

Pécsi Tudományegyetem
Közgazdaságtudományi Kar
Gazdálkodástani Doktori Iskola

Sebestyén Tamás

**Hálózati struktúrák szerepe
a gazdasági teljesítményben**

A modellezés és az
empirikus vizsgálat lehetőségei

Doktori értekezés tézisei

Témavezető:

Dr. Bessenyei István

Pécs, 2011

Tartalomjegyzék

A témaválasztás motivációi, a kutatás célja	1
Kutatási hipotézisek	4
A kutatás módszertana	6
A kutatás eredményeinek bemutatása	10
Hálózati kapcsolatok és gazdasági egyensúly integrált modellezése	10
Hálózati kapcsolatok gazdasági szerepének empirikus elemzése	15
Egy alkalmazási lehetőség – fejlesztéspolitikai hatáselemzés	22
A témához kapcsolódó publikációk jegyzéke	26
A téziszüzetben hivatkozott irodalmak jegyzéke	27

A témaválasztás motivációi, a kutatás célja

Ha áttekintjük az elmúlt néhány évszázad gazdaságtörténetét, azt látjuk, hogy ez alatt az időszak alatt – a rövidebb távú kilengésektől eltekintve – igen dinamikus növekedési trend tapasztalható a gazdasági teljesítményt tekintve. A közgazdaságtan egyik alapvető kérdése tulajdonképpen már a klasszikus közgazdászok generációja óta, hogy mi tekinthető e növekedés fő forrásának.

A kérdés megválaszolása érdekében tett tudományos erőfeszítések egy nagyon fontos, intuitív alapokon is könnyen értelmezhető és belátható következtetésre vezetnek: a növekedés legvégső forrása a gazdaságban felhalmozódó, produktív tudás. Solow (1956) növekedési modellje adta meg az első formális igazolását ennek az elvnek, ezt követően pedig az endogén növekedésemélet rendkívül gazdag irodalma tárta fel a tudás és a gazdasági növekedés közötti legfontosabb kapcsolatokat. Az endogén növekedésemélet sarokköveinek számító eredmények például Romer (1994), Aghion és Howitt (1992), Grossman és Helpman (1991), Lucas, (1990), Arrow (1962) munkáiban találhatóak meg. Magyar nyelven kiváló áttekintést ad a témáról Valentinyi (1995).

A fenti megállapítás bizonyos szempontból ingoványos területre vezet a kutatót: a tudás fogalma, jelensége oly kevésbé megfogható, hogy a relatíve egzaktnak nevezhető közgazdaságtan fogalmi rendszerébe történő beépítése szükségszerű kompromisszumokkal jár. Ugyanakkor az is kiderül, hogy a tudás felhalmozásának rendkívül széles körű aspektusain belül található egy-két olyan dimenzió, amely a közgazdasági gondolkodás hagyományos fogalmi rendszerébe könnyűszerrel beépíthető (Arrow, 1994).

A hosszú távú növekedés egyrészt a termeléshez szükséges erőforrások bővüléséből, másrészt pedig ezen erőforrások felhasználásának hatékonyabbá válásából fakad. Ez utóbbit a közgazdasági és elsősorban a gazdasági növekedéssel foglalkozó szakirodalom átfogóan technológiai haladásnak vagy technológiai fejlődésnek nevezi. Ez a kifejezés arra utal, hogy az anyagi értelemben vett gazdasági növekedés elsősorban a termelési struktúrákban bekövetkező fejlődési tendenciák által meghatározott, vagyis a háttérben mindig a termelési technológia és ennek pozitív irányú változásai állnak. A technológia változásai a közgazdaságtan egyik alapvető fogalma,

a termelési függvény dimenziójában már értelmezhetőek, így ezek a változások és következményeik a hagyományos fogalmi keretek között tárgyalhatóak.

A tudás kiemelkedő szerepének felismerése felveti a tudás kialakulásának, az innovációnak a kérdéseit. Az utóbbi néhány évtizedben a közgazdasági irodalom nagy érdeklődéssel fordult az innováció kérdései felé. Melyek azok a faktorok, amelyek az innováció kialakulásához vezetnek? Milyen tényezők járulnak hozzá ahhoz, hogy egy ország vagy térség folyamatosan magas szintű innovációs aktivitást mutat, míg más térségek kevésbé sikeresek ezen a téren. Milyen feladata, szerepe lehet az államnak ezen a téren?

Az új ötletek kialakulása, a tudás megjelenése mellett lényeges kérdés az is, hogy miképpen válik a gazdaság elszigetelt pontjain (vállalatoknál, kutatóintézetekben, egyéni feltalálóknál) kialakuló új tudás a gazdasági növekedés motorjává? Ebből a szempontból rögtön két kérdés is felmerül. Egyfelől a megjelenő új ötletek miként válhatnak praktikus termelési eljárásokká, másfelől pedig az egyedileg implementált újítások miként válnak a gazdaság egésze számára hozzáférhetővé, hogyan terjednek el az alkalmazók között és hogyan alakítják ki végül azokat az externális hatásokat, amelyek a gazdaság makroszinten is érzékelhető növekedéséhez vezetnek. Ez utóbbi felvetés a tudás terjedésének, diffúziójának kérdéshez vezetnek, amely logikus folyamánként adódik a hálózati kapcsolatok és struktúrák szerepének vizsgálata, amely a disszertáció központi eleme.

A hálózatok kutatása azonban a matematika és a fizika felől a szociológián át ért el az innovációval foglalkozó szakirodalomhoz. A matematika gráfelmélet nevű területe írja le azt az absztrakciós sémát, amely a jelenségek közötti kapcsolódások vizsgálatát teszi lehetővé. A gráfelmélet első megjelenése Euler híres königsbergi problémájáig nyúlik vissza, aki felismerte, hogy az útvonaltervezés egy absztrakt struktúra elemzésével is megoldható, ahol csomópontok vagy csúcsok helyszíneket, a csomópontokat összekötő kapcsolatok vagy élek pedig a helyszínek közötti utakat jelölnek.

Nyilvánvaló azonban, hogy a csúcsokból és élekből álló struktúra – a gráf – nem csupán térképek reprezentációjára alkalmas: absztrakciós szintjénél fogva ezzel a rendszerrel rendkívül sok jelenség leírható, kezdve a társadalmi kapcsolatoktól a geometriai alakzatokon

és biológiai rendszereken át komplex termelési rendszerekig. A hálózatokkal kapcsolatos legfrissebb kutatások arra mutatnak, hogy amennyiben ezeknek az egymástól alapvetően eltérő rendszereknek hálózati interpretációt adunk és az így kapott kapcsolati háló struktúráját vizsgáljuk, kiderül, hogy e struktúrák között alapvető hasonlóságok fedezhetőek fel. Az is felfedezhető, hogy a struktúra és a struktúrára épülő rendszer teljesítménye lényeges pontokon összefügg egymással.

Ezen a ponton a gondolatmenet visszatér az innováció és diffúzió kérdésköréhez. A gazdaság szereplőit felfoghatjuk egy hálózat csomópontjainak és az őket összekötő formális vagy informális, piaci vagy nem piaci kapcsolatokat pedig a hálózat élleinek. Az új tudás diffúzióját és ezáltal a gazdaság teljesítményét, a gazdasági növekedést ezek a hálózati kapcsolatok, és amennyiben a hálózatelmélet analógiáját használjuk, ezek specifikus struktúrája alapvetően befolyásolja. Bár látszólag elsőre fel nyilvánvaló kapcsolat az új tudás létrejötte, azaz az innováció, és a hálózati struktúra között, az is kiderül, hogy ezek a struktúrák nem csak a már exogén módon kialakult tudás diffúziójának jellemzőit befolyásolják, hanem hozzájárulhatnak az innovativitás kialakulásához és fennmaradásához is.

A disszertáció ezen a ponton kapcsolódik az imént vázlatosan tárgyalt szakirodalmi áramlatokba és gondolatmenetbe. Alapvetően azt a kérdést teszi fel, hogy milyen szerepe van a hálózati struktúráknak a gazdasági teljesítmény alakulásában, így tulajdonképpen az előbbi gondolatmenet zárása irányába tesz egy lépést. Amennyiben a tudás felhalmozása lényeges eleme a gazdaság hosszú távú növekedésének, és amennyiben a hálózati struktúrák szerepe lényeges a hálózatra épülő rendszer teljesítményének alakulásában, akkor a tudás terjedését és kialakulását befolyásoló *tudáshálózatok* és azok struktúrája milyen módon kapcsolódik a gazdasági tevékenység változásaihoz és ezáltal a gazdasági növekedés megfigyelt jelenségeihez?

Ebben a kontextusban a disszertáció kettős célt követ. Egyfelől a hálózatelmélet és a hálózati struktúrák vizsgálata valamint a közgazdasági elmélet közötti kapcsolat szorosabbra fűzése áll a fókuszban, ami azt jelenti, hogy az előbbi terület módszertani apparátusát alkalmazza a közgazdaságtan általánosan használt modellezési keretein belül. Ez ugyan csak egy, de lényeges lépésnek tekinthető az előző bekezdésben vázolt gondolati kör bezárása tekintetében.

A cél ebből a szempontból egy olyan elméleti keret megteremtése, amely alkalmas lehet a hálózati struktúrák és a gazdasági dinamika közötti kölcsönhatások elemzésére.

A dolgozat másik célja az empirikus hálózatok kutatás gazdasági és innovációs hálózatokkal kapcsolatos területének bevonása az első cél érdekében tett lépések értékelésébe. Így részben már alkalmazott módszerekre építve, részben pedig új perspektívákat használva a disszertáció elméleti részében foglalt megállapítások és elvek empirikus igazolását keressük, részben pedig az így felhalmozott információkkal is gazdagítható a tudáshálózatokkal kapcsolatos empirikus ismerethalmaz.

Kutatási hipotézisek

Az előbbiekben a gazdasági növekedéssel kapcsolatos közgazdasági gondolkodás egy nagy ívű pályáját mutattam be, amely a tudás szerepének felismerésétől jut el a lokalitás és a kapcsolati hálók szerepének vizsgálatához. A disszertációban megfogalmazott tézisek tulajdonképpen ennek a gondolati ívnek képezik szerves részét. A fentiek alapján az alábbi három pontban foglalhatók össze azok a lényeges megállapítások, amelyekre a dolgozat épül.

- A tudás és annak felhalmozása rendkívül fontos tényező a gazdasági növekedés szemszögéből. Ugyanakkor a gazdaság egyedi pontjain megjelenő tudás externális (növekedéshez vezető) hatásainak kialakulását a tudás diffúziója teszi lehetővé, amihez viszont a gazdasági szereplők közötti kapcsolatháló járulnak hozzá.
- A hálózatokat vizsgálva kiderül, hogy e hálózatok struktúrája lényeges szempontja a hálózatok elemzésének, továbbá a struktúrának fontos szerepe van a hálózatra épülő rendszer egésze működésének (outputjának, hatékonyságának) meghatározásában.
- Empirikus tesztek a személyes kapcsolatháló relevanciáját kimutatják az innovációs folyamatokban. Ezek a tesztek azonban parciálisak: adott régiók iparágak, szűkebb minták alap-

ján készültek, másrészt viszont a hálózati struktúrák globális szerepének elemzéséig egyelőre nem jutottak el.

A fenti három megállapítás alapján a következő kérdések és a hozzájuk kapcsolódó kutatási hipotézisek fogalmazhatóak meg.

- Az első két megállapítás kölcsönösen felveti azt a kérdést, hogy egy gazdasági rendszer modelljébe milyen módon építhető be a tudáshálózatok struktúrájának szerepe, egészen pontosan azon hálózatoké, amelyek az egyes gazdasági egységek (vállalatok, egyének, egyetemek, kutatóhelyek, stb.) közötti információ-, tudás- és technológia-áramlást lehetővé teszik, vagy adott esetben katalizálják. Ehhez a kérdéshez kapcsolódóan megfogalmazható az **1. hipotézis**: *a gazdasági rendszerek modelljeibe a tudáshálózati struktúrák beépíthetőek és ez az integráció addicionális hozzáadott értékkel rendelkezik.*
- Az előző kérdés folyományaként (továbbra is az első két megállapítás alapján) az a kérdés is felmerül, hogy a tudáshálózatok – és e hálózatok struktúrájának – explicit integrálása a gazdasági működést magyarázó modellekbe milyen eredményekre vezet, azaz kimutatható-e a strukturális jellemzők makroszintű outputra gyakorolt hatása, és ha igen, milyen új tapasztalatokkal szolgál ez a hálózatok parciális modelljeihez képest: **2. hipotézis**: *a gazdasági szereplőket összekötő speciális tudáshálózatok struktúrája hatással van a gazdaság aggregált teljesítményére.*
- A 3. megállapítás kapcsán merül fel az empiria kérdése, összekapcsolódva az előző kérdéssel. A tudáshálózatok struktúrája és a gazdaság makroszintű teljesítménye közötti kapcsolat empirikusan kimutatható-e. Ezáltal a 2. hipotézis empirikus párját fogalmazhatjuk meg: **3. hipotézis**: *a gazdasági egységek közötti tudáshálózatok struktúrája és a gazdasági teljesítmény közötti kapcsolat empirikusan is kimutatható.* Ezen a ponton egy további pontosítás is szükséges. Mivel az empirikus elemzés a gazdasági egységeket régióként veszi számításba, a hipotézis tesztelését regionális tudáshálózatokra végzem el.

- Az empirikus és elméleti megfontolások mellett felmerül az a kérdés is, hogy a tudáshálózatok kapcsolati struktúrájának explicit modellezése hasznos információkat képes-e nyújtani a gazdaságpolitika számára. Ezáltal a megfogalmazható a **4. hipotézis**: *a tudáshálózati struktúrákkal bővített modellezési keret a fejlesztéspolitikai elemzések hasznos eszközét jelentheti.*

A hipotézisek láthatóan tágabb értelemben kerültek megfogalmazásra. Ennek oka az, hogy a dolgozat arra a feladatra vállalkozik, hogy a korábban bemutatott gondolati kör bezárása irányában tegyen meg egy lépést. Ez egyben azt is jelenti, hogy a dolgozatban összefoglalt kutatás módszertani szempontból összetettebb megközelítést igényelt. Ezt a módszertant a következő pontban fejtem ki vázlatosan.

A kutatás módszertana

Először is egy olyan modellezési lehetőséget mutatok be, amely a hálózati struktúrák explicit bekapcsolását teszi lehetővé egy egyszerű általános egyensúlyi modellbe. Ez jelenti a többször említett gondolati kör valódi bezárását. Ehhez a közgazdaságtan általános egyensúlyi modellezési módszertana mellett a hálózatelmélet és a hálózati struktúrák reprezentációjára alkalmas matematikai módszertan együttes alkalmazására van szükség.

Az általános egyensúlyi modellezés hagyományos módszertana a disszertációban egy rendkívül egyszerű monopolisztikus versenyre épülő makromodellt takar, amely Dixit és Stiglitz (1977) egyszerű modelljén alapul. Hasonló modellt alkalmaznak Fujita és szerzőtársai (1999), de ilyen modellek lényegesen kibővített változatait használják az alkalmazott DSGE modellek is (pl. Smets és Wouters, 2007; Ratto és szerzőtársai, 2009 vagy Jakab és Világi, 2008).

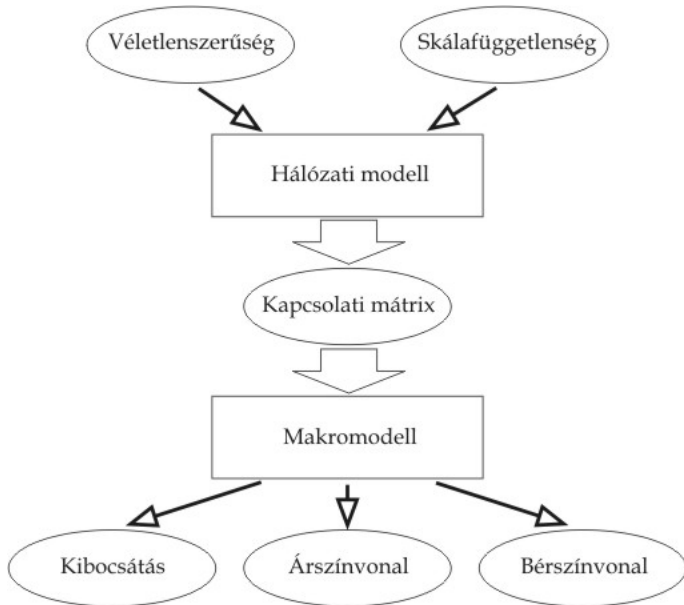
A módszertani újdonság a hálózati struktúrák integrálása az általános egyensúlyi keretrendszerbe. A hálózati struktúrák szempontjából a disszertáció alapját két hálózati modell képezi. A Watts-Strogatz modellként ismert algoritmus (Watts és Strogatz, 1998) a szabályos és véletlen hálózati struktúrák közötti átmenetet képes kezelni, míg a Barabási és Albert (1999) által javasolt algoritmus a

skálafüggetlen hálózatok létrejöttét modellezi. Míg az előbbi változtatás nélkül alkalmazom az elemzésekben, az utóbbit módosítom úgy, hogy a Watts-Strogatz modellhez hasonlóan alkalmas legyen különböző hálózat struktúrák egy skálán történő megjelenítésére.

A hálózati kapcsolatokkal bővített általános egyensúlyi modell sémáját mutatja az 1. ábra. A modell két blokkja (hálózati blokk és makro blokk) közötti kapcsolat lineáris: a hálózati modell meghatározza azt a struktúrát leíró kapcsolati mátrixot, amely a makromodellben a gazdasági szereplők döntéseit meghatározza. A linearitás csupán egyszerűsítés és nem szükségszerűség. A terjedelmi korlátokat figyelembe véve és az elemzés egyszerűbb keretei végett a disszertáció során csak olyan eseteket mutatok be, amikor a makromodell eredménye nem csatol vissza a hálózati struktúra irányába, vagy más szavakkal a hálózati struktúrát exogénnek tekintem. A modell egy kézenfekvő kiterjesztése lehet az a lépés, amikor a gazdasági tevékenység hatására a struktúrában bekövetkező változásokat is elemezzük, vagyis amikor az ábrán a legalsó szint változói (a makromodell endogén változói) felől a legfelső szint (hálózati modellek paraméterei) felé is mutat nyíl. E kapcsolatrendszer feltáráshoz biztosít alkalmas alapot Jackson és Wolinsky (1996) vagy Carayol és Roux (2009) munkája.

A hálózati kapcsolatok explicit modellezése az általános egyensúlyi modell megoldásának speciális értelmezését is igényli. Mivel a hálózati kapcsolatok figyelembevétele heterogén szereplők alkalmazását igényli, az integrált modell analitikus megoldása csak speciális esetekben lehetséges. Ezért a felépített, hálózati kapcsolatokkal bővített általános egyensúlyi modell megoldásához szimulációs technikákat veszek igénybe. A minél szélesebb körű analízis érdekében a szimulációs eljárást statisztikai eszközökkel kombinálva egy olyan eljárást mutatok be, amely segítségével a hagyományos komparatív statikus elemzés analógiája adható.

A matematikai modellezést követően a bemutatásra kerülő modell empirikus értékelését végzem el. Ez az értékelés alapvetően két részből áll, a módszertan azonban alapvetően hasonló. Mindkét esetben a feladat a hálózati struktúra és a gazdasági teljesítmény mérőszámainak összevetése. A gazdasági teljesítmény esetében a szükséges adatok rendelkezésre állnak (Eurostat, Penn World Table), a módszertani nehézséget a hálózati kapcsolatok és a struktúra statisztikai mérése jelenti. Ez utóbbi szempontból a szakiro-



1. ábra. A hálózatokkal bővített általános egyensúlyi modell egyszerű sémája

dalomban általánosan használt szabadalmi adatbázisokhoz nyúlok vissza. Krugman (1991) híres megjegyzése, miszerint a tudás és a technológia áramlásának empirikus vizsgálata lehetetlen, mivel nem marad nyoma ezeknek az áramlásoknak, a szakirodalom markánsan cáfolta. A tudás spilloverek irodalma elsősorban a szabadalmi hivatkozások segítségével tárja fel a gazdaság szereplői és területi egységei közötti tudás-transzfer jellemzőit (Karki, 1997; Openheim, 2000; Chakrabarti és szerzőtársai, 1993; Chen és Hicks, 2004; Singh 2003).

A szabadalmi hivatkozások alkalmazása a tudás-áramlás vizsgálatában azonban több problémát is felvet, amelyek közül az egyik legfontosabb, hogy a szabadalmi dokumentáció összeállítását sokszor nem a szabadalom tulajdonosa vagy feltalálói végzik, hanem erre szakosodott szervezetek. Ennek megfelelően a hivatkozások egy része is a dokumentációt összeállítók megfontolása alapján kerül be a szabadalmi dokumentumba, így nem tükröz valós tudás-

transzfert. Ugyanakkor annak kiszűrése, hogy a hivatkozások melyik része jelent valódi tudás-transzfert, meglehetősen bonyolult és egyáltalán nem triviális feladat. Ehhez kapcsolódóan Breschi és Lissoni (2003) arra hívják fel a figyelmet, hogy a szabadalmi hivatkozások sok esetben inkább társadalmi közelséget (social proximity) tükröznek, mint tényleges tudás-áramlást. Ejeremo és Karlsson (2004) valamint Maggioni és Uberti (2006) javasolják, hogy a szabadalmi hivatkozások használatával kapcsolatos problémák miatt a szabadalmak feltalálói között kialakuló kapcsolatokat érdemes vizsgálni, mivel ezek a hivatkozásokhoz képest szolidabb bázisát jelentik a tudás-transzfernek.

Mindezen megfontolások alapján a disszertációban bemutatásra kerülő empirikus vizsgálatokhoz szükséges hálózatok felépítését szabadalmi feltalálói együttműködések alapján valósítottam meg. A szabadalmi adatok az OECD által publikált regionális szabadalmi adatbázisból származnak (REGPAT adatbázis, OECD, 2009). Az adatbázisból releváns információ csupán az alábbi: valamennyi szabadalomhoz, melyet a szabadalom sorszáma azonosít, az adatbázis hozzárendeli a feltalálók postai címének megfelelő régió NUTS kódját. Ezen az adatbázison végighaladva a hálózati kapcsolatok a következő módszerrel könnyen felépíthetőek. Minden egyes szabadalom esetén egyértelműen meghatározhatóak a szabadalomhoz tartozó régiók, és e régiók közötti kapcsolat súlyát a szabadalmi együttműködés intenzitásának megfelelően növelhetjük. A kapott hálózat természetesen súlyozott, hiszen a régiók közötti együttműködések száma változhat. A súlyozás azonban több módszer segítségével is elvégezhető. Az egyes módszerek között az tesz különbséget, hogy a szabadalmi feltalálói együttműködések közül miként következtetünk a régiók közötti tudás-áramlás erősségére.

- Az első módszer szerint a tudás-áramlás volumenét úgy számítjuk ki, hogy a régiók közötti kapcsolat erősségét egy egységgel növeljük, amennyiben egy szabadalom esetén a két régió feltalálói működtek együtt.
- A második módszer szerint a tudás-áramlás volumenét a régiók közötti interperszonális kapcsolatok alapján határozzuk meg. A régiók közötti kapcsolat súlyát ekkor annnyival növeljük, amennyi személyes kapcsolatra utal a feltalálók száma.

A hálózati struktúrák elemzéséhez további támpontot a társadalmi kapcsolathálóok elemzése terén elterjedten alkalmazott SNA mutatók (Social Network Analysis) adnak. Ezek a mutatószámok alkalmasak arra, hogy a korábban bemutatott hálózati modellek (Watts-Strogatz modell, módosított Barabási-Albert modell) dimenzióiban egy adott empirikus struktúrát elhelyezzünk. Az alábbiakban röviden bemutatom azt a három ilyen mutatót, amelyet a disszertációban kiterjedten alkalmazok:

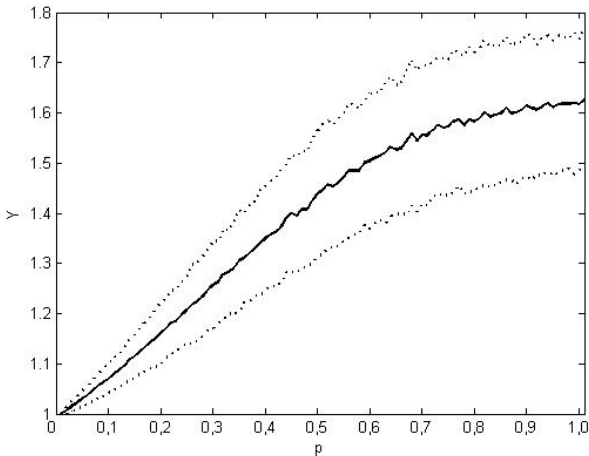
- **Átlagos elérési úthossz** – azt mutatja meg, hogy a hálózatban mért távolság alapján a csomópontok átlagosan milyen távol helyezkednek el egymástól. Ez a mutató a véletlenszerű struktúrák felismerésére alkalmas: a véletlenszerűség növekedésével az átlagos elérési út hossza csökken.
- **Átlagos klaszterezettség** – azt mutatja meg, hogy a hálózat tagjainak szomszédjai milyen mértékben szomszédjai egymásnak is (Cowan, 2005). Más szemszögből a lokális struktúrák szerepét tükrözi: a véletlenszerűség növekedésével ez a mutató is csökken.
- **Skálafüggetlenség** – matematikai szempontból ez a foksámeloszlást leíró regressziós függvény együtthatójának felel meg. Azt mutatja meg, hogy a hálózat milyen mértékben tekinthető skálafüggetlennek, azaz mennyire jellemzőek rá a centrális, sok kapcsolattal rendelkező elemek (Barabási, 2002).

A kutatás eredményeinek bemutatása

Hálózati kapcsolatok és gazdasági egyensúly integrált modellezése

A disszertáció első nagy része a hálózati kapcsolatokat integráló általános egyensúlyi modell bemutatását és elemzését tartalmazza. Ebben a részben az első két hipotézis vizsgálatára kerül sor. Összefoglalóan azt találjuk, hogy a hálózati kapcsolatok és az általános egyensúly együttes modellezése lehetséges, és az integrált modell fontos addicionális meglátásokat biztosít.

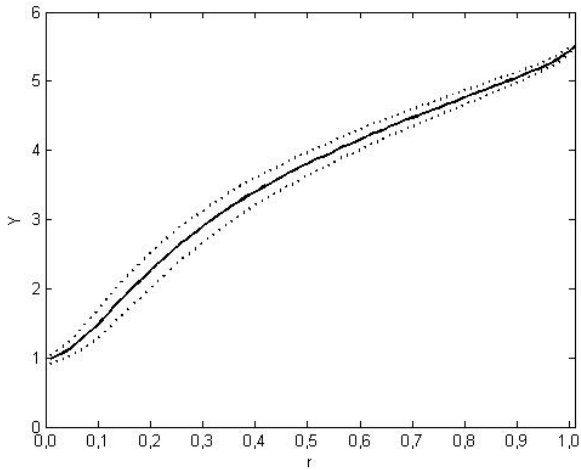
A második hipotézis tesztelése során igaznak bizonyult az az állítás, hogy a hálózati struktúra befolyásolja a gazdaság teljesítményét: a bemutatott, hálózati kapcsolatokkal bővített általános egyensúlyi modellben a gazdasági szereplőket (vállalatokat) összekötő hálózat struktúrájának markáns hatása figyelhető meg. Egyfelől kimutatható, hogy a véletlenszerű hálózati struktúrák hatékonyabbak a gazdaság aggregált kibocsátása szempontjából, mint a szabályos hálózatok. Ez egyben azt is jelenti, hogy a sűrű lokális kapcsolatokkal szemben előnyt élveznek azok a struktúrák, amelyekre a rövid elérési utak a jellemzők (2. ábra).



2. ábra. Az aggregált kibocsátás alakulása a hálózat véletlenszerűségének (p) függvényében

Ez a jelenség azt mutatja, hogy a tudás, az információ gyors terjedése kedvező hatással van a gazdaság aggregált teljesítményére. Ugyanakkor a vizsgálatok árnyalják a hálózati struktúrákkal kapcsolatos korábbi megállapításokat. Cowan (2005), Cowan és Jonard (2004) vagy Carayol és Roux (2009) a kis világok szerepét emelik ki. Ezek olyan hálózati struktúrák, amelyeket relatíve rövid elérési utak de sűrű lokális kapcsolatok jellemeznek, vagyis valahol „fél-úton” találhatóak a szabályos és véletlenszerű hálózatok között. A 2. ábrán ilyen struktúrákat a vízszintes tengely 0,2-es értéke körül találunk. A disszertációban bemutatott eredmények azonban

azt mutatják, hogy a véletlenszerűség növekedése a kis világoknál is kedvezőbb aggregált teljesítményhez vezet. Ez azt is mutatja, hogy a hálózati struktúrák mellett annak figyelembe vétele, hogy a hálózat csomópontjai a hálózati kapcsolatokon kívül másféle viszonyrendszerben is együttműködnek (pl. egy gazdasági rendszer részeiként), addicionális értéket ad a modellnek, amellyel így a korábbiaktól eltérő dimenziók is vizsgálhatóak.



3. ábra. Az aggregált kibocsátás alakulása a módosított Barabási-Albert modell r paraméterének függvényében

Az is kiderül azonban, hogy a véletlenszerű hálózatoknál még kedvezőbb aggregált teljesítményt nyújthat az a gazdasági rendszer, amelyben a szereplőket összekötő hálózati struktúra skálafüggetlen jellemzőkkel bír. A 3. ábrán nyomon követhető, hogy a skálafüggetlenség növekedése (vízszintes tengely) magasabb kibocsátási szintekhez vezet.

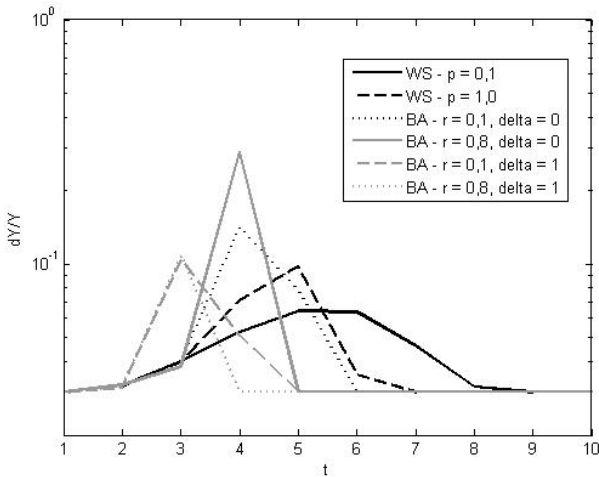
A heterogén szereplők alkalmazása ugyanakkor azt is lehetővé teszi, hogy a gazdaság aggregált teljesítménye és a szereplők közti egyenlőtlenség közötti kapcsolatot vizsgáljuk. A modell vizsgálata során kapott eredmények e tekintetben is fontos meglátásokra vezetnek. A magasabb teljesítmény rendszerint az egyedi gazdasági szereplők teljesítményének nagyobb szóródásával jár együtt. Ez

az összefüggés két speciális vetületben is megjelenik. Az egyik az, hogy a magasabb aggregált teljesítményt nyújtó hálózati struktúra egyben a hálózat tagjainak egyedi kibocsátási szintjeinek nagyobb szóródásához vezet. Mind a véletlenszerűség, mind pedig a skálafüggetlenség növekedése nagyobb különbségeket eredményez a vállalatok között. Ezt nevezhetjük egyfajta endogén sokféleségnek vagy egyenlőtlenségnek, utalva arra, hogy a kibocsátás és így az egyedi kibocsátási szintek szóródása a modell endogén változója.

A heterogenitás másik vetülete a gazdasági szereplők exogén, kívülről adott sokféleségére utal. Ha ugyanis a gazdasági egységek közötti sokféleséget vizsgáljuk, azt mondhatjuk, hogy az egységek közötti hálózati kapcsolatok éppen arra szolgálnak, hogy a más szereplőknél található eltérő információkat vagy tudásbázist hozzáférhetővé tegyék: ennél fogva a szélesebb körű hálózati kapcsolatok az információk és a felhasználható tudás diverzitásának növekedéséhez vezetnek. A bemutatott modell vizsgálata arra mutat rá, hogy minél markánsabb a gazdasági egységek közötti sokféleség (azaz minél kevésbé helyettesíthető egymással a különböző forrásokból érkező tudás), egyrészt annál nagyobb lesz az elérhető kibocsátási szint, másrészt pedig annál markánsabb a tudáshálózatok struktúrájának az a szerepe, amelyet az előző bekezdésben foglaltunk össze.

A dolgozat egy további részében azt vizsgálom, hogy a hálózati struktúrák milyen szerepet játszanak a tudás diffúziójában. Itt arra a következtetésre juthatunk, hogy a diffúzió végeredménye szempontjából (vagyis abban a tekintetben, hogy végsős soron milyen hatást gyakorolnak a technológiai sokkok a gazdaság aggregált szintű kibocsátására) nem találhatóak markáns eltérések a hálózati struktúra kapcsán, az egyedüli kivételt a szélsőségesen skálafüggetlen hálózatok esetén tapasztalhattuk, amikor is az aggregált hatás attól függően változik, hogy a technológiai sokk centrális vagy periférikus helyzetben lévő vállalatot érint.

Amennyiben azonban a technológiai diffúzió folyamatát vizsgáljuk, úgy az egyes hálózati struktúrák közötti különbség markánsabbá válik. A véletlenszerűség növekedésével a technológiai sokk hatása a rendszer egészében kisebb mértékű, ugyanakkor a növekedés hamarabb indul meg, hamarabb válik érzékelhetővé a rendszer egészének szintjén. A skálafüggetlenség növekedése ezzel szemben pozitívan hat mind a végső teljesítmény-növekedésre, mind pedig az



4. ábra. A kibocsátás növekedési ütemének alakulása különböző hálózati modellek és struktúrák mellett

időbeli lefutásra, amely utóbbi alatt azt értjük, hogy a növekedés hirtelen, nagyobb mértékben jelentkezik. Kivételt ez alól az az eset jelent, amikor a technológiai sokkhatás a gazdaság centrális szereplőit érinti: ekkor a legnagyobb hatást a véletlenszerűbb hálózatok esetén figyelhetjük meg, ugyanakkor a dinamika ebben az esetben is lassabb.

Ezek az eredmények ismét rámutatnak arra a fontos összefüggésre, amelyet az aggregált teljesítmény és az egyenlőtlenség között tapasztalunk. A technológiai változásnak (technológiai sokkoknak) akkor figyelhetjük meg a legnagyobb hatását, ha a hálózati struktúra nagyfokú aszimmetriát (egyenlőtlenséget) mutat. Így tehát egy általánosabb szinten egy rendszer teljesítménye és a rendszer elemei közötti különbségek (egyenlőtlenség) között ellentétes irányú, trade-off kapcsolat figyelhető meg. Ez a megállapítás ugyanakkor egy távolabbi összefüggésre is felhívja a figyelmet. A hálózatokkal kapcsolatos szakirodalom rávilágít arra, hogy a legtöbb valós hálózat skálafüggetlen tulajdonságokkal rendelkezik. Bár ezt nem állíthatjuk biztosan, ezek alapján úgy tűnik, hogy ezek a skálafüggetlen struktúrák egyfajta evolúciósan stabil állapotot tükröznek,

ami azt jelenti, hogy rendszerint ezek a struktúrák biztosítják az adott rendszer legjobb illeszkedését az adott környezeti feltételekhez. Elemzésünk azt mutatja, hogy legalábbis a gazdasági rendszerek esetében ezt az evolúciós stabilitást megerősíti az az eredmény, hogy a skálafüggetlen rendszerek azok, amelyek a legjobb teljesítményt adják.

Az itt bemutatott eredmények tehát összhangban vannak mindazokkal a feltételezésekkel, amelyekre a munkahipotéziseket építettem. Egyfelől sikerült egy olyan integrált modellt kialakítani, amelyben a hálózati struktúrák szerepe explicit módon megjelenik (1. hipotézis), másrészt e modell rendszerében sikerült kimutatni a hálózati struktúrák változásából fakadó hatást a gazdaság aggregált teljesítményében (2. hipotézis). Az eredmények abban is megerősítést adnak, hogy a modell segítségével a vizsgált összefüggésrendszer extra dimenziói is megjeleníthetők, azaz a modellnek addicionális értéke van a korábbi, parciális modellekhez képest, amennyiben a gazdasági kapcsolatrendszer és az információ-áramlás vizsgálatát integrált szemléletben valósítja meg.

Hálózati kapcsolatok gazdasági szerepének empirikus elemzése

A dolgozat pozitív modellezési eredményeit követően empirikus elemzéseket végzek, amelyek egyrészt a modell egy fontos alapelemének, a gazdasági egységek közötti tudás-áramlást leíró egyenlet relevanciáját vizsgálják, másrészt pedig a modell-szimulációk legfontosabb konklúzióinak empirikus igazolását keresik. Az empirikus vizsgálat az elemzés fókuszát a vállalatokról, mint releváns gazdasági egységekről a régiókra helyezi át, melynek oka elsősorban az, hogy a vizsgálatokhoz szükséges információs források (jelenleg) korlátozottak a mélyebb szintű hálózati struktúrák feltárására.

A vizsgálat alapjául szolgáló adatbázis több külső forrásból táplálkozik. Egyrészt az európai országok reálgazdasági adatait a Penn World Table adatbázisából vettem (Heston és szerzőtársai, 2009), a makrogazdasági adatok köréhez tartozó, regionális TFP értékek becslését pedig az Eurostat regionális bontású adatbázisa segítségével végeztem el. A dolgozat fontos módszertani eleme a hálózati struktúrák értelmezéséhez szükséges adatbázis létrehozása, mely-

ből két különböző, de módszertanában azonos adatbázis felhasználására kerül sor. Az egyik ilyen adatbázis a Pécsi Tudományegyetem Közgazdaságtudományi Kara egy kutatási projektje keretében létrehozott szabadalmi együttműködési adatbázis, amely Franciaország, Németország és az Egyesült Királyság NUTS2 régióinak szintjén definiálja a régiók közötti, high-tech szektorhoz kötődő szabadalmi kapcsolatokat az 1978-2004 időszakra vonatkozóan. A másik adatbázis saját adatfeldolgozás eredménye, amely az OECD által publikált regionális bontású szabadalmi adatbázisra épít (OECD, 2009): itt NUTS3 szintű régiók közötti szabadalmi kapcsolatokat határozok meg a teljes szabadalmi bázisra vonatkozóan, szektorális megkötések nélkül. Az adatbázis kialakítása mindkét esetben (PTE KTK és saját hálózati adatbázis esetén is) azonos elvek szerint történt: adott az egyes szabadalmak feltalálóihoz rendelt NUTS2 vagy NUTS3 szintű régiók kódja, így két régió közötti együttműködés intenzitása attól függ, hogy mennyi szabadalom esetén tapasztalunk ilyen együttműködést. Az elemzések során két módszert alkalmazok a kapcsolati intenzitás megállapítására vonatkozóan: az első módszer szerint az kapcsolati intenzitás attól függ, hogy a vizsgált két régió feltalálói mennyi szabadalom esetén működtek együtt, a második módszer pedig a régiók közötti személyes kapcsolatok számát veszi alapul. Az eredmények azt mutatják, hogy lényeges eltérés nem található a két eltérő módszerrel számolt mutatók és az alkalmazásukkal kapott eredmények között.

Elsőként a korábban alkalmazott elméleti modell egyik központi elemét vizsgálom, amely a hálózati kapcsolatokon keresztül hozzáférhető, ún. *külső tudás* és az adott gazdasági egység termelékenysége közötti kapcsolatot írja le. A vizsgálathoz az Eurostat adatain becsült TFP értékeket használom, mint a termelékenység mutatóját, valamint a NUTS2 régiók közötti szabadalmi együttműködések kapcsolati hálóját. Az első vizsgálatok azt mutatják, hogy ez a kapcsolat a nem várt és kontra-intuitívnek nevezhető negatív előjelű: tipikusan azok a régiók rendelkeznek magasabb TFP értékekkel, amelyek relatíve alacsonyabb szintű külső tudással jellemezhetőek, azaz a többi régióból a hálózati kapcsolatokon keresztül érkező tudás jellemzően alacsonyabb szintű. Pont az intuícióval ellentétes eredmények miatt azonban további vizsgálatokat mutatok be, egyfelől az elemzésbe bevont változók adekvát korrekciójával, másrészt pedig a modell megfelelő értelmezésével. A korrekciók mö-

gött az az alapgondolat húzódik meg, hogy a hálózati kapcsolatok szélsőséges eloszlása miatt figyelhető meg a negatív kapcsolat. A magas TFP-vel jellemezhető régiók nem azért mutatnak alacsony szintű külső tudást, mert a külső tudás nem járul hozzá egy régió termelékenységéhez, hanem azért, mert a vizsgált mintában magas termelékenységű régiók centrális helyzetüknél fogva tipikusan alacsony termelékenységű és alacsony tudásszintű régiókhoz csatlakoznak, így a kapcsolatok ilyen szélsőséges eloszlása elfedi a külső tudás és a TFP közötti tényleges kapcsolatot.

Az első módszer szerint megpróbálom kiszűrni a fenti tendenciát az adatokból: a külső tudás abszolút értékét a külső kapcsolatok számához viszonyítva (egy kapcsolaton keresztül elérhető külső tudás), továbbá a TFP értékeket a régión belüli tudásszinthez viszonyítva már pozitív kapcsolat mutatható ki a külső tudás és a TFP-ben mutatkozó extra változékonyság között. Enyhe pozitív kapcsolat adódik ezen kívül a külső tudás és a TFP között, ha nem ezek abszolút szintjeit, hanem növekedési rátáit kapcsoljuk össze. Az empirikus változók korrekciójával keletkező pozitív eredmények azonban további problémákat is felvetnek, így egy további módszert is alkalmazok a TFP és a külső tudás közötti kapcsolat feltárására.

Ez a második módszer azt vizsgálja, hogy a korábban bemutatott elméleti modellben milyen feltételek mellett alakulhat ki az empirikusan megfigyelhető szituáció, azaz a modell egyenleteiben a TFP és a külső tudás között feltételezett pozitív irányú összefüggés milyen esetekben vezet végül negatív összefüggéshez a modell egésze szintjén. Ehhez a modellben különböző hálózati struktúrák mellett vizsgálom az egyes hálózati tagok TFP értéke és külső tudása közötti átlagos, aggregált szinten megfigyelhető statisztikai összefüggést. Az eredmények azt mutatják, hogy a modellben az egyedi szereplők szintjén feltételezett pozitív kapcsolat a két jellemző között abban az esetben vezet ellentétes irányú aggregált szintű összefüggéshez, amennyiben a hálózat struktúrája erősen skálafüggetlen. Ez az eredmény alátámasztja azt a hipotézist, hogy az empirikusan megfigyelhető negatív összefüggés nem a külső tudás parciális hatását tükrözi, hanem a hálózat speciális struktúrájából fakad, ahol a centrális régiók sok kapcsolattal alacsony tudásszintű régiókhoz kapcsolódnak, míg a periferikus régiók kevesebb kapcsolattal, de lényegesen magasabb tudásszinttel jellemezhető régiókkal állnak kapcsolatban. A jelenség oka pedig az, hogy a megfigyelt hálózat

erős skálafüggetlen tulajdonságokat mutat, azaz néhány domináns centrális szereplő mellett a régiók nagyobb része periferikus szerepet játszik a hálózatban.

Ezek az eredmények arra mutatnak, hogy az elméleti modell központi tényezője, a gazdasági egységek közötti tudás-kapcsolatok termelékenységét meghatározó szerepe empirikusan is releváns. Ezt követően kísérletet teszek az elméleti modell legfontosabb következtetéseinek, nevezetesen, hogy a hálózati struktúra és a gazdaság aggregált szintű teljesítménye közötti összefüggés, empirikus elemzésére.

Ehhez a vizsgálathoz a makrogazdasági adatokat a Penn World Table (Heston és szerzőtársai, 2009) szolgáltatta. Az itt elérhető adatok közül az egy főre eső reálértéken számolt GDP-t használtam fel, mivel ez a makrogazdasági mutató közelíti legjobban a korábbi modellben használt „aggregált kibocsátás” fogalmát. A hálózati struktúrát a korábban már ismertetett módszertan szerint vizsgálom, a jelen alkalmazás során azonban az OECD szabadalmi adatbázisa alapján a 27 Európai Unió tagország NUTS3 szintű régióira definiálom a hálózatot. A vizsgálat térbeli dimenziója így kétszintűvé válik: egyrészt a NUTS3 régiók jelentik azokat az alapvető gazdasági egységeket, amelyek a hálózat csomópontjaiként szolgálnak, ugyanakkor a hálózati struktúrát országokon belül vizsgálom annak érdekében, hogy a struktúra és a gazdasági teljesítmény közötti kapcsolat elemezhető legyen.

A rendelkezésre álló adatok mind a hálózati, mind a makrogazdasági mutatókat hosszabb időszoron biztosítják. A két adatbázis (makro- és hálózati adatok) időbeli lefedettségének metszete az 1981 és 2002 közötti 21 évet jelenti, így egy panel-adatbázis adódik, amely az országok keresztmetszetén a fenti idő-intervallumon tartalmaz adatokat a vizsgált 27 ország gazdasági teljesítményéről és belső interregionális hálózati struktúrájáról. Mindezek alapján a következő panel-regressziós egyenlet írható fel:

$$\ln(\text{GDP}_{i,t}) = \beta_0 + \beta_1 \times \ln(\text{NET}_{i,t-\tau}) + \nu_i + \varepsilon_{i,t}$$

Az egyenletben $\text{GDP}_{i,t}$ a reálértéken számolt, egy főre eső GDP értékét jelöli az i országban és a t időszakban, a $\text{NET}_{i,t-\tau}$ változó pedig a hálózati struktúrát leíró mutató értéke az adott országra és

az adott időszakra számítva. A v_i a véletlen hatással számolt panel-regresszió egység-specifikus, de idő-invariáns tagja, $\varepsilon_{i,t}$ a fehér zaj, míg a τ változó az esetleges késleltetési hatások figyelembe vétele miatt fontos. A változók logaritmizálására azért van szükség, hogy a regresszióban alkalmazott adatsorok normális eloszlást mutassanak.

A fenti regressziós egyenletben a $NET_{i,t}$ változó többféle hálózati mutatót is takarhat, a mutatók meghatározása pedig szorosan kötődik a tesztelendő eredményekhez. Korábban azt láttuk, hogy a hálózat véletlenszerűségének és skálafüggetlenségének növekedése a gazdaság aggregált kibocsátásnak növekedése irányába mutat.

A hálózati struktúra véletlenszerűségét két hálózati mutató segítségével írhatjuk le: egyrészt az átlagos elérési úthossz, másrészt pedig a klaszterezettség mutatójának felhasználásával. Az átlagos elérési úthossz a hálózatban az egyes csomópont-párok között számolt legrövidebb utak hosszának átlaga. Ez a mutató alkalmas lehet a hálózat „szélességének” mérésére. Nagyobb értékek mellett az információ terjedése lassabb, míg kisebb értékek mellett gyorsabb. Ahogy egy hálózat struktúrája a szabályostól a véletlenszerű felé halad, úgy egyre rövidebb elérési utak figyelhetőek meg: a véletlenszerűség növekedése a lokális csoportok közötti átkötő kapcsolatok szerepét növeli, így a hálózat eredetileg távoli tagjai közötti elérési út fokozatosan lerövidül (lásd pl. Watts és Strogatz, 1998; Cowan, 2006; Barabási, 2002).

A hálózati struktúra véletlenszerűségét – az átlagos elérési úthosszal kölcsönösen – leíró másik érték az átlagos klaszterezettség mutatója. Cowan (2005) definíciója szerint a klaszterezettség azt méri, hogy a hálózat egy csomópontjának szomszédjai milyen mértékben szomszédjai egymásnak is. Ez a mutató egy egyszerű arányszám: azt értékeli, hogy a hálózat egy adott csomópontjának szomszédjai között lehetséges összes kapcsolat közül mennyi létezik ténylegesen. A minden egyes csomópontra értelmezett egyszerű klaszterezettségi mutatók átlagaként adódik a hálózat globális struktúráját jellemző átlagos klaszterezettség. A hálózat véletlenszerűségének növekedésével az átlagos klaszterezettség mutatója csökken, mivel a véletlenszerű átkötő kapcsolatok dominanciájának növekedése egyben a lokális csoportok felbomlásához vezet (Watts és Strogatz, 1998; Cowan, 2005).

A fenti két mutató azonban önmagában nem feltétlenül méri megbízhatóan a hálózati struktúra véletlenszerűségét. Különböző méretű hálózatokban jelentősen eltérő értékek adódhatnak akkor is, amikor a struktúra ezt nem indokolná: kisebb méretű hálózatokkal összehasonlítva ugyanis akkor is nagyobb átlagos elérési utak adódnak egy nagyobb hálózatban, ha a struktúra közelebb áll a véletlenszerű struktúrához. Ez a torzítás úgy küszöbölhető ki, ha az átlagos elérési úthossz és az átlagos klaszterezettség mutatóit nem abszolút módon, hanem egy azonos méretű, de teljesen véletlen hálózat azonos mutatójához viszonyítva értelmezzük. Így a relatív értékek változása egyértelmű tendenciát mutat a véletlenszerűség viszonylatában.

A struktúra skálafüggetlenségét egyetlen mutató segítségével is kifejezhetjük. A hálózati struktúra skálafüggetlensége a csomópontok fokszám-eloszlásának speciális jellegére utal: a struktúra annál inkább skálafüggetlen, minél dominánsabb néhány centrális szereplő helyzete. Egy szélsőségesen skálafüggetlen struktúra az ún. csillag-hálózat, ahol egyetlen csomópontnak nagyon sok kapcsolata van, míg a többi csomópontnak csupán egyetlen. Barabási és szerzőtársai (2000) kimutatják, hogy a valós hálózatok fokszám-eloszlása egy egyszerű hatványfüggvény segítségével írható le, ahol a kitevő értéke tipikusan -2 és -3 körül alakul. A negatív érték tükrözi azt a tendenciát, hogy az alacsony fokszámhoz magas, míg a magas fokszámhoz alacsony gyakorisági értékek tartoznak. A fokszám-eloszlást leíró hatványfüggvény kitevője statisztikai módszerekkel bármely hálózat esetén meghatározható és ez a kitevő a skálafüggetlenség alkalmas mércéje: abszolút értékben magasabb kitevők nagyobb skálafüggetlenségre utalnak, míg a fokszámok egyenletes (vagy akár normális) eloszlásánál a kitevő értéke zérus.

Akárcsak a korábbi két mutató esetén, a skálafüggetlenségi mutató szempontjából sem mindegy, hogy milyen méretű hálózat alapján számítjuk ki az adott értéket, ezért az elemzésben a kiszámolt „nyers” mutatót egy azonos méretű, de szélsőségesen skálafüggetlen hálózat hasonló mutatójához viszonyítva értelmezzük. Ez egyben azt is jelenti, hogy a relatív mutató növekedése a skálafüggetlenség növekedését tükrözi, mivel mind a megfigyelt skálafüggetlenségi mutató, mind pedig a viszonyításul szolgáló mutató negatív.

Mindezek alapján a fenti regressziós egyenletbe a $NET_{i,t}$ változó helyére három különböző, specifikus hálózati mutató helyettesíthe-

	<i>lag0</i>		<i>lag1</i>		<i>lag2</i>	
const	9,750	***	9,755	***	9,761	***
log_CLS	-0,162	***	-0,152	***	-0,146	***
const	9,632	***	9,642	***	9,653	***
log_PATH	-0,200	**	-0,130		-0,113	
const	9,437	***	9,502	***	9,517	***
log_SCALE_W	0,116	***	0,101	***	0,101	***
	<i>lag3</i>		<i>lag4</i>		<i>lag5</i>	
const	9,811	***	9,843	***	9,843	***
log_CLS	-0,169	***	-0,204	***	-0,204	***
const	9,665	***	9,676	***	9,687	***
log_PATH	-0,107		-0,074		-0,007	
const	9,555	***	9,563	***	9,580	***
log_SCALE_W	0,090	***	0,095	**	* 0,096	***

1. táblázat. Panel-regressziós eredmények a hálózati struktúra és a gazdasági teljesítmény vonatkozásában

tő: az átlagos elérési úthossz ($PATH_{i,t}$), az átlagos klaszterezettség ($CLS_{i,t}$) és a skálafüggetlenség ($SCALE_W_{i,t}$), az imént kifejtett módszer szerint meghatározott értékei. A regressziós egyenlet magyarázott változója is a gazdasági teljesítmény többféle mutatója lehet, itt azonban csak az egy főre eső, reálértéken számolt GDP-t alkalmazom. Az 1. táblázat mutatja a kapott főbb eredményeket, a magyarázó változó 6 különböző késleltetése mellett, az egyes hálózati mutatók esetén.

A kapott eredmények pozitívak. Az átlagos klaszterezettség szignifikáns negatív kapcsolatban áll a gazdasági teljesítménnyel, bár mely késleltetés mellett, vagyis a véletlenszerűbb (lokálisan kevésbé integrált) hálózatokkal jellemezhető országok magasabb aggregált gazdasági teljesítményt mutatnak. Az átlagos elérési úthossz esetén az eredmények kevésbé markánsak, itt csupán a késleltetés nélküli modellnél találunk enyhén szignifikáns, negatív összefüggést. A negatív irányú kapcsolat azt jelenti, hogy az átlagos úthossz növekedése alacsonyabb aggregált kibocsátással jár, vagyis a kevésbé szignifikáns összefüggés ellenére a kapcsolat iránya e mutató esetén is megegyezik a várttal: véletlenszerűbb hálózatok (rövidebb elérési utak) magasabb aggregált teljesítménnyel párosulnak. A skálafüggetlenség vizsgálata során kapott eredmények szintén szignifikánsak és kedvező irányúak: a skálafüggetlenség

növekedése magasabb aggregált teljesítménnyel jár, ami tükrözi a korábban bemutatott elméleti modell eredményeit.

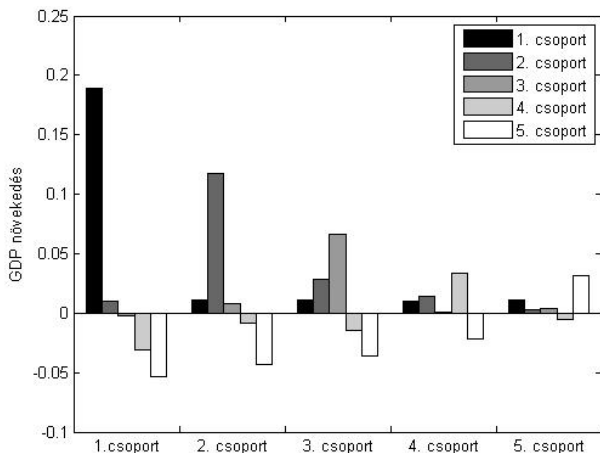
A vizsgálatnak ez a része azonban további megfontolásokat is igényel. A kapott pozitív eredmények ellenére nem világos, hogy a megfigyelt kapcsolat a hálózati struktúra és a gazdasági teljesítmény tekintetében milyen mértékben vezethető vissza az elméleti modellben tárgyalt összefüggésekre. Minthogy az alkalmazott módszertan csupán a kapcsolat létezését igazolja, egyáltalán nem lehetünk biztosak abban, hogy ennek a kapcsolatnak mi az iránya. Az elméleti modell ugyan sugallja a hálózati struktúra felől a gazdasági teljesítmény irányába mutató kapcsolatot, ugyanakkor a fordítottja is könnyen elképzelhető: a gazdasági tevékenység változása (fejlődése) vezetett a megfigyelt strukturális változásokhoz. Ugyanakkor az is elképzelhető, hogy mindössze álkorrelációról van szó, vagyis a gazdasági teljesítmény és a hálózati struktúra változásait valamilyen külső, jelen esetben exogénnek tekinthető tényező befolyásolja.

Összefoglalva az empirikus eredményeket megállapítható, hogy a felépített elméleti modell-keret, az előző bekezdésben foglalt felvételeket figyelembe véve is, empirikusan igazolható eredményekre vezet (3. hipotézis). Egyfelől kimutatható a modell központi elemének (a gazdasági egységek teljesítménye és a hálózati kapcsolatok közötti összefüggést megadó egyenlet) empirikus relevanciája, másrészt pedig a modell alapvető következtetései az empirikus elemzések során is megfigyelhetőek.

Egy alkalmazási lehetőség – fejlesztéspolitikai hatáselemzés

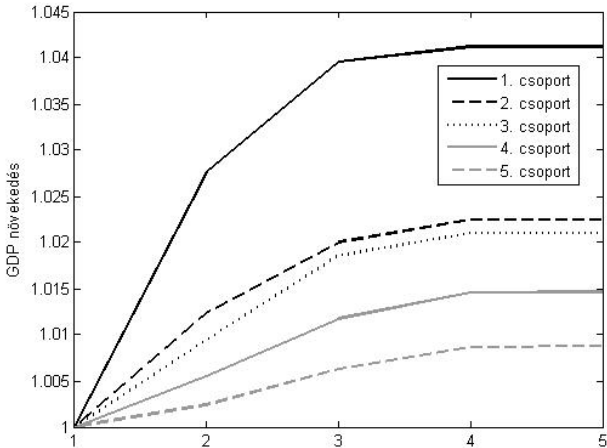
Miután az empirikus tesztek az elméleti modell relevanciája irányába mutatnak, egy olyan lehetőséget mutatnak be a modell alkalmazására, amely akár fejlesztéspolitikai célokat is szolgálhat. Az elméleti modell és az empirikus tapasztalatok integrálása segítségével egy, az Európai Unió három vezető gazdasága (Németország, Egyesült Királyság, Franciaország) adatai alapján kalibrált modellt mutatnak be, amely lehetőséget ad arra, hogy a vizsgált három ország specifikus régióit érintő technológiai sokkhatások dinamikus hatásait elemezzük. A modell kalibrálását a korábban már ismertetett módszertan alapján a vizsgált három ország NUTS2 régiói között

megfigyelt szabadalmi együttműködések alapján valamint a szintén korábban becsült régiós TFP értékek segítségével végeztem el.



5. ábra. A GDP változása az egyes régiócsoportokban különböző csoportokat érintő technológiai sokkhatások esetén, fokszám szerinti csoportosításban

Az 5. ábrán látható a szimulációk során kapott eredmények összefoglalása. A vizsgált országok régióit a GDP alapján 5 csoportra osztva azt vizsgálom, hogy az egyes csoportok régióit érintő (pozitív) technológiai sokkok milyen hatást váltanak ki az egyes csoportok gazdasági teljesítményében. Az ábra alapján egy nagyon lényeges tendencia látható: a hatás mindig pozitív abban a csoportban, amelyet a sokk érint, azonban a legnagyobb hatást a centrális régiók esetén figyelhetjük meg (1. csoport: London, Oberbayern, Ile-de-France), míg a periferikus régiók (5. csoport) „saját” hatása lényegesen kisebb. A periferikus régiók ugyanakkor csak abban az esetben profitálnak a technológiai haladásból, amennyiben az közvetlenül őket érinti. Ez a centrumok erős technológiai „elszívó” hatását mutatja: a centrális régiók akkor is profitálnak a sokkhatásokból, ha az más régiókat érint, míg a periferikus régiók nem tudnak profitálni a centrális régiókat érintő hatásokból.



6. ábra. Az aggregált GDP alakulása különböző régiócsoportokat érintő technológiai sokkok esetén, GDP szerinti csoportosításban

A 6. ábrán az látható, hogy miként alakul a vizsgált modell-gazdaság aggregált teljesítménye a különböző régió-csoportokat érintő technológiai sokkhatások esetén. Egyértelműen látható, hogy a legnagyobb aggregált szintű hatás akkor figyelhető meg, amikor a technológiai sokk a centrális régiókat érinti. A periferikusabb régiókat érintő technológiai sokkok aggregált hatása is pozitív, azonban lényegesen elmarad attól a hatástól, amit az ellenkező esetben figyelhetünk meg.

Ezek az eredmények világosan rámutatnak az egyenlőtlenség és az aggregált teljesítmény között megfigyelhető negatív irányú összefüggésre, ami az elméleti modell elemzése kapcsán is tapasztalható volt. A szimulációk tapasztalatai azt mutatják, hogy adottnak feltételezve a gazdasági egységeket (régiókat) összekötő tudáshálózat struktúráját, a gazdasági rendszer jobb teljesítménye a rendszer elemeinek nagyobb egyenlőtlensége árán valósítható meg: a centrális régiók támogatása aggregált szinten a legjobb eredményhez vezet (6. ábra), ugyanakkor ez a változás a régiók közötti egyenlőtlenséget nagy mértékben növeli (5. ábra). A fejlesztéspolitika szá-

mára azonban ezek az eredmények fontos tanulságot is hordoznak: a hálózati struktúra alkalmas fejlesztésével ezek a dinamikus hatások koordinálhatóak, ugyanakkor az aggregált teljesítmény és az egyenlőtlenség közötti trade-off kapcsolatot mindenképpen figyelembe kell venni. Összefoglalva az elmondottakat az látható, hogy az empirikus elemzés bázisán kalibrált modell alkalmas eszköze lehet olyan hatáselemzéseknek, amely a regionális fejlesztéspolitika céljait szolgálják (4. hipotézis).

A témához kapcsolódó publikációk jegyzéke

Sebestyén, T. (2010): Innovation and Diversity in a Dynamic Knowledge Network. *PTE KTK KRTI Műhelytanulmányok*, 2010/1.

Sebestyén, T., Parag, A. (2010): The Dynamics of Link Formation in Patent Innovation Networks. *Perspectives of Innovation, Economics and Business*, Volume 4, Issue 1, pp. 21-25.

Sebestyén, T., Parag, A., Kruzslicz, F. (2010): Local Buzz and the Culture of Heterogeneity – Urbanization vs. Localization Economies in Patent Innovator Networks. In: Tarrósy, I., Mátyás, J. (szerk.): *Culture of Business – Capital of Culture. E-book – Proceedings of the International Conference held between 15 and 17 October 2009*. Kiadó: PTE KTK, 257-274.o.

Sebestyén, T., Parag, A., Kruzslicz, F. (2010): Sokféleség és specializáció az európai szabadalmi együttműködési hálózatokban. In: *Tanulás, tudás, gazdasági sikerek – avagy a tudásmenedzsment szerepe a gazdaság eredményességében konferencia kiadványa*. Kiadó: Lifelong Learning Magyarország Alapítvány. 418-426.o.

Kruzslicz, F., Sebestyén, T., Parag, A. (2010): Kapcsolati háló elemzés az európai szabadalmi adatbázis alapján. Konferencia előadás 7. Országos Gazdaság-informatikai Konferencia, Pécs, 2010. november 26-27.

Sebestyén, T. (2009): Abszorpciók képességek és innováció – egy szabadalmi verseny modellje. *Sigma*, (1-2.), 25-51.o.

Varga, A., Járosi, P., Sebestyén, T. (2009): Geographical Macro and Regional Model for EU Policy Impact Analysis of Intangible Assets and Growth. *IAREG Working Paper*, WP5/20, December, 2009

Parag, A., Sebestyén, T., Kruzslicz, F. (2009): Urbanization and Localization Economies in Patent Innovator Networks. Konferencia előadás: Challenges for Analysis of the Economy, the Businesses, and Social Progress, Szeged, november 19-21

Parag A., Sebestyén, T. (2009): The Evolution of Patent Innovator Networks: The Dynamics of Structural Characteristics and Link Formation. Konferencia előadás: Challenges for Analysis of the Economy, the Businesses, and Social Progress. Szeged, november 19-21

Parag A, Sebestyén, T. (2009): The Evolution of Patent Innovator Networks: The Dynamics of Structural Characteristics and Link Formation. Networks, Power and Relations. First International NPR Workshop Catholic University of the Sacred Heart, 16-17 September, Milan, Italy

Sebestyén, T. (2009): Heterogeneity and Cluster Evolution: a Network Perspective. 6th European Meeting on Applied Evolutionary Economics, Jéna, Németország, május 21-23.

Sebestyén, T. (2008): Knowledge Heterogeneity, Alliance Formation and the Evolution of Clusters. In: *Proceedings of Presentation Papers The 5th International Conference on Innovation and Management*. Kiadó: The Organizing Committee of ICIM, UNU-MERIT, Maastricht, The Netherlands, 12-39. oldal

Sebestyén, T. (2006): Adaptivitas, innováció és fejlődési csapda – integrált elméleti megközelítés. *Vezetéstudomány*, (7-8) július-augusztus, 4-11.o.

Sebestyén, T. (2005): A humán tőke minőségének néhány elméleti vonatkozása. *Munkügyi Szemle*, (6) június 28-32.o.

A téziszűzetben hivatkozott irodalmak jegyzéke

Aghion, P., Howitt, P. (1992): A Model of Growth Through Creative Destruction. *Econometrica*, 60 pp- 323-351.

Arrow, K.J. (1962): The economic implications of learning by doing. *Review of Economic Studies*, 29 pp. 166-173.

Arrow, K.J. (1994): The Production and Distribution of Knowledge. In: Silverberg, G., Soete, L. (eds.): *The Economics of Growth and Technical Change*, Edward Elgar, pp. 9-19.

Barabási, A.L. (2002): *Behálózva. A hálózatok új tudománya. Hogyan kapcsolódik minden egymáshoz és mit jelent ez a tudományban, az üzleti és a mindennapi életben*. Magyar könyvklub, Budapest.

Barabási, A.L., Albert, R. (1999): Emergence of scaling in random networks. *Science*, 286 pp. 509-512.

Barabási, A.L., Albert, R., Jeong, H. (2000): Scale-free characteristics of random networks: The topology of the world wide web. *Physica A*, 281, pp. 69-77.

Breschi, S., Lissoni, F. (2003): Mobility and social networks: localised knowledge spillovers revisited. *CESPRI, Working Paper* nr. 142.

Carayol, N., Roux, P. (2009): Knowledge flows and the geography of networks: A strategic model of small world formation. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 71(2), pp. 414-427.

Chakrabarti A.K., Dror, I., Eakabuse, N. (1993): Interorganizational Transfer of Knowledge an Analysis of Patent Citations of a Defense Firm. *IEEE T. Eng. Manage.* 40 pp. 91-94.

Chen C.M., Hicks, D. (2004): Tracing knowledge diffusion. *Scientometrics*, 59 pp. 199-211.

Cowan, R. (2005): Network models of innovation and knowledge diffusion. In: Breschi, S., Malerba, F. (eds.): *Clusters, Networks and Innovation*. Oxford University Press, Oxford, pp. 29-53.

Cowan, R., Jonard, N. (2004): Network structure and the diffusion of knowledge. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 28(8) pp. 1557-1575.

Dixit, A.K., Stiglitz, J.E. (1977): Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity. *American Economic Review*, 67(3) pp. 297-308.

Ejermo, O., Karlsson, C., (2004): Spatial Inventor Networks As Studied by Patent Coinventorship. Working Paper Series in Economics and Institutions of Innovation 17, Royal Institute of Technology, CESIS - Centre of Excellence for Science and Innovation Studies.

Fujita, M., Krugman, P.R., Venables, A.J. (1999): *The Spatial Economy: Cities, Regions and International Trade*. MIT Press, Cambridge, MA.

Grossman, G.M., Helpman, E. (1991): Quality Ladders and Product Cycles. *Quarterly Journal of Economics*, 105 pp. 557-586.

Heston, A., Summers, R., Aten, B. (2009): Penn World Table Version 6.3, Center for International Comparisons of Production, Income and Prices at the University of Pennsylvania, August 2009.

Jackson, M.O., Wolinsky, A. (1996): A Strategic Model of Social and Economic Networks. *Journal of Economic Theory*, 71(1) pp. 44-74.

Jakab, Z.M., Világi, B. (2008): An estimated DSGE model of the Hungarian economy. *MNB Working Papers 2008/9*, Magyar Nemzeti Bank.

Karki M.M. (1997): Patent citation analysis: a policy analysis tool. *World Patent Inf.* 19 pp. 269-272.

Krugman, P. (1991): *Geography and Trade*. The MIT Press: Cambridge, MA.

Lucas, R.E. (1990): SupplySide Economics: An Analytical Review. *Oxford Economic Papers*, 42 pp. 293-316.

Maggioni, M.A., Uberti, T.E. (2006): International networks of knowledge flows: an econometric analysis. *Papers on Economics and Evolution*, 2005-19, Max Planck Institute of Economics, Evolutionary Economics Group.

OECD (2009): REGPAT Database, October 2009

Oppenheim C. (2000): Do Patent Citations Count? In: Cromin, B., Atkins, H.B (eds.): *The Web of Knowledge*. Information Today, Inc, Medford, pp. 405-432.

Ratto, M., Roeger, W., Veld, Jan in 't (2009): QUEST III: An estimated open economy DSGE model of the euro area with fiscal and monetary policy. *Economic Modelling*, 26(1) pp. 222-233.

Romer, P.M. (1994): The Origins of Economic Growth. *Journal of Economic Perspectives*, 8 pp. 3-22. o.

Singh J. (2003): Social Networks as Drivers of Knowledge Diffusion. Elérhető: SSRN (Social Science Research Network) DOI: 10.2139/ssrn.431872.

Smets, F., Wouters, R. (2007): Shocks and Frictions in US Business Cycles: A Bayesian DSGE Approach. *American Economic Review*, 97(3) pp. 586-606.

Solow, R.M. (1957): Technical Change and the Aggregate Production Function. *Review of Economics and Statistics*, 39 pp. 312-320.

Valentinyi, Á. (1995): Endogén növekedésmélelet. Áttekintés. *Közgazdasági Szemle*, XLII. évf., 6. sz. pp. 582-594.

Watts, D.J., Strogatz, S.H. (1998): Collective dynamics of 'small-world' networks. *Nature* 393(6684) pp. 409-410.