döntésekben játszott szerepére az európai internetes forgalomcsere-pontok (IXP) tekintetében, még nem tudjuk, hogy az internet infrastruktúráját hogyan érintik a térbeli klaszteresedés centripetális és centrifugális erői. Egyszerűen fogalmazva, nem ismerjük, hogy a fizikai távolsághoz kapcsolódó költségek hatnak-e egy olyan komplex digitális rendszer szerkezetére, mint az internet.

Vizsgálatunk nem korlátozódik a fizikai távolságra. Más közelségtípusok is hatással lehetnek a digitális infrastruktúra szerkezetére. Massey-ra (1993) alapozva az internetet kapcsolati jelenségként értelmezzük, amely nem vizsgálható egydimenziós nézőpontból úgy, mint egy karteziánus térbeni tárgy (Graham 1998). A kiberhely háttérében húzódozó technológiai, gazdasági és társadalmi tényezők arra ösztönöznek, hogy a közelség más típusainak, például a kognitív/technológiai, szervezeti és intézményi közelség kiberhelyekre gyakorolt hatását is vizsgáljuk. A fizikai távolsághoz hasonlóan a fentieket is a kiberhelyek kialakulásának költségeiként fogjuk fel. E különböző költségek vizsgálatára olyan többdimenziós teret teremtünk, ahol a fizikai és kapcsolati közelségek egyaránt jelen vannak. Más szóval empirikusan teszteljük, hogy a Tobler (1970) által megfogalmazott „földrajz első törvénye”³ érvényesül-e a kiberhelyek kialakulásában, de a fogalmat kiterjesztjük a kapcsolati közelségekre is.

Megközelítésünk újdonsága abban rejlik, hogy bár az internet földrajzának rövid története már 15 évre tekint vissza (Malecki, Gorman 2001; Moss, Townsend 1997; Wheeler, O'Kelly 1999), a távolság hatását az internet formálására még nem tesztelték empirikusan. Ráadásul a vizsgálatok figyelmen kívül

hagyták a kapcsolati közelségnek a kiberhelyek topológiájára gyakorolt hatását. Ezek az észrevételek arra reagálnak, hogy a nem materiális, megfoghatatlan, komplex internetet a tértudományok sokszor elhanyagolják (Bakis 1981; Hepworth 1989; Kellerman 1993). Elvégre a telekommunikációs infrastruktúra akkor válik láthatóvá, amikor abbamarad a működése (Star 1999).

A tanulmány második kérdése a kiberhelyek komplex jellemzőinek térbeli hálózatok szemszögéből való vizsgálatára vonatkozik. Habár az internet komplexitását mélyrehatóan vizsgálták a komplex rendszerek szemszögéből (pl. Adamic, Huberman 2002; Faloutsos, Faloutsos, Faloutsos 1999; Pastor-Satorras, Vespignani 2004) és a skálafüggetlen hálózatok fő tesztelési területe is az internet volt (Albert, Barabási 2002; Barabási, Albert 1999), mindeztidig az internet komplexitását nem vizsgálták területi szempontból.⁴ E hiány pótlása mellett a kiberhelyek hálózatairól szerzett tudás elengedhetetlen ahhoz, hogy a digitális infrastruktúra távolsággal és kapcsolati közelségekkel való összefüggéseit értelmezzük.

A fenti kérdések empirikus teszteléséhez egy európai kiberhelyekre vonatkozó kiterjedt, aggregált adatbázist használunk, amelyet tudományunk szerint még nem alkalmaztak területi szempontból. A kutatási kérdések empirikus tárgyalására komplex hálózatelemzést és paneladatokkal bíró térbeli interakciós modelleket alkalmazunk.

A tanulmány felépítése a következő. Először a kiberhely-adatbázist mutatjuk be. Ezt követően a kiberhelyhálózat szerkezetét tárjuk fel a komplex hálózatelemzés módszereivel. Az ezután fejezet méréseket tartalmaz a közelség dimenzióinak kiberhelyek kialakulására gyakorolt hatásáról. A tanulmány a következtetések levonásával zárul.

Az adatbázis leírása

A tanulmány elemzéseiben használt fő adatbázis a DIMES projekt végterméke. Ez a sok résztvevővel dolgozó tudományos projekt az internet struktúráját és topológiáját hivatott elemezni (DIMES 2010). Az adatbázis napi 3–6 millió traceroute-mérésen⁵ alapul, amelyek több mint 10 000 szoftverágens önkéntes globális hálózatának részvételével készültek (Carmi, Havlin, Kirkpatrick, Shavitt, Shir 2007; a DIMES projekt leírásáról lásd Shavitt, Shir 2005). A DIMES projekt végső eredménye, hogy várospáronként tartalmazza az ágensek által felfedezett IP-kapcsolatokat, a DIMES-önkéntesek által felfedezett IP (Internet Protocol)-kapcsolatok földrajzi koordinátákat. Habár bármely két régió közötti, egymást átfedő kapcsolatok szintén az adatbázis részét képezik, nincs jelölve a kapcsolatok kapacitása. Ennek ellenére ez egy infrasztuktúra-típusú mérőszám, hiszen az IP-kapcsolatok városok közötti fizikai (egymást átfedő), IP-protokollt követő adatkapcsolatot jelenítenek meg.⁶

Mindazonáltal néhány fontos szempontot ki kell itt emelnünk. Először is, az adatbázis a teljes internetnek mindössze kis részét fedi le. A DIMES projekt

csak azokat az IP-kapcsolatokat tartalmazza, melyeket a DIMES-ágensek feltártak. Az ágensek a tartózkodási helyükről ismert célállomásra küldtek adatcsomagot, a kutatók pedig az ágensek által használt különböző IP-kapcsolatokat követték nyomon, ezzel az elérhető legnagyobb adatbázist alakították ki geokódolt IP-kapcsolatokból.

Az internet földrajzi elemzésének szükségszerű hiányossága, hogy sokkal inkább topológiai, mintsem földrajzi jellegű. Az internet logikai hálózatként lett megtervezve, azaz kialakításakor a kapcsolatokat topológiai alapon, nem pedig földrajzi koordinátákkal definiálták. Ezért az internet topológiai célokból (IP-címekből) álló építménye kevésbé kötődik földrajzi helyszínekhez (Dodge, Zook 2009). A rendszer földrajzi szemszögből való megértése érdekében a DIMES projekt az IP-címeket IP-regisztrációs táblák alapján geokódolja. Itt szükséges kiemelni a potenciális hitelességi problémákat. Gyakori, hogy az IP-címek tulajdonosai erre szakosodott cégek, amelyek az IP-címet bérebe adják a tartalomszolgáltatóknak (Dodge, Zook 2009). A folyamat eredményeképpen az IP-címek geokódolásból származó fizikai helye nem egyezik meg a tartalom helyével. Ez mégsem okoz torzítást számunkra, hiszen a tanulmány fókuszában a kiberhelyek és az internet fizikai infrastruktúrája áll.

Az elemzés céljából aggregáltuk az adatokat. Kezdetben az IP-kapcsolatokat a városi szinten geokódoltuk. Az adatok harmonizálása érdekében az összes európai város közötti IP-kapcsolatokat NUTS 3 szinten⁷ aggregáltuk oly módon, hogy a városok közötti kapcsolatokat régiók közötti kapcsolatokká alakítottuk. Az aggregálásból adódó régióon belüli kapcsolatok szintén a vizsgálat részét képezik. Összességében az adatbázis szinte valamennyi NUTS 3 régió közötti IP-kapcsolatok paneladatát tartalmazza a 2005–2008-as időszakra, éves bontásban. A részleteket az 1. táblázat tartalmazza.

Általánosságban, habár az internet földrajzi szempontú vizsgálatának léteznek bizonyos korlátai, a DIMES-adatbázis a leggazdagabb elérhető forrásnak tűnik az internet infrastruktúrájának földrajzi kivetítésére. A fenti korlátok ellenére a DIMES-kísérlet mérete és a DIMES-ágensek területileg szórt elhelyezkedése felhatalmaz minket az adatbázis biztonságos használatára, főképpen ha az internetre és az internet-infrastruktúrára vonatkozó földrajzi adatok eddigi hiányából indulunk ki.

1. táblázat: IP-kapcsolatok adatainak leírása
IP links data description

<i>Év</i>	<i>Régiók közötti kapcsolatok</i>
2005	22 259
2006	21 277
2007	21 756
2008	18 408
Összesen	83 700
Egyedi	44 518

Megjegyzés: az IP-kapcsolatok száma a paneladatbázisban.

A kiberhelyek hálózati szerkezete

Elemzésünk első lépésében az IP-kapcsolatok hálózatának topológiáját tárjuk fel a komplex hálózatelemzés módszereinek segítségével. A fejezetben bemutatott ötletek a *hálózatok új tudományának* eredményein alapulnak (Barabási 2002; Buchanan 2002; Watts 2003, 2004), amely analitikus kutatási területként nagyméretű valós hálózatok általános, szerkezeti és statisztikai jellemzőire koncentrált (Newman 2003). A tény ellenére, miszerint a komplex hálózatelemzés kezdetét a (statisztikus) fizika jelentette, erős párhuzamosságok vannak a komplex hálózat-elemzés és a regionális tudomány között, mivel az utóbbi hagyományosan erős érdeklődést tanúsít az interregionális rendszerek és hálózatok összefüggései iránt (Cornell University 2010). Míg a regionális tudomány a térszerkezetre fókuszál, addig a hálózatelemzés a topológiai szerkezetet kutatja; és míg előbbi a működési formák gazdasági jelentését hangsúlyozza, utóbbi a működési formák kapcsolódási jellemzőit nyomatékosítja (Reggiani 2009; Reggiani, Nijkamp 2009). A komplex hálózatelemzés olyan eszköz, amely a kiberhelyek topológiai elrendeződésének kapcsolati mintáit hivatott feltárni. Ennek megértése szükséges lépés az elemzés második részéhez, ahol a távolság és különböző kapcsolati közelségek hatását vizsgáljuk a kiberhelyek topológiájára.

A 2. táblázat a kiberhelyek hálózatának 2005-re és 2008-ra vonatkozó néhány alapvető statisztikai információját tartalmazza. Habár úgy tűnhet, hogy a kiberhelyek mérete az évek során csökkent, ez a DIMES projekt során felmért IP-kapcsolatok számára vonatkozik, és nem magára a teljes internetre, így tehát nem tudunk következtetni a kiberhelyek méreteinek változására. Mindazonáltal a hálózat topológiájának változását figyelemmel tudjuk kísérni. Bár a 2008-as elemzés kevesebb IP-kapcsolatot tartalmaz, a *fokszámcentralitás* átlagos és maximális értékei növekedtek, utóbbi majdnem megduplázódott a vizsgálati időszak alatt. A fokszámcentralitás egy kapcsolati mutatószám, ebben az esetben az egyes régiókban a DIMES-ágensek által egy év alatt feltárt IP-kapcsolatok összegét jelenti.⁸ Az érték átlaga és maximuma az összes hálózati csomópont át-

2. táblázat: Hálózati statisztikák
Network statistics

Év- szám	Európai csomó- pontok száma	Európán belüli IP- kapcsolatok száma	Átlagos fok- szám ^a	Maximális fokszám ^a	Gini- koefficiens	Sűrűség ^a	Átlagos távolság ^a	Átlagos távolság véletlen hálózat esetén	Csomó- sodási együtt- ható ^a	Csomósodási együttható véletlen hálózat esetén
2005	1376	23 352	1084	44 313	0,727	0,024	2,295	2,831	0,71	0,012
2008	1276	19 521	1490	77 692	0,741	0,023	2,176	2,891	0,69	0,012

Megjegyzés: a fenti hálózati statisztikai mérőszámok a hálózati topográfia feltárásának elfogadott mutatói (lásd például Tranos 2011).

^a Ezekhez a mutatókhoz Európa más kontinensekhez való kapcsolódásait is figyelembe vettük.

lagára és maximumára utal. A mutatószám a hálózat topológiai jellemzőit tükrözi, ebben az esetben az átlag és a maximum különbsége néhány nagyon sok kapcsolattal rendelkező csomópontokra utal, amelyek központi csomópontként működnek a hálózatban. A kapcsolatok eloszlásának egyenlőtlenségét a Gini-koefficienssel illusztráljuk. E mérőszám szerint az összeköttetések igen egyenlőtlenül oszlanak el mindkét évben. Szintén figyelemreméltó, hogy az egyenlőtlenség majdnem állandó a két évet tekintve.

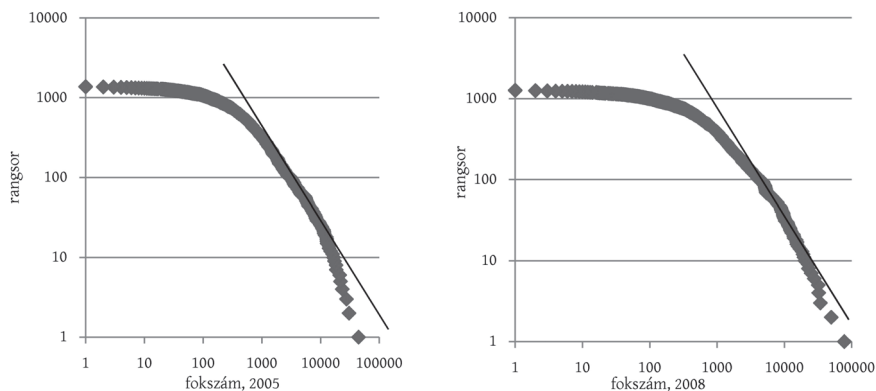
Az IP-kapcsolatok európai régiók közötti egyenlőtlen eloszlása hatékony kiberhelyekre utal, hiszen a kiberhelyek nagyon alacsony sűrűsége ellenére az átlagos hálózati távolság kivételesen alacsony. A komplex hálózatelemzési keretben a távolság nem euklideszi távolságnak felel meg, hanem a két csomópontot egymástól elválasztó csomópontok számával egyenlő.⁹ A kiberhelyek esetében bármely két régiót átlagosan egy közvetítő régió választ el egymástól, aminek eredményeképpen a hálózati távolság kicsit magasabb 2-nél. Ez utóbbi érték azért utal a hatékonyságra, mert jelzi, hogy a hálózat mekkora legrövidebb úton képes adatot továbbítani.

A hálózat fenti tulajdonságai a kiberhelyek kisvilágjellemzőinek is tulajdoníthatók. Ez utóbbi fogalom egy széles körűen használt hálózati modell, amelynek a fő tulajdonsága, hogy erős belső kapcsolatokkal rendelkező klikkek léteznek benne,¹⁰ és ezek globális összekötöttsége az egymástól távoli klasztereket összekötő néhány kapcsolatnak köszönhető (Watts, Strogatz 1998). Ez az elméleti hálózati modell igen népszerűvé vált, mivel sokszor alkalmazható valós hálózatokra. A kiberhelyek kisvilágjellege a rövid átlagos távolságból – amely rövidebb, mint ha a hálózat véletlenszerűen épülne fel – és a magas csomósodási együttthatóból vezethető le – amely magasabb, mint ha a hálózat véletlen lenne.

Ez utóbbi mellett a kisvilágtípusú hálózatok egyik fontos tényezője az elemek fokszámcentralitásának eloszlása, amely megkülönbözteti azt egy másik, széles körűen alkalmazott hálózati típustól, a skálafüggetlen hálózatoktól. A *skálafüggetlen* hálózatokra is jellemzők a kisvilághálózatok fenti tulajdonságai, de az elemek fokszámcentralitása hatványfüggvény-eloszlást követ, a kisvilágtípusú hálózatokkal szemben, amelyekben exponenciális ez az eloszlás. Az eltérő eloszlások a két hálózattípus közötti, a csomópontok heterogenitásban megnyilvánuló különbségeket tükrözik: míg a hatványfüggvény-fokszámeloszlás néhány nagyon magas fokszámú elemet takar az óriási számú, kevés kapcsolattal bíró elem mellett (Barabási, Albert 1999), a kisvilághálózatok exponenciális eloszlása szorosan kapcsolódó klikkekkel és kevésbé heterogén csomópontokkal jellemezhető.¹¹ Newmant (2005) követve a fokszámeloszlási görbe a *kumulált fokszámfüggvényből* becsülhető, amelyet az inverz rangsor pontdiagramjával ábrázolhatunk. A kumulatív fokszámfüggvény 2005-ös és 2008-as évekre vonatkozó értékeit az 1. ábrán mutatjuk be.

A pontok mindkét évben két különböző eloszlás jelenlétét mutatják: az egyenes vonal a hatványfüggvény, amely az IP-hálózat legtöbb kapcsolattal rendelkező elemei között érvényesül, míg a kevesebb kapcsolattal rendelkező elemek között exponenciális eloszlást figyelhetünk meg. A kumulált fokszámel-

1. ábra: A NUTS 3 régiók IP-kapcsolatokon alapuló kumulált fokszámeloszlása
Cumulative degree distribution of NUTS-3 regions based on IP links



oszlás duális jellege egy levágott hatványfüggvény-eloszlást jelöl, hiszen az nem figyelhető meg a teljes hálózaton, csak a legtöbb kapcsolattal rendelkező csomópontok esetében. Ezt a megfigyelést statisztikailag OLS-regresszióval és log-log transzformáción alapuló görbebecsléssel is alátámasztották (Faloutsos, Faloutsos, Faloutsos 1999; Gorman, Kulkarni 2004; Patuelli, Reggiani, Gorman, Nijkamp, Bade 2007; Schintler, Gorman, Reggiani, Patuelli, Gillespie, Nijkamp, Rutherford 2004; Reggiani, Bucci, Russo 2010; Tranos 2011). Az OLS-regresszió eredményeit a 3. táblázatban mutatjuk be, ahol három különböző eloszlást teszteltünk: az exponenciális, a skálafüggetlen és a levágott hatványfüggvényt (Tanner-függvény).

$$p(x) \propto e^{-ax}, \quad (1)$$

$$p(x) \propto x^{-a}, \quad (2)$$

$$p(x) \propto x^{-a} e^{-\lambda x}. \quad (3)$$

Az OLS-regresszió eredményei igazolták vizuális megfigyelésünket, miszerint mindkét év eloszlásához a Tanner-függvény illeszthető legjobban.¹² Tehát a NUTS 3 régiók szintjén aggregált európai IP-hálózat nem tisztán skálafüggetlen

3. táblázat: A fokszámeloszlás illeszkedése
Degree distribution fit

Évszám	N	Exponenciális		Skálafüggetlen		Tanner-függvény		
		R ²	Együttható	R ²	Együttható	R ²	Hatványegyüttható	Exponenciális együttható
2005	1376	0,679	0,0003	0,733	-0,481	0,909	-0,323	-0,0002
2008	1276	0,632	0,0002	0,712	-0,435	0,889	-0,305	-0,0001

Megjegyzés: OLS-regressziót és ennek megfelelő transzformációkat végeztünk az eloszlásoknak való megfelelés becslésére.

szerkezetű. Területi szempontból ezt úgy értelmezhetjük, hogy az IP-kapcsolatok agglomerációs hatásai csak néhány, csomópontként működő régióban érzékelhetők. Ugyanakkor az exponenciális eloszlás jelenléte a kevésbé kapcsolódó régiók klaszteresedésére utal, ezek homogénebb természetűek, mint ha skálafüggetlen és hierarchikus eloszlást észlelnénk. Habár a fenti vizsgálatok érdekes bepillantást nyújtanak az infrastrukturális rendszer globális (teljes hálózatra vonatkozó) jellemzőibe, nem szolgálnak információval a kapcsolatok létrejötte mögötti mechanizmusokról. Ebben az irányban továbbhaladva a következő fejezetben kifejtsük a fizikai távolság és a kapcsolati közelségek hatását a komplex hálózat kialakulására. Az ebben a fejezetben szerzett tudást a különböző közelségtípusok komplex hálózatra gyakorolt hatásának értelmezésére alkalmazzuk.

Kiberhelyek és közelségek

A fejezet fókuszában a távolság kiberhelyekre gyakorolt hatásának vizsgálata áll, továbbá az empirikus vizsgálatban a kapcsolati közelség kiberhelyekre gyakorolt hatása is szerepel. Ez utóbbi az ígéretes eredmények mellett a távolság (más szóval a földrajzi közelség) szerepének kapcsolati közelséggel összevetett tesztelését is lehetővé teszi. A kapcsolati közelség többdimenziós fogalom, magába foglalja a kognitív, szervezeti és intézményi közelség fogalmait. A fő hipotézis szerint a távolság és a kapcsolati közelség is hatással van a kiberhelyek szerkezetére és a helyek közötti IP-kapcsolatok intenzitására. Mindemellett a távolság korlátozó (negatív) hatása szignifikáns marad még a kapcsolati közelségekkel való kiegészítés után is. A vizsgálat fogalmi kerete egy általánosított térbeli interakciós modell, amely szerint az i és j közötti IP-kapcsolatok száma (IP_{ij}) i és j jellemzőitől (A_i és B_j), valamint az i és j közötti különböző közelségtípusoktól ($F(d_{ij})$) függ.

$$IP_{ij} = A_i B_j F(d_{ij})$$

Az ökonometriai részletek és a fenti nem korlátos térbeli interakciós modell eredményeinek bemutatása előtt a kapcsolati közelség különböző típusait és a kiberhelyek keretében való számszerűsítésüket mutatjuk be.

Kapcsolati közelségek

A közelség különböző dimenzióinak meghatározása a francia Proximity Dynamics kutatócsoportban kezdődött, amely a vállalkozások és szervezetek területi dimenzióját vizsgálta. Az ipargazdasági szakértők e csoportjának fő célja az volt, hogy az innováció dinamikájának jobb megértése érdekében bevonják vizsgálataikba a térbeliséget és a területi közelség egyéb elemeit (a francia Proximity

Dynamics kutatócsoport áttekintését lásd Torre, Gilly 2000). A második kapcsolódó kutatási lépés az innovációval és a területi tanulással függött össze az evolúciós gazdaságföldrajz tág keretében. A közelség jelenségét és annak különböző elemeit a tudástranszferrel és tudásteremtéssel, a hallgatóságos tudással és a tanuló régiókkal hozták összefüggésbe (Boschma 2004).

E megközelítések közös alapja a nem területi típusú közelségek fontosságának elismerése az innovációteremtésben. Habár ez utóbbi nem tárgy jelen tanulmányunk, kölcsönvesszük a különböző közelségtípusok fogalmait, újradefiniáljuk és használjuk őket új empirikus keretünk kialakításához, hogy a közelség típusainak kiberhelyekre gyakorolt hatásait mérjük. Elvégre a távolság és a közelség mindössze azoknak a költségeknek az ellentétes oldalát jelenítik meg, melyeket az internet-szolgáltatók figyelembe vesznek a kapcsolatok kialakításakor. A francia kutatócsoport meglátásaiból kiindulva két közelségtípust különböztethetünk meg: *földrajzi és szervezeti* (Torra, Rallet 2005). Előbbi könnyebben értelmezhető, a fizikai távolságot jelenti. Mindazonáltal a földrajzi közelség eltérő értelmezései szintén használhatók, hiszen azt nemcsak az euklideszi távolság, hanem a szállítási költségek és az elérhetőség is befolyásolhatja. Esetünkben a földrajzi közelséget két NUTS 3 régió központja közötti euklideszi távolsággal ragadjuk meg, amely a várakozásaink szerint negatív hatással van az IP-kapcsolatokra.

A földrajzi közelségtől eltérően a szervezeti közelség kapcsolati jelenség, egy szervezet tagjai közötti kapcsolatok erősítésének képességét jelenti. A fogaalom háttérében álló érvelés szerint az azonos szervezetben részt vevő tagok könnyebben működnek együtt, mint ha más szervezetek tagjai lennének. A meglátás két különböző logikára épül (Torre, Gilly 2000): a) a tapadás logikájára, amely szerint a szervezeti értelemben közel lévő szereplők (cégek, hálózatok stb.) ugyanazon kapcsolati térben helyezkednek el; valamint b) a hasonlóság logikájára, amely szerint a szervezeten belül lévő szereplők hajlamosak hasonlítani egymásra. Mindehhez nagyon hasonlóan Boschma a *szervezeti közelséget* „a kapcsolatok szervezeti berendezkedésben való, szervezeten belüli vagy azon kívüli megosztásaként” definiálta (Boschma 2005, 65.). Mivel a digitális infrastruktúra az IP-kommunikáció várt igényéhez alkalmazkodik, azt várhatjuk, hogy az IP-kapcsolódások erősebbek azok között a helyek között, amelyek egymáshoz szervezeti értelemben közelebb vannak.

A szervezeti közelség kiberhelyek kontextusában való használatának fő nehézsége vizsgálatunk aggregált szintjéből adódik. Valójában a kapcsolati közelség típusait először a cégek szintjén határozták meg. Mindazonáltal amellet érvelünk, hogy ez a megközelítés a régiók aggregált szintjén is értelmezhető, mert a cégek nem vákuumban működnek. Épp ellenkezőleg, az agglomerációs erők szignifikáns hatással bírnak a cégek letelepedésére. A szervezeti kapcsolatok régiós szintű összegzése a régió szervezeti profiljába enged betekintést. A közelség e típusának mérésére a GaWC globális városrangsorát használtuk (GaWC 2008). Ez egy jól ismert megközelítés a világvárosok kutatásában, amely szerint a városhierarchiák azoknak a kapcsolatoknak köszönhetőek, amelyeket a

fejlett szolgáltató cégek alakítanak ki a világ többi pontjával. Taylor (pl. 2004) ahelyett, hogy a városokat közvetlenül csomópontokként használná, egy harmadik, csomópont alatti szintet hozott létre annak érdekében, hogy a „világváros-hálózat kialakításáért elsősorban felelős” szereplőket bevonja a vizsgálatba (Taylor 2004, 58.). Sassen (1991) példáját követve meghatározta azon fejlett szolgáltatásokat, amelyek a városhálózat kialakításának főszereplői. A világváros-hálózat legutóbbi változata (Taylor, Ni, Derudder, Hoyler, Huang, Witlox 2010) 175 multinacionális szolgáltató cég kapcsolati adatain alapul. A cégen belüli kapcsolatok felhasználásával 525 város névsorát alkották meg. Erre a munkára alapozva egy dummy változót vezetünk be, amely 1-es értéket vesz fel akkor, ha mindkét egymással kapcsolatban lévő elem szerepel Taylor világvároslistáján. Ez a szervezeti közelség a virtuális kapcsolatok aggregált mérőszáma: a digitális infrastruktúra két, kiterjedt globális kapcsolathálóval rendelkező város között várhatóan nagyobb, mint a mérsékelt globális kapcsolatokkal rendelkező városok között.

A francia iskola közelségfogalmaira építve Boschma (2005) a közelséget ötdimenziós jelenségként vizsgálta. Fogalmi keretének a *kognitív közelség* a kiindulópontja, amelyet a különböző szervezetek tudásbázisának hasonlóságaként definiál (Balland 2011; Nooteboom 2000). Szervezetek együttműködnek, kapcsolatokat és hálózatokat építenek ki a lehetséges partnerek tudásháttérének megfelelően (Boschma 2005). A tanulási folyamat összetettsége a kognitív közelség tanulásra gyakorolt nemlineáris hatásában mutatkozik meg. A tudás-transzfer, tudásszerzés vagy tudásteremtés érdekében a kognitív közelség optimális szintjére van szükség, mivel túl sok kognitív közelség kirekeszti az újdonság lehetőségét az interakcióból; míg ezzel ellentétben túl nagy kognitív távolság kommunikációs nehézségeket eredményez (Nooteboom 2000).

A szakirodalom erőfeszítései ellenére a kognitív közelség továbbra is meglehetősen homályos fogalom, és nehéz számszerűsíteni. Szoros kapcsolat azonosítható a kognitív közelség és a technológiai hasonlóság között. Míg egyes szerzők gyakrabban különböztetik meg e két típust, mint nem (pl. Knoblen, Oerlemans 2006), ezeket a fogalmakat egymás szinonimájaként kezelték empirikus kutatásokban (pl. Marrocu, Paci, Usai 2011; Walukiewicz 2007). A kognitív közelség két szervezet vagy régió tudásbázisának hasonlóságát jelenti, ezzel szemben a technológiai közelség a gazdasági szereplők technológiai ismereteinek hasonlóságát tükrözi (Dangelico, Garavelli, Petruzzelli 2010). A kognitív és a technológiai közelség empirikus meghatározásának példái többek között a szervezetek humántőke-típusú készségeit (Crisuolo, Salter, Wal 2010), a cégek gazdasági tevékenységét és technológiai osztályozását (Broekel, Boschma 2011) és a szabadalmak használatát érintik (Dangelico, Garavelli, Petruzzelli 2010). Erre való tekintettel – és a tanulmány fő kutatási témájának erősen technológiai jellege miatt – két dummy változót vezetünk be a technológiai közelség megragadására a digitális infrastruktúrával összefüggésben. Az első változó azon IP-capcsolatok esetében egyenlő 1-gyel, amelyek az IP-hálózat topológiai magjá-

nak részét képező régiókat kötnek össze. A második dummy változó értéke 1, ha az IP-kapcsolat egy periférikus és egy központi régiót köt össze. Az IP-hálózat központját és a perifériáját az elemek fokszámeloszlásának első és negyedik kvartilisében való elhelyezkedéssel határoztuk meg. Ezek a változók is tükrözik az előző szakaszban bemutatott értékelést a fokszámeloszlás és a legerősebben összekapcsolódó csomópont tekintetében. Az endogenitási problémák elkerülése érdekében – mint ahogyan az előző részben is tettük – a fokszámeloszlás meghatározása során az európai és az Európán kívüli régiók közötti IP-kapcsolatokat is belevettük az elemzésbe. A regresszióban megjelenő előjelnél pozitív hatást várunk a központ–központ dummy változótól, mivel a központi IP-csomópontok szükségszerűen intenzíven kapcsolódnak egymáshoz, hiszen a küllőszerűen hozzájuk kapcsolódó pontok globálisan rajtuk keresztül csatlakoznak egymáshoz. Másrészt a csomópontok és küllők kapcsolata kevésbé fontos a hálózat egésze szempontjából, ezért negatív hatást várunk a központ–periféria változótól.

Ezen túlmenően a francia iskola az intézményi közelség fogalmát is javasolta figyelembe venni (Kirat, Lung 1999). North (1993) definíciója nyomán az intézményeket formális szabályok és informális korlátok egységeként (beleértve a magatartási és társadalmi normákat) határozzuk meg, míg a szervezetre azonos tevékenységet végző szereplők csoportjaként tekintünk. Egyszerűen fogalmazva, a szervezetek határozzák meg a szereplők viselkedését és stratégiáit az őket körülvevő intézményi ökoszisztéma közegében (Kirat, Lung 1999). A mi vizsgálatunkban – Hoekman, Frenken és van Oort (2009) munkáját követve – az intézményi közelséget akképpen határozzuk meg, hogy két régió ugyanabban az országban van-e vagy sem. A definíció alapjául szolgáló feltételezés szerint két azonos országban lévő, tehát azonos intézményi jellemzőkkel bíró régió között magasabb szintű digitális interakció várható, mint két, különböző országokban lévő régió között. Így a digitális infrastruktúra a közeli helyek között intézményi szempontból várhatóan intenzívebb, mint a távoli helyek között. Emiatt dummy változónk 0 értékkel jelöli az IP-kapcsolatokat eltérő országban lévő régiók között, és 1 értékkel az azonos országon belüli IP-kapcsolatok esetében. Ezen túlmenően az elfogadott elemzési szint lehetővé teszi számunkra, hogy még részletesebb intézményi tulajdonságokat ragadjunk meg, mivel az alkalmazott városrégiót mint területi egységet bizonyos fokú funkcionális integráció jellemzi. Ennek alapján feltételezhető, hogy az intézményi közelség pozitívan befolyásolja az azonos régióban elhelyezkedő két város közötti digitális infrastruktúrát. Így az intézményi közelség második dummy változója 1 értéket vesz fel a régióon belüli IP-kapcsolatok esetén, és 0 értéket annak hiányában.

Összesen hat változót vezetünk tehát be a közelség négy különböző típusainak jelzésére (földrajzi (1 db), kognitív (2 db), szervezeti (1 db) és intézményi (2 db)), amelyeket a közelség kiberhelyek kialakulására gyakorolt hatásának elemzésére fogunk használni. Ezen kívül az összekapcsolt régiók lakosságának létszámbeli különbségét jelző változót is belevettünk a modellbe, hogy a méret hatásait ellenőrizni tudjuk. A témához hasonló korábbi kutatások hiánya miatt

4. táblázat: Közelségtípusok és kapcsolódó változók
Proximity types and related variables

A közelség típusa	Változók	Adatforrás	A változó jelölése	Várt előjel
Földrajzi	Fizikai távolság, km (természetes logaritmus)	Saját számítás	$dist_ln_{ijt}$	-
Kognitív	Központból központba (IP)	Saját számítás	$c2c_{ijt}$	+
	Központból perifériába (IP)	Saját számítás	$c2p_{ijt}$	-
Szervezeti	Világvárosok	GaWC, saját számítás	$gawc_{ij}$	+
Intézményi	Országon belüli virtuális interakció	Saját számítás	$cntr_{ij}$	+
	Régióon belüli virtuális interakció	Saját számítás	$inter_{ij}$	+
Népesség	Népességszám-eltérés (természetes logaritmus + 1)	Eurostat, saját számítás	$pop_diff_ln_{ijt}$?

nehéz előrejelezni, hogy van-e a nem hasonló agglomerációk közötti IP-kapcsolatok megteremtésének többletköltsége. A változók rövid leírtása a várt előjelekkel a 4. táblázatban található.

Empirikus eredmények

Annak érdekében, hogy megvizsgáljuk a fizikai távolság és egyéb közelségtípusok hatását a kiberhelyek kapcsolatainak intenzitására, a 4. egyenletet kibővítettük a következő egyszerű nem korlátos térbeli interakciós egyenletté:

$$\begin{aligned} \ln(IP_{ijt}) = & a_0 \ln k + a_1 IP_ln_{it} + a_2 IP_ln_{jt} + a_3 t_2 + a_2 t_3 + a_5 t_4 + b_1 dist_ln_{ij} + b_2 c2c_{ijt} + \\ & + b_3 c2p_{ijt} + b_4 gawc_{ij} + b_5 cntr_{ij} + b_6 inter_{ij} + b_7 pop_diff_ln_{ijt} + b_7 \sum_{s=1}^N cntr_{ij}^s + \varepsilon_{ijt} \end{aligned}$$

A függő változó az i és j régiók közötti 2005 és 2008 között számolt IP-kapcsolatok természetes logaritmus. A jobb oldali változók a közelség azon különböző típusait jelenítik meg, melyeket a 2. táblázatban bemutatunk. Ezek mellett a $\sum_{s=1}^N cntr_{ij}^s$ formula egy sor dummy változót tartalmaz, amelyek a nem észlelt ország-ország hatásokat mérik. Összességében 34 európai ország szerepel a vizsgálatban. A lehetséges 561 ország-ország kombinációból 508 különböző ország-ország pár szerepel a NUTS 3–NUTS 3 régiók kapcsolataiban. Továbbmenve, az IP_ln_{it} és IP_ln_{jt} a tömeget fejezi ki a newtoni képlet alapján, amelyet ebben az esetben az IP-kapcsolatok súlyozott fokszámcentralitásának természetes logaritmusával mértünk. Egyszerűen kifejezve ezek a változók az i -ben és j -ben végződő IP-kapcsolatok összegét jelölik. Ki kell térnünk rá, hogy a változók számításakor nem pusztán az Európán belüli város-város kapcsolatokat vettük figyelembe, hanem az európai városok más világrészekkel kiépített kapcsolataival

is számoltunk. Azért döntöttünk így, hogy jobban tükröződjön i és j kiberhelyben betöltött átfogó fontossága. Végül, t_2 - t_4 éves hatásokat is figyelembe vettük a regresszió felépítésénél, α_0 a minden évre és régiópárra érvényes közös hatás, ε_{ijt} pedig a hibátag.

Ahelyett, hogy a fenti modellt keresztmetszeti módon vizsgálánánk, paneladatokat használunk. Főként azért, mert a paneladatok lehetővé teszik a kutató számára a hiányzó vagy nem észlelt változók ellenőrzését (Hsiao 2003). Gyakori probléma a keresztmetszeti modellek esetében a kihagyott változók és a nem észlelt heterogenitás által okozott torzítás. Ráadásul az IP-kapcsolatok közötti, a nyomkövetési folyamatból adódó lehetséges szelekciós torzítás jobban kezelhető panelmódszerekkel. Röviden, a paneladat-meghatározás csökkenti a torzított becslés kockázatát (Baltagi 2001).

Bár a paneladatok használatával fontos előnyöket érünk el, meg kell említenünk módszertani hiányosságokat is. A szakirodalom szerint a leggyakrabban használt panelmodellek a *fixhatás*- és a *véletlenhatás*-modellek (Wooldridge 2003). Mivel a tanulmány fő célja a különböző közelségtípusok kiberhelyek formálására gyakorolt hatásának értékelése, a véletlenhatás-modellek első ráérzésre kedvezőbbek, mert a fix hatás a belső becslőtagok első differenciáló folyamata során a legtöbb időfüggetlen közelségváltozó kieséséhez vezetne (pl. Brun, Carrere, Guillaumont, de Melo 2005; Etzo 2011). Mindazonáltal a véletlenhatás-modell alkalmazása nem adja magát ingyen: a véletlenhatás-becslések konzisztenciája érdekében a nem észlelt véletlen hatások nem korrelálhatnak a független változókkal. Például a közelségváltozók endogének lehetnek és korrelálhatnak figyelmen kívül hagyott változókkal, ami hatással van a régiók közötti IP-kapcsolatok felépítésére (Baier, Bergstrand 2001). Ebben az esetben az endogén változók instrumentálása szükséges ahhoz, hogy torzítatlan becslést kapjunk. Azonban ez az instrumentálás nem könnyű feladat a kiberhelyek összetett jelensége és a korábbi kutatások hiánya miatt. Ezért kétirányú fixhatásbecslést alkalmaztunk a becslési problémák megoldása érdekében. Ez a változat különbözik a szokványos fixhatás-modellektől, mert a nem észlelt hatásokat két dimenzióban közelíti meg (Baltagi 1995). Így az 5. egyenletből származó ε_{ijt} hibátag a következőképpen vizsgálható: $\varepsilon_{ijt} = \mu_{it} + \lambda_{jt} + v_{ijt}$. Ebben az esetben μ_{it} és λ_{jt} i és j egyben időspecifikus hatásai, v_{ijt} a hátramaradó sztochasztikus zavaró hatás. A kétirányú fixhatásbecslés i és j időspecifikus hatásainak figyelmen kívül hagyását eredményezi (pl. az időben változó tömeg tényezőit a newtoni egyenletben), úgyszintén kiesnek az éves hatások és lehetővé válik a távolság és egyéb kapcsolati közelségek hatásának becslése. Szükséges megemlítenünk, hogy ez a becslés nem számol a várospárok szintjén megvalósuló lehetséges szelekcióval és megelőlegezéssel. Habár nem jósolunk endogenitási problémákat, a későbbi kutatás során ezeket a kérdéseket is tárgyalni kell.

Az it és jt hatásainak magas dimenzionalitása miatt a modell becslése kifinomultabb módszereket igényel, mint a dummy változók bevonása és a közbülső transzformációk. A számítási problémákon való felülemelkedés érdekében a Stata felsdvreg algoritmusát használtuk (Cornelissen 2008). Ez az algoritmus egy lineáris

regressziós modellt becsül két magas dimenzionalitású fix hatással: egy hatást ki-
 külsőből a belső transzformáció, a másik pedig dummy változóként kerül be a
 modellbe. Az algoritmus mellőzi a dummy változók létrehozását, és a csoportazo-
 nosítók által biztosított információ alapján keresztszorzatmátrixot készít a legki-
 sebb négyzetek módszere számára. A módszer másutt FEILSDVj jelöléssel szerepel
 a fix hatás és a legkisebb négyzetes dummyváltozó-modellek kombinálása miatt
 (Andrews, Schank, Upward 2006). A kétirányú fixhatásbecslés mellett OLS-, vélet-
 lenhatás- és Poisson-becslést is készítettünk az érzékenységi tesztelés érdekében.

Az 5. táblázat a térbeli interakciós modell különböző részleteinek eredmé-
 nyeit mutatja be. A regresszió az első oszlopban csak a fizikai távolság hatását
 és természetesen a fix hatásokat becsülte, az IP-kapcsolatok intenzitására a tá-
 volság negatív hatása figyelhető meg. Tehát két hely közötti távolság 1%-os nö-
 vekedése a két hely közötti IP-kapcsolatok számának 1,2%-os csökkenését
 eredményezi. A távolság és a kapcsolati közelségek kiberhelyek kialakulására
 gyakorolt együttes hatásának vizsgálatára a kapcsolati közelség változót foko-
 zatosan vezetjük be a regresszióba. Először a kognitív közelség hatását tárjuk
 fel. Az elemzés a régiók közötti digitális kapcsolatok létrehozásának költségeit
 tárja fel az IP-infrastruktúra különböző szintjein. Míg a központi és periférikus
 régiók közötti kapcsolatok kedvezőtlen hatásúak a kapcsolat intenzitása szem-
 pontjából, ennek az ellenkezője érvényes a központ–központ IP-kapcsolatokra
 (2. oszlop). Ebben a Tanner-függvény részben hierarchikus csomópont–küllő
 topológiája tükröződik, amelyet az előző részben mutattunk be. Az IP-kapcola-
 tok várhatóan erősebbek lesznek a csomóponti helyszínek között, mint a cso-
 móponti és a periférikus régiók között, figyelembe véve a korábbi kapcsolatok
 teljes hálózatban betöltött funkcionális rendszerszerepét is. Ugyanakkor az IP-
 kapcsolatok létrehozásának költségei várhatóan alacsonyabbak lesznek az erő-
 sen kapcsolódó helyeken a helyi tudás és az ehhez kapcsolódó humán tőke mi-
 att. Meg kell jegyezni, hogy a központ–központ változó elveszíti jelentőségét,
 amint a régióon belüli IP-kapcsolatokat megjelenítő szervezetiközelség-változót
 is bevezetjük a modellbe (lásd például 7. és 8. oszlop). Bár a technológiai közeli-
 ség az IP-kapcsolatok intenzitásának jelentős előrejelzője, a távolság rugalmas-
 sága csak kis mértékben csökkent a változó bevezetése után.

A szervezeti közelség szintén pozitív hatással van a kiberhelyek alakulására.
 Sőt, az IP-kapcsolatok intenzitása magasabbnak tűnik azon régiók között, amelyek
 részei a világvárosok hálózatának. Az összefüggés mögött az a megnövekedett ke-
 reslet áll, amely a globális gazdaságban intenzíven összekapcsolódott városok kö-
 zött tapasztalható. A változó pozitív hatása úgy is megközelíthető, mint a digitális
 gazdaság fontosságának igazolása a világváros-hálózat kialakulásában, hiszen a di-
 gitális infrastruktúra a kölcsönös globális városi függőségek egyik alapvető rétege
 (Tranos 2011). A szervezeti közelség változójának modellbe való felvétele nem be-
 folyásolja a fizikai távolság fontosságát a kiberhelyek kialakulásában (3. oszlop).

Az intézményi közelség egy másfajta hatást ragad meg, amely pozitív hatással
 van a kiberhelyek kialakulására. A 4. oszlop az országon belüli IP-kapcsolatok iránti

Függő változó: IP_{ijt}	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
$dist_{ln_{ij}}$	-1,204 (131,00)***	-1,169 (126,88)***	-1,164 (126,36)***	-0,576 (54,59)***	-0,56 (51,15)***	-0,463 (39,15)***	-0,59 (50,23)***	-0,294 (25,80)***
$IP_{ln_{it}}$	Kizárva							
$IP_{ln_{jt}}$	Kizárva							
$c2p_{ijt}$		-0,451 (16,96)***	-0,398 (14,87)***	-0,526 (20,83)***	-0,5 (19,08)***	-0,528 (20,42)***	-0,419 (15,98)***	-0,423 (17,18)***
$c2c_{ijt}$		0,662 (15,63)***	0,652 (15,43)***	-0,025 (0,60)	0 (0,00)	0,057 (1,34)	0,409 (9,67)***	-0,048 (1,2)
$gawc_{ij}$			0,599 (14,62)***	0,297 (7,68)***	0,272 (6,51)***	0,36 (8,62)***	0,133 (3,15)***	0,304 (7,66)***
$cntr_{ij}$				2,489 (74,81)***	2,422 (69,02)***	5,224 (2,09)**	6,881 (2,70)***	2,688 (0,95)
$inter_{ij}$				2,322 (66,99)***	2,337 (48,67)***	2,339 (49,14)***		1,753 (38,31)***
$pop_diff_{ln_{ijt}}$					-0,003 (0,50)	-0,012 (1,74)*	-0,234 (46,21)***	-0,013 (2,01)**
$help_sel_b1_{ij}$								0,391 (34,10)***
$help_sel_b2_{ij}$								0,503 (21,27)***
$help_sel_b3_{ijt}$								0,323 (15,53)***
Országpár-hatások	Nem	Nem	Nem	Nem	Nem	Igen	Igen	Igen
Elemszám	83 700	83 700	83 700	83 700	77 553	77 553	77 553	77 553
Egyedi kapcsolatok	44 518	44 518	44 518	44 518	42 396	42 396	42 396	42 396

5. táblázat (lásd az előző oldalon): A térbeli interakciós modell eredményei az IP-kapcsolatok intenzitásáról (természetes logaritmus)

*Spatial interaction model results on the intensity of IP links (natural logarithm)** $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$; zárójelben a t-tesztek eredményei.

dist: távolság (földrajzi közelség); *IP*: IP-kapcsolatok száma; *c2c*: központ–központ és *c2p*: központ–periféria (kognitív közelség); *gawc*: világvárosok (szervezeti közelség); *cntr*: országon belüli és *inter*: régión belüli interakciók (intézményi közelség); *pop_diff*: lakosság-szám-különbség; *help_sel_b1-3*: szelekciós torzítást kezelő változók; *ln*: természetes logaritmus.

megnövekedett keresletet jelzi, vagy másképpen az országok közötti IP-kapcsolatok költségnövekedésére mutat rá, ami a *határok hatását* jelzi. Annak ellenére, hogy a nemzetközi IP-kapcsolatok fontosak a globális kapcsolatok megszerzésében, úgy tűnik, hogy az intézményi közelség pozitívan befolyásolja az IP-kapcsolatok nagy részét. Hasonlóképpen, regionális szinten is érvényesül az intézményi hatás, utalva a lokalizációs hatásra az IP hálózati szerkezetében. Utóbbi eredmény megerősíti a korábban bemutatott érvelést a kiberhelyek kisvilág-tulajdonságaira vonatkozóan. Ennek ellenére ki kell emelnünk, hogy az elemzés hangsúlya itt az IP-kapcsolatokon és az IP-címek számán van, nem a kapcsolatok tényleges kapacitásán. Ha a kapacitásra vonatkozó adatok részletes bontásban is rendelkezésre állnának, akkor valószínűleg viszonylag kis számú nemzetközi kapcsolatot azonosíthatnánk, amelyek jellemzően nagyon nagy kapacitásúak (Tranos, Gillespie 2009, 2011). Az országpárhatás felvétele után (6. 7. és 8. oszlop) nyilvánvalóvá válik, hogy az országon belüli hatás erősebb, mint a régión belüli hatás. A fizikai távolságot illetően a két dummy változó magas együttthatói a távolság hatásának jelentős csökkenését eredményezték. Ez nem meglepő, hiszen a távolság összefügg az országon belüli és a régión belüli kapcsolatokkal. Ennek ellenére fontos az, hogy a fizikai távolság hatása szignifikáns marad a két változó felvétele után is.

Sőt, az összekapcsolt régiók közötti népességszám-eltérés negatív hatást mutat, amely azután válik szignifikánssá, miután az ország–ország változót is bevezettük (6. oszlop), kiemelkedően szignifikánssá pedig a regionális intézményi közelség változójának kizárása után válik (7. oszlop). Ez az eredmény arra utal, hogy a digitális infrastruktúra kialakításának a jelentősen különböző agglomerációk között számottevő költsége van és alacsony iránta a kereslet. Szignifikáns jellege ellenére csak kis mértékben befolyásolja a távolság rugalmasságát.

Ezen kívül az 5. táblázat 8. oszlopa tartalmazza a szelekciós torzítást ellenőrző változókat. A DIMES IP-felmérési folyamatának köszönhetően és az egyes régiókban hiányzó IP-kapcsolatok miatt a panel kiegyensúlyozatlan. Az esetleges szelekciós torzítás ellenőrzése érdekében, illetve Nijman és Verbeek (1992) tanulmányát követve három további magyarázó változót vezetünk be: az évek számát, amikor IP-kapcsolat van jelen a panelban (*help_sel_b1*); egy dummy változót, amely 1-es értéket akkor vesz fel, ha a teljes négyéves időszak alatt megfigyelhető IP-kapcsolat (*help_sel_b2*); és egy dummy változót, amely akkor 1, ha az IP-kapcsolat jelen volt a t-1 időpontban (*help_sel_b3*, lásd 5. táblázat). Bár mindhárom változó szignifikáns, az eredmények nem változnak. Nem meglepő,

hogy a változók felvétele a távolság hatásának jelentős csökkenését eredményezi. Összességében a távolság negatív hatása 76%-kal csökken a kapcsolati

6. táblázat: A térbeli interakciós modell alternatív változatai
Spatial interaction model: alternative specifications

Függő változó: $IP_{ln_{ijt}}$	OLS (1)	OLS és fő hatások (2)	Véletlen hatás (3)	Poisson (4)
dist $_{ln_{ij}}$	-0,362 (45,76)***	-0,572 (54,14)***	-0,344 (35,59)***	-0,13 (31,18)***
IP $_{ln_{it}}$	0,575 (113,43)***	0,637 (41,97)***	0,571 (100,66)***	0,214 (81,34)***
IP $_{ln_{jt}}$	0,572 (115,07)***	0,56 (37,29)***	0,568 (102,39)***	0,214 (83,00)***
c2p $_{ijt}$	-0,149 (7,99)***	-0,373 (17,01)***	-0,153 (8,14)***	-0,057 (6,46)***
c2c $_{ijt}$	0,386 (12,42)***	0,147 (4,21)***	0,368 (12,15)***	0,211 (15,08)***
gawc $_{ij}$	0,491 (14,19)***	0,326 (7,86)***	0,303 (6,79)***	0,076 (4,14)***
cntr $_{ij}$	1,885 (96,62)***	2,379 (70,52)***	1,823 (79,77)***	0,74 (71,58)***
inter $_{ij}$	3,017 (73,52)***	2,269 (48,68)***	2,967 (56,05)***	0,784 (36,18)***
pop_diff $_{ln_{ijt}}$	0,079 (16,01)***	-0,002 -0,25	0,043 (7,32)***	0,022 (8,34)***
t2		-0,175 (10,36)***	-0,211 (15,87)***	-0,083 (13,58)***
t3		-0,25 (14,40)***	-0,265 (19,46)***	-0,101 (16,44)***
t4		-0,308 (15,07)***	-0,318 (19,90)***	-0,132 (18,24)***
<i>i és j hatásai</i>	Nem	Igen	Nem	Nem
Konstans	-5,661 (64,61)***	-4,428 (5,36)***	-5,442 (54,31)***	-1,604 (88,17)***
R ²	0,36	0,47		
Elemzészám	77 553	77 553	77 553	77 553

* $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$; zárójelben a t-tesztek eredményei.

dist: távolság (földrajzi közelség); IP: IP-kapcsolatok száma; c2c: központ-központ és c2p: központ-periféria (kognitív közelség); gawc: világvárosok (szervezeti közelség); cntr: országon belüli és inter: régióon belüli interakciók (intézményi közelség); pop_diff: lakosság szám-különbség; t2-4: évek hatása; ln: természetes logaritmus.

közelség és egyéb változók felvételét követően. Mindazonáltal eredményeink fontossága abban rejlik, hogy a fizikai távolság negatív szignifikáns hatása a kiberhelyek kialakulására az 5. táblázat bemutatott modelljeiben fennmarad, az eltérő kapcsolati közelség változóinak bevezetése ellenére.

Végül, az elemzés robusztusságának növelése érdekében a 6. táblázatban az 5. becslési modell alternatív eredményeit mutatjuk be. Az 1. oszlop egy egyszerű, fix hatások nélküli OLS-modell eredményeit ábrázolja, a 2. oszlop bemutatja a fő hatásokat (i , j és t) LSDV-becslés segítségével – amely Egger és Pfaffermayr (2003) munkáját követi –, a 3. oszlop pedig véletlen hatás felhasználásával becsli az 5. modellt. Ezen túlmenően, a 4. oszlop foglalkozik a függő változó számszerű természetével a Poisson-regresszió alapján, amelyet maximum likelihood módszerrel becsültünk (lásd többek között Fischer, Wang 2011; Hoekman, Frenken, Tijssenc 2010). Az összes felsorolt változat megerősíti az előző eredményt, mivel két régió közötti internet-gerinchálózat kapacitása esetében a távolság hatására negatív és (abszolút és relatív értelemben is) azonos nagyságrendű együtthatót becsül.

Összefoglalva úgy tűnik, hogy a szomszédos régiók IP-kapcsolatai erősebbek a technológiai, szervezeti és intézményi közelség szempontjából. Az országhatárok és a lokalizáció hatása szintén jelentős, még a digitális infrastruktúra területén is. Ezen kívül a különböző agglomerációk összekötöttségében is megfigyelhetők a költségek hatásai. De ami a legfontosabb, a fizikai távolság továbbra is jelentős negatív szerepet játszik a kiberhelyek kialakulásában, még akkor is, ha az eltérő kapcsolati közelség típusaival és a szelekciós torzítás kezelésével finomítottuk a modellt.

Következtetések

Bár a térbeliség általánosságban nem központi téma az internetről zajló eszmecserékben, a tanulmány az internet-infrastruktúra térbeli vizsgálatával ezt a nézőpontot célozza meg a gyakorlatban felmerülő technikai és fogalmi nehézségek ellenére. A tanulmány újdonsága nem pusztán a területi megközelítés, hanem a kérdések számszerűsített bizonyítékokkal való, modellező elemzése. Módszertani szempontból a tanulmány a hálózatelemzés fontosságát emeli ki, ezt a főáramú ökonometriai keretben teszi a két elemzési szál összekapcsolásának hozzáadott értékét bemutatva.

Az elemzés rámutat arra, hogy a Tobler által megfogalmazott földrajz első törvénye érvényes a kiberhelyek esetében is. Az IP-kapcsolatok intenzitása magasabb a szomszédos régiók között, jelezve a fizikai távolság szerepét a kiberhelyek kialakulásában. A fizikai távolságra lehet a fizikai kapcsolatok költségének mérőszámaként tekinteni, és úgy is, hogy a közelebb lévő helyekkel való IP-kommunikációk iránti kereslet nagyobb. Eredményeink megerősítik a fizikai távolság és a digitális infrastruktúra közötti kapcsolatok korábbi bizonyítékait

(D'Ignazio, Giovanetti 2007; Wang, Lai, Sui 2003; Waxman 1988). Legfontosabb eredményünk, hogy a fizikai távolság hat a virtuális földrajzban, még akkor is, ha a kapcsolati közelség kontrollváltozóit használjuk. Mindazonáltal nem csak a fizikai távolságból eredő költségek hatnak a kiberhelyekre, hanem a kapcsolati közelségből eredő költségek is.

A fenti eredményekre alapozva speciális területi folyamatokat lehet kimutatni. Először is a centripetális erők az IP-kapcsolatokat meghatározott helyszínek köré vonzzák, amelyek csomópontként viselkednek a digitális infrastruktúrában. A négyéves vizsgálati időszak alatt az IP-kapcsolatok eloszlásának egyenlőtlenége kis mértékben nőtt. De összességében úgy tűnik, hogy a kiberhelyekre hatással bírnak az agglomerációs erők. Másfelől a centrifugális erők „védik” a kevésbé csatlakozott régiókat, olyan szintű kapcsolatokat biztosítva, amelyek nem lennének megfigyelhetők egyértelmű skálafüggetlen szerkezet esetén. További erők, köztük az IP-kapcsolatok nem magán internetszolgáltatók általi biztosítása eredményezik azt, hogy a kevésbé összekapcsolt régiók nem annyira gyengén csatlakoznak a hálózathoz, mint azt a skálafüggetlen szerkezet feltételezné.

Ezen kívül globális szinten centrum–periféria viszony azonosítható. A világgazdaságba erősebben integrálódott régiók jobban kapcsolódnak a hálózathoz. Ez a minta túllép a nemzeti határok fontosságán, és rámutat a globális városi kapcsolatok jelentőségére. Ugyanakkor elemzésünk a kiegyensúlyozó erőket is feltárta, mivel az országhatárok és még a helyi hatások is erős formáló erővel bírnak az IP-kapcsolatokra, tükrözve a költségek korlátozó hatását és a helyi kommunikáció kilátásait.

Összességében ez a tanulmány az úgynevezett „hely nélküli” internet rejtett térbeliségére világít rá. Az internet összetettsége csökkenti a (túl) egyszerű megközelítések magyarázóerejét, mint ahogyan az például a „zsugorodó világ” vázlatos metaforájában jelenik meg. Az internet zsugorító szerepe helyett sokkal inkább a térszerkezet átformálásáról lehet beszélni (Kirsch 1995).

Fordította: Lengyel Balázs

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki Jos van Ommerennek az ökonometriai modellhez nyújtott tanácsaiért.

Jegyzetek

- 1 Az eredeti tanulmány *The death of distance revisited: cyber-place, physical and relational proximities* címmel jelenik meg a *Journal of Regional Science* folyóiratban (doi: 10.1111/jors.12021). Köszönjük Peter Nijkampnak, hogy tanulmányukat felajánlotta a Tér és Társadalomban való közlésre, a kiadónak pedig a magyar fordítás megjelenésének engedélyezését. (A szerkesztőség)
- 2 A kiberteret a következőképp határozhatjuk meg: „a tér új típusa, amely közvetlen érzékszerveink számára láthatatlan, olyan tér, amely fontosabbá válhat, mint a fizikai tér [és amely] a hagyományos földrajzi térre rakódik, abba épül be és annak szövetében helyezkedik el” (Batty 1993, 615–616.).
- 3 „Minden mindennel összefügg, de a közelebbi dolgok erősebben hatnak egymásra.” (Tobler 1970, 236.)
- 4 Kivételek többek között: Gorman, Kulkarni (2004); Schintler, Gorman, Reggiani, Patuelli, Gillespie, Nijkamp, Rutherford (2004); Tranos (2011); Vinciguerra, Frenken, Valente (2010).
- 5 A traceroute kifejezés alatt olyan speciális programok értendők, amelyek adatcsomagok hálózati pontokon keresztül vezető útját követik nyomon (Dodge, Zook 2009).
- 6 Ezek a kapcsolatok az OSI-modell 3. szintjéhez sorolhatók. Miként máshol utaltunk rá (Tranos 2013), az OSI-modell első három szintje fizikai infrastrukturális tökélet, négy felső szintje „infotechnológiákat” jelent (Tassey 1992, 2008).
- 7 A NUTS a Statisztikai célú területi egységek nomenklatúrája kifejezés francia rövidítése, a NUTS 3 az a legrészletesebb szint, amely általában tartományokat jelöl.
- 8 Ez a mutató „súlyozott” fokszámcentralitás abban az értelemben, hogy ha *i* és *j* régiók között több kapcsolat is van, akkor ezek mindegyike hozzáadódik *i* és *j* fokszámcentralitásához. Ha „bináris” centralitásmutatót használnánk, akkor az *i* és *j* közötti többszörös kapcsolatokat figyelmen kívül hagynánk.
- 9 Mivel két csomópont között általában több módon is lehet kapcsolatot teremteni (séták), a kutatás általában a legrövidebb útra fókuszál, amit távolságnak nevezünk (Nooy, Mrvar, Batagelj 2005).
- 10 A klikk a „hálózat egy részhalmaza, amelyben a szereplők egymáshoz intenzívebben kapcsolódnak, mint a hálózat egyéb tagjaihoz” (Hanneman, Riddle 2005).
- 11 A hálózatok új tudományának térgazdaságtani áttekintéséhez lásd Reggiani, Vinciguerra (2007), a komplex hálózatelemzés internet-infrastruktúrára való alkalmazásához lásd Tranos (2011).
- 12 Ennek alátámasztására, és mivel a Tanner-függvény az előző két tesztelt formula beágyazott függvénye, az egyenletek közötti együttható-egyenlőségi megszorítást a releváns F-próbával vizsgáltuk, amely eredményeképp a nullhipotézist (a paraméterek azonosságát) 5%-os szignifikanciaszint mellett elvetettük (lásd még Reggiani, Nijkamp 2012).

Irodalom

- Adamic, L. A., Huberman, B. A. (2002): Zipf's law and the Internet. *Glottometrics*, 3., 143–150.
- Albert, R., Barabási, A-L. (2002): Statistical mechanics of complex networks. *Reviews of Modern Physics*, 1., 47–97.
- Andrews, M., Schank, T., Upward, R. (2006): Practical fixed-effects estimation methods for the three-way error-components model. *The Stata Journal*, 4., 461–481.
- Baier, S. L., Bergstrand, J. H. (2001): The growth of world trade: Tariffs, transport costs, and income similarity. *Journal of International Economics*, 1., 1–27.
- Bakis, H. (1981): Elements for a geography of telecommunication. *Geographic Research Forum*, 4., 31–45.

- Balland, P.-A. (2012): Proximity and the evolution of collaboration networks: evidence from research and development projects within the global navigation satellite system (GNSS) industry. *Regional Studies*, 6., 741–756.
- Baltagi, B. H. (1995): *Econometric analysis of panel data*. John Wiley & Sons, Chichester
- Baltagi, B. H.. (2001): *Econometric analysis of panel data*. John Wiley & Sons, Chichester
- Barabási, A.-L. (2002): *Linked: The new science of networks*. Perseus, Cambridge
- Barabási, A.-L., Albert, R. (1999): Emergence of scaling in random networks. *Science*, 5439., 509–512.
- Batty, M. (1993): The geography of cyberspace. *Environment and Planning B*, 6., 615–616.
- Batty, M. (1997): Virtual geography. *Futures*, 4–5., 337–352.
- Boschma, R. (2004): Competitiveness of regions from an evolutionary perspective. *Regional Studies*, 38., 1001–1014.
- Boschma, R. (2005): Proximity and innovation: a critical assessment. *Regional Studies*, 9., 61–74.
- Brakman, S., van Marrewijk, C. (2008): It's a big world after all: on the economic impact of location and distance. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 3., 411–437.
- Broekel, T., Boschma, R. (2012): Knowledge networks in the Dutch aviation industry: the proximity paradox. *Journal of Economic Geography*, 2., 409–433.
- Brun, J.-F., Carrere, C., Guillaumont, P., de Melo, J. (2005): Has distance died? Evidence from a panel gravity model. *The World Bank Economic Review*, 1., 99–120.
- Buchanan, M. (2002): *Nexus: Small worlds and the groundbreaking science of networks*. W. W. Norton, New York
- Cairncross, F. (2001): *The death of distance 2.0*. Texere Publishing Limited, London
- Carmi, S., Havlin, S., Kirkpatrick, S., Shavitt, Y., Shir, E. (2007): A model of Internet topology using k-shell decomposition. *PNAS*, 27., 11150–11154.
- Cohen-Blankshtain, G., Nijkamp, P. (2004): The appreciative system of urban ICT policies: an analysis of perceptions of urban policy makers. *Growth and Change*, 2., 166–197.
- Cohen, G., Salomon, I., Nijkamp, P. (2002): Information-communications technologies (ICT) and transport: does knowledge underpin policy? *Telecommunication Policy*, 1–2., 31–52.
- Cornelissen, T. (2008): The Stata command `felsd` to fit a linear model with two high-dimensional fixed effects. *The Stata Journal*, 2., 170–189.
- Cornell University (2010): *About regional science*. Ithaca
- Crisuolo, P., Salter, A., Ter Wal, A. (2010): *The role of proximity in shaping knowledge sharing in professional service firms*. Paper presented at Opening up innovation: strategy, organization and technology. London.
- D'Ignazio, A., Giovannetti, E. (2007): Spatial dispersion of interconnection clusters in the European Internet. *Spatial Economic Analysis*, 3., 219–236.
- Dangelico, R. M., Garavelli, A. C., Messeni Petruzzelli, A. (2010): A system dynamics model to analyze technology districts' evolution in a knowledge-based perspective. *Technovation*, 2., 142–153.
- DIMES (2010) *DIMES project*. Tel Aviv.
- Disdier, A. C., Head, K. (2008): The puzzling persistence of the distance effect on bilateral trade. *The Review of Economics and Statistics*, 1., 37–48.
- Dodge, M., Zook, M. A. (2009): Internet based measurement. In: Kitchin, R., Thrift, N. (eds.): *The International Encyclopedia of Human Geography*, Elsevier, Oxford, 569–579.
- Drucker, P. F. (1998): From capitalism to knowledge society. In: Neef, D. (ed.): *The knowledge economy*. Butterworth-Heinemann, Woburn, 15–34.
- Egger, P., Pfaffermayr, M. (2003): The proper panel econometric specification of the gravity equation: a three-way model with bilateral interaction effects. *Empirical Economics*, 3., 571–580.
- Etzo, I. (2011): The determinants of the recent interregional migration flows in Italy: a panel data analysis. *Journal of Regional Science*, 5., 948–966.
- Faloutsos, M., Faloutsos, P., Faloutsos, C. (1999): On power law relationships of the Internet topology. *Computer Communication Review*, 4., 251–262.
- Fischer, M. M., Wang, J. (2011): *Spatial data analysis. Models, methods and techniques*. Springer, Heidelberg, Dordrecht, London, New York
- Forman, C., Goldfarb, A., Greenstein, S. (2005): How did location affect adoption of the commercial Internet? Global village vs. urban leadership. *Journal of Urban Economics*, 3., 389–420.

- Friedman, T. L. (2005): *The world is flat*. Allen Lane, London
- Gaspar, J., Glaeser, E.L. (1998): Information technology and the future of cities. *Journal of Urban Economics*, 1., 136–156.
- GaWC (2008): *The world according to GaWC 2008*. Loughborough.
- Gilder, G. (1995): *Forbes ASAP*. 56.
- Gorman, S. P., Kulkarni, R. (2004): Spatial small worlds: new geographic patterns for an information economy. *Environment and Planning B*, 2., 273–296.
- Graham, S. (1998): The end of geography or the explosion of place? Conceptualizing space, place and information technology. *Progress in Human Geography*, 2., 165–185.
- Hanneman, R. A., Riddle, M. (2005): *Introduction to social network methods*. University of California, Riverside (Online megjelenés: <http://faculty.ucr.edu/~hanneman/>).
- Hepworth, M. (1989): *Geography of the information economy*. Belhaven Press, London
- Hoekman, J., Frenken, K., van Oort, F. (2009): The geography of collaborative knowledge production in Europe. *The Annals of Regional Science*, 3., 721–738.
- Hoekman, J., Frenken, K., Tijssenc, R.J.W. (2010): Research collaboration at a distance: Changing spatial patterns of scientific collaboration within Europe. *Research Policy*, 5., 662–673.
- Hsiao, C. (2003): *Analysis of panel data*. Cambridge University Press, Cambridge
- Kellerman, A. (1993): *Telecommunications Geography*. Belhaven Press, London
- Kirat, T., Lung, Y. (1999): Innovation and proximity: territories as loci of collective learning processes. *European Urban and Regional Studies*, 1., 27–38.
- Kirsch, S. (1995): The incredible shrinking world? Technology and the production of space. *Environment and Planning D: Society and Space*, 5., 529–555.
- Knoben, J., Oerlemans, L.A.G. (2006): Proximity and inter-organizational collaboration: a literature review. *International Journal of Management Review*, 2., 71–89.
- Kolko, J. (1999): *The death of cities? The death of distance? Evidence from the geography of commercial internet usage*. Presented at Selected papers from the telecommunications policy research conference, Newcastle
- Latora, V., Marchiori, M. (2001): Efficient behavior of small-world networks. *Physical Review Letters*, 19., 198701–198704.
- Malecki, E.J. (2002): The economic geography of the Internet's infrastructure. *Economic Geography*, 4., 399–424.
- Malecki, E. J., Gorman, S.P. (2001): Maybe the death of distance, but not the end of geography: the internet as a network. In: Leinbach, T. R., Brunn, S. D. (eds.): *Worlds of e-commerce: economic, geographical and social dimensions*. Wiley, West Sussex, 87–105.
- Marrocu, E., Paci, R., Usai, S. (2011): Proximity, networks and knowledge production in Europe. *CRENOS Working Paper*
- Massey, D. (1993): Power-geometry and a progressive sense of place. In Bird, J., Curtis, B., Putnam, T., Robertson, G., Tickner, L. (eds.): *Mapping the futures: local cultures, global change*, Routledge, London, 59–69.
- Mitchell, W. J. (1995): *City of bits: space, place and the infobahn*. MIT Press, Cambridge
- Moss, M. L., Townsend, A. M. (1997): Tracking the net: using domain names to measure the growth of the Internet in US cities. *Journal of Urban Technology*, 3., 47–60.
- Newman, M. E. J. (2003): The structure and function of complex networks. *SIAM Review*, 2., 167–256.
- Newman, M. E. J. (2005): Power laws, Pareto distributions and Zipf's law. *arXiv:cond-mat/0412004v3*.
- Nijman, T., Verbee, M. (1992): Incomplete panels and selection bias. In: Matyas, L., Sevestre, P. (eds.): *The econometrics of panel data*. Kluwer, Dordrecht
- Nooteboom, B. (2000): Learning by interaction: absorptive capacity, cognitive distance and governance. *Journal of Management and Governance*, 1–2., 69–92.
- Nooy, W. de, Mrvar, A., Batagelj, V. (2005): *Exploratory social network analysis with Pajek*. Cambridge University Press, Cambridge
- North, D. C. (1993): Institutional change: a framework of analysis. In Sjöstrand, S. E. (ed.): *Institutional change: Theory and empirical findings*. M.E. Sharpe, New York
- O'Brien, R. (1992): *Global financial integration: the end of geography*. Pinter, London

- Ohmae, K. (1995): *The borderless world: power and strategy in an interdependent economy*. Harper Business, New York
- Partridge, M. D., Rickman, D.S., Ali, K., Olfert, M. R. (2008): Employment growth in the American urban hierarchy: long live distance. *The B.E. Journal of Macroeconomics*, 1., Article 10.
- Pastor-Satorras, R., Vespignani, A. (2004): *Evolution and structure of the internet*. Cambridge University Press, Cambridge
- Patuelli, R., Reggiani, A., Gorman, S. P., Nijkamp, P. Bade, F-J. (2007): Network analysis of commuting flows: a comparative static approach to German data. *Networks and Spatial Economics*, 4., 315–331.
- Polèse, M., Shearmur, R. (2004): Is distance really dead? Comparing industrial location patterns over time in Canada. *International Regional Science Review*, 1., 431–457.
- Reggiani, A., Nijkamp, P. (2012): Did Zipf anticipate socio-economic spatial networks? *Mimeographed paper*. Department of Spatial Economics, VU Amsterdam
- Reggiani, A. (2009): From complexity to simplicity. In: Reggiani, A., Nijkamp, P. (eds.): *Complexity and spatial networks*. Springer-Verlag, Berlin
- Reggiani, A., Bucci, P., Russo, G. (2010): Accessibility and network structures in the German commuting. *Networks and Spatial Economics*, 4., 1–21.
- Reggiani, A., Nijkamp, P. (2009): *Complexity and spatial networks*. Springer-Verlag, Berlin.
- Reggiani, A., Vinciguerra, S. (2007): Network connectivity models: an overview and applications. In: Friesz, T. (ed.): *Network science, nonlinear science and infrastructure systems*. Springer-Verlag, New York, 147–165.
- Rietveld, P., Vickerman, R. W. (2004): Transport in regional science: The death of distance is premature. *Papers in Regional Science*, 1., 229–248.
- Sassen, S. (1991): *The global city*. New York, London, Tokyo. Princeton University Press, Princeton, New Jersey
- Schintler, L., Gorman, S. P., Reggiani, A., Patuelli, R., Gillespie, A., Nijkamp, P., Rutherford, J. (2004): Complex network phenomena in telecommunication systems. *Networks and Spatial Economics*, 4., 351–370.
- Shavitt, Y., Shir, E. (2005): DIMES: Let the internet measure itself. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 5., 71–74.
- Sinai, T., Waldfogel, J. (2004): Geography and the internet: is the internet a substitute or a complement for cities? *Journal of Urban Economics*, 1., 1–24.
- Star, S. L. (1999): The ethnography of infrastructure. *American Behavioral Scientists*, 3., 377–391.
- Swyngedouw, E. (1993): Communication, mobility and the struggle for power over space. In: Giannopoulos, G., Gillespie, A. (eds.): *Transport and communications in the new Europe*. Belhaven, London, 305–325.
- Tassey, G. (1992): *Technology infrastructure and competitive position*. Kluwer Academic Press, Boston
- Tassey, G. (2008): Modeling and measuring the economic roles of the technology infrastructure. *Economics of Innovation and New Technology*, 7–8., 615–629.
- Taylor, P. J. (2004): *World city network*. Routledge, London-New York
- Taylor, P. J., Ni, P., Derudder, B., Hoyler, M., Huang, J., Witlox, F. (2010): *Global urban analysis: a survey of cities in globalization*. Earthscan, London.
- Tobler, W. (1970): A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Journal of Economic Geography*, Suppl., 234–240.
- Toffler, A. (1980): *Third way*. William Morrow, New York
- Torre, A., Gilly, J-P. (2000): On the analytical dimension of proximity dynamics. *Regional Studies*, 2., 169–180.
- Torre, A., Rallet, A. (2005): Proximity and localization. *Regional Studies*, 1., 47–59.
- Tranos, E. (2011): The topology and the emerging urban geographies of the Internet backbone and aviation networks in Europe: a comparative study. *Environment and Planning A*, 2., 378–392.
- Tranos, E. (2013): *The geography of the internet: cities, regions and the internet infrastructure in Europe*. Edward Elgar
- Tranos, E., Gillespie, A. (2009): The spatial distribution of Internet backbone networks in Europe: a metropolitan knowledge economy perspective. *European Urban and Regional Studies*, 4., 423–437.

- Tranos, E., Gillespie, A. (2011): The urban geography of Internet backbone networks in Europe: roles and relations. *Journal of Urban Technology*, 1., 35–49.
- Vinciguerra, S., Frenken, K., Valente, K. (2010): The geography of Internet infrastructure: an evolutionary simulation approach based on preferential attachment. *Urban Studies*, 9., 1969–1984.
- Walukiewicz, S. (2007): *The dimensionality of capital and proximity*. Working Paper, Systems Research Institute
- Wang, Y., Lai, P., Sui, D. (2003): Mapping the Internet using GIS: The death of distance hypothesis revisited. *Journal of Geographical Systems*, 4., 381–405.
- Watts, D. J., Strogatz, S. H. (1998): Collective dynamics of small-world networks. *Nature*, 6684., 440–442.
- Watts, D. J. (2003): *Six degrees: the science of a connected age*. W. W. Norton & Company, New York
- Watts, D. J. (2004): The 'new' science of networks. *Annual Review of Sociology*, 30., 243–270.
- Waxman, B. M. (1988): Routing of multipoint connections. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 9., 1617–1622.
- Wheeler, D. C., O'Kelly, M. E. (1999): Network topology and city accessibility of the commercial internet. *Professional Geographer*, 3., 327–339.
- Wooldridge, J. M. (2003): *Introductory econometrics: a modern approach*. South-Western, Mason