

ZÁRÓJELENTÉS

Nemzetközi tudományos beágyazottság, technikai fejlődés és gazdasági növekedés – OTKA 101660

A tudáshálózatok, illetve azok gazdasági jelentőségének vizsgálati területén a kutatás három (egymással összefüggő) irányban ért el új eredményeket, melyeket az alábbiakban három munkacsoportba csoportosítva ismertetünk: (1) az ENQ index kifejlesztése; (2) a vezető magyar kutatók nemzetközi tudáshálózatokba való beágyazottságának vizsgálata; valamint (3) a tudáshálózati beágyazottságnak a gazdasági teljesítményre gyakorolt hatásai elemzését célzó integrált modellrendszer kifejlesztése.

1. munkacsoport: A hálózathálóból elérhető tudást mérő ENQ index kifejlesztése és alkalmazása

Az ENQ (Ego Network Quality – egyéni hálózatminőség) index kidolgozásának a célja egy olyan mérőszám megalkotása, mellyel az innovációs szereplő által a hálózathálóból hozzáférhető tudás nagyságát fejezzük ki. Az index tehát a tudományos hálózathálókba való beágyazottságot méri. Az index potenciálisan fontos szerepet játszhat a tudáshálózathálókban az innovációs teljesítménnyel való kapcsolata vizsgálatában és a különböző szakpolitikai beavatkozások hatásainak tanulmányozásában. Az indexnek központi helye volt a kutatásban, melynek során annak két egymással szoros összefüggésben levő alkalmazását dolgoztuk ki. Egyrészt az élenjáró magyar természettudósok nemzetközi beágyazottságát vizsgáltuk, másrészt (egy ágens alapú modellnek a GMR-rendszerbe illesztése révén) a magyar régiók nemzetközi tudáshálózathálókba való integráltságának regionális és országos hatásait becsültük vele.

Az index koncepciója három jelenségre épül, amelyeket az innováció-elmélet fogalmaz meg. Az első szerint egy adott szereplő partnereinél elérhető tudás pozitív kapcsolatban áll az adott szereplő termelékenységével az új tudás létrehozásában. Másodsor, az adott szereplő hálózathálójának struktúrája addicionális értékkel bírhat. Harmadsor, az adott szereplő közvetlen kapcsolatai hozzájárulhatnak a tudásforrások sokféleségéhez is azáltal, hogy ezek a kapcsolatok a hálózatháló egészének elkülönülő csoportjaihoz jelentenek összeköttetést.

Az ENQ index két dimenzióra épül, amelyek kiegészülnek egy harmadik, ezekre épülő dimenzióval. Ez a két dimenzió: (i) a Tudáspotenciál, amely az adott szereplő partnereinél felhalmozott tudást méri és (ii) a Lokális struktúra, amely a partnerek közötti kapcsolatháló struktúráját számszerűsíti. A harmadik aspektust Globális beágyazottságnak nevezzük mely a hálózatháló közvetlen partnereken túli minőségét méri úgy, hogy az előző két dimenzió számítási módját alkalmazza a vizsgált szereplőtől egyre távolabb eső „szomszédságokra”.¹

A jelöléseket tekintve a mögöttes hálózathálót a szokásosnak megfelelően az $\mathbf{A} = [a_{ij}]$ kapcsolati mátrix adja meg, amelynek általános a_{ij} eleme az i és j csomópontok

¹ Hálózatháló terminológiát használva egy adott i csomópont d távolságra lévő szomszédságán azon csomópontok halmazát és a köztük lévő kapcsolatokat értjük, amelyek a vizsgált csomóponttól adott távolságra helyezkednek el a hálózathálóban.

közötti kapcsolatot írja le.² A kapcsolati mátrix definiálja a csomópont-párok közötti legrövidebb utak mátrixát, melyet $\mathbf{R} = [r_{ij}]$ jelöl a továbbiakban. Annak érdekében, hogy az egyes szereplők (csomópontok) tudásszintjét mérni tudjuk, a $\mathbf{k} = [k_i]$ vektort vezetjük be. Ezeket a jelöléseket használva a korábban bemutatott ENQ koncepciót az alábbi módon formalizálhatjuk:

$$ENQ_i = \sum_{d=1}^{M-1} W_d LS_d^i KP_d^i = LS_1^i KP_1^i + GE^i \quad (3)$$

ahol az i felsőindex jelöli azt a csomópontot, amelyre az ENQ indexet kiszámítjuk, a d alsóindex pedig a hálózatban mért távolságok jelölésére szolgál. M a hálózat mérete, W_d pedig egy súlyszám, amelyet a vizsgált csomóponttól d távolságra lévő szomszédságokra kiszámolt értékek diszkontálására használunk. KP_d^i és LS_d^i rendre a Tudáspotenciál és Lokális struktúra értékek, amelyeket az i csomóponttól d távolságra lévő szomszédságra számítunk ki. A fenti formulát úgy interpretálhatjuk, hogy valamennyi szomszédságra kiszámítjuk a Tudáspotenciál értékeket és ezeket súlyozzuk az adott szomszédság Lokális struktúra értékével. Majd ezeket a súlyozott tudásszinteket a távolságoknak megfelelő súlyokkal diszkontáljuk és a különböző távolságokra kapott diszkontált értékek összegét kiszámítva kapjuk az ENQ indexet. A második egyenlőség (felhasználva, hogy definíció szerint $W_1 = 1$) azt mutatja, hogy az ENQ index miként bontható fel a koncepcióban vázolt három dimenzióra. A Tudáspotenciál (KP) valamint a Lokális struktúra (LS) értékek a közvetlen partnereket (az első szomszédságot) jellemzik, míg a Globális beágyazottság (GE) összegzi ezeket az értékeket a közvetlen partneri körön túl. Az alábbiakban az index két alapelemének, a Tudáspotenciálnak és a Lokális struktúrának a számítási módját mutatjuk be.

Tudáspotenciál

A fent bevezetett jelöléseket alkalmazva a Tudáspotenciálra az alábbi definíciót adjuk:

$$KP_d^i = \sum_{j:r_{ij}=d} k_j \quad (4)$$

Ennek értelmében a Tudáspotenciál kiszámítható minden d szomszédságra és ez nem más, mint az adott szomszédságban található (az i csomóponttól d távolságra lévő) csomópontok tudásszintjeinek összege.

Lokális struktúra

A Lokális struktúra koncepciója egy adott csomópont különböző szomszédságainak hálózati struktúráját kívánja számszerűsíteni. Mivel ez a mutató a tudásszintek súlyfaktoraként jelenik meg az ENQ indexben, ezért fontos tisztázni, hogy mit értünk „jó” struktúrán, vagyis mikor súlyozzuk pozitívan és mikor negatívan az adott szomszédság kapcsolatrendszerét. A társadalmi tőke és hálózati pozíció szakirodalma komoly vitát mutat a tekintetben, hogy a kohézív, sűrű kapcsolatrendszerek kedvezőek-e (lásd pl. Coleman, 1986), vagy ezzel némileg ellentétesen, az ún. strukturális lyukak jelentik-e a kedvező hálózati pozíciót, ahol a vizsgált csomópont egyébként össze nem kapcsolt csoportok között teremt hidat (Burt, 1992). Az ENQ

² A hálózatról nem szükséges feltennünk sem azt, hogy irányítatlan, sem azt, hogy súlyozatlan, vagyis a_{ij} tetszőleges (tipikusan pozitív) valós szám lehet.

index fent definiált formája rugalmas abban a tekintetben, hogy a Lokális struktúra mutatót milyen tartalommal töltjük fel: használható a kohéziós vagy a strukturális lyukakat előnyben részesítő megközelítésben is.

Ebben a tanulmányban a kohéziós megközelítést alkalmazzuk, vagyis nagyobb súlyt rendelünk azon szomszédságokhoz, amelyekben több és erősebb kapcsolat található. Ennek megfelelően a Lokális struktúra mutatót az alábbi módon formalizáljuk:

$$LS_d^i = \frac{1}{N_d^i} \left(\sum_{j:r_{ij}=d-1} \sum_{l:r_{ij}=d} a_{jl} + \frac{\sum_{j:r_{ij}=d} \sum_{l:r_{ij}=d} a_{jl}}{2} \right) \quad (5)$$

ahol N_d^i mutatja azon csomópontok számát, amelyek pontosan d távolságra találhatóak az i csomóponttól. A zárójelben lévő kifejezés két tagból áll. Az első tag összegzi a $d - 1$ és d távolságra lévő szomszédságokat összekötő kapcsolatok számát/erősségét, így azt mutatja meg, hogy két szomszédság milyen erősen van összekapcsolva. A második tag összegzi a d távolságra lévő csomópontok közötti kapcsolatok számát/erősségét.³ A mutató így a kapcsolatok számát és erősségét súlyozza, ahogy az egyes szomszédságok összekapcsolódnak önmagukban és egymással. A mutató súlyfaktor jellege abban mutatkozik meg, hogy értéke egységnyi, amennyiben az adott szomszédságon belül nem található kapcsolat és a szomszédságot az eggyel megelőző szomszédsággal éppen annyi kapcsolat köti össze, amekkora a szomszédság száma. Belátható, hogy az az elképzelhető legkevesebb kapcsolat, aminek jelen kell lennie, minden további kapcsolat vagy a kapcsolatok erősebbé válása a mutatót növeli, így valóban a kohéziós megközelítésnek felel meg.

Publikációk:

Megjelent: egy Annals of Regional Science-cikk, egy könyvfejezet a Springer kiadó által gondozott kötetben

Megjelenés előtt: International Regional Science Review, Közgazdasági Szemle

Folyamatban: Journal of Regional Science, Területi Statisztika

A munkatervvel való összhang a munkafeladat vonatkozásában: A feladat teljesítése egy évvel korábban történt, mint a munkatervben jeleztük, de ez a változás elfogadásra került a részjelentéseknél

A munkatervvel való összhang a publikációk vonatkozásában: csak műhelytanulmányok voltak előíranyozva

2. munkacsomag: A világszinten kiemelkedő magyar természettudományi kutatók nemzetközi pozíciója, tudáshálózati beágyazottsága és azok viszonya az egyéni tudományos teljesítménnyel

2.1 A vizsgálatok alapjául szolgáló adatállomány

A kutatások során négy tudományterületen alkotó kiemelkedő magyar kutatók tudományos kapcsolatrendszerének komparatív elemzését végeztük el, melyek a

³ A kettővel történő osztás abban az esetben szükséges, amikor irányítatlan hálózattal dolgozunk és így a kapcsolati mátrix szimmetriájából fakadóan így elkerülhetjük a kapcsolatok duplikálódását.

következők: fizika, idegtudomány, kémia és matematika. A tudományos együttműködések (követve a szakirodalomban gyakran alkalmazott megoldást) a társszerzői kapcsolatokkal mértük. A társszerzőségi hálózatok vizsgálatához szükséges publikációk adatainak eléréséhez a Scopus (Elsevier) választottuk, amely jelenleg a világ legnagyobb referált folyóirat absztrakt és citációs adatbázisa⁴. A tudományterület legrangosabb folyóiratainak azonosításához a 2008-2010-es évekre vonatkozó SJR⁵ értékek egyszerű számtani átlagát számítottuk ki, amelyet csökkenő sorrendbe rendeztünk, majd a kumulált százalékos értékek alapján kiválasztottuk azokat a legrangosabb folyóiratokat, amelyek az adott tudományterület teljes SJR értékének legalább 50%-át lefedték⁶. Ezáltal az összes folyóirat közül a magasra értékelt periodikák jó mintáját kaptuk. Véleményünk szerint ezen logika mentén nyertük a kutatási céloknak legmegfelelőbb adatállományt, racionális erőforrás-felhasználás mellett. A kiválasztott folyóiratokból a citációs adatok teljes körét, valamint a bibliográfiai adatok közül az affiliációkat, a sorozat azonosítókat (pl. ISSN) és a DOI-t exportáltuk.

A vizsgálati időszak megválasztásánál is az eredmények és az azok eléréséhez szükséges ráfordítások alapján úgy határoztunk, hogy az 1974 és 2013 között megjelent publikációkat exportáljuk⁷. Ez az időszak már elegendően hosszú a kapcsolatháló karrierút során történő változásának elemzéséhez, ugyanakkor biztosítja azt is, hogy a már nem aktív kutatók minimális számban kerüljenek a mintába.

A kutatás során az egyik legnagyobb nehézséget a szerzők pontos azonosítása jelentette, mivel az egyedi szerzőazonosítók letöltésére a Scopus rendszerében nem találtunk lehetőséget⁸. Az adatállományban szereplő különböző névmegjelenítési formátumok egységesítése a PTE KTK Duo-mining kutatócsoportjának⁹ segítségével történt.

A vizsgálat fókuszálása érdekében a szerzők körét a folyóiratokéhoz hasonló logika mentén tovább szűkítettük. Az adott időszakban a vizsgált folyóiratokban megjelent publikációk száma alapján tudományterületenként sorba rendeztük a szerzőket. A legaktívabban publikáló 1%-ba kerülő tudósokat hagytuk csak benne a szűkített adatbázisban, őket tekintettük a szakterület élenjáró kutatóinak. Az idetartozó kutatók a tudományterület legjobb folyóirataiban kimagasló aktivitással publikálnak.

⁴ http://www.elsevier.com/_data/assets/pdf_file/0007/148714/scopus_facts_and_figures.pdf (2014.01.23.)

⁵ Az SJR (SCImago Journal Rank) érték a folyóiratok rangsorolásához használatos metrika, amely az egyes folyóiratok súlyát annak megfelelően számítja ki, hogy azon folyóiratok, amelyekben hivatkozások jelennek meg a kérdéses folyóiratra milyen súllyal jellemezhetőek.

⁶ A lista diszkrét jellegéből fakadóan nem lehetett pontosan 50%-nál meghúzni a határt, ettől kisebb eltérések lehetségesek.

⁷ Egyes folyóiratok első megjelenése 1974 utánra datálódik, míg mások 2013 előtt beszüntették működésüket. Elenyésző mértékben a fenti kritériumok mentén letöltésre került néhány olyan elem is, amelyek 1973-ban vagy 2014-ben jelentek meg.

⁸ Bizonyos esetekben ezek ismerete sem könnyítené meg az azonosítást, mivel egy szerző gyakran több azonosítóval is szerepel a Scopus rendszerben, más esetekben pedig úgy tűnik, hogy több szerző került összevonásra egy azonosító alatt.

⁹ Az alkalmazott szöveghasonlóság alapú párosítási algoritmus részletes bemutatása Kruzsliz (1999) tanulmányában található.

1. táblázat: Az elemzések alapjául szolgáló adatállomány néhány jellemzője¹⁰

	Fizika	Idegtudomány	Kémia	Matematika	
Folyóiratok száma a Scopusban ¹¹	831	376	683	235	
Kumulált SJR értékek felső 50% át lefedő, az adatállomány alapjául szolgáló folyóiratok száma	79	59	84	75	
Az adatállomány elemszáma ¹²	604 263	341 777	845 765	138 175	
Az adatállományban szereplő szerzők száma	510 242	369 823	634 039	118 212	
Az adatállományban szereplő szerzők közül a legaktívabb publikációs tevékenységet folytató 1%-ba került szerzők száma	5 165	3 838	6 482	1 263	
Az 1%-ba kerüléshez szükséges tudományos publikációk minimuma szerzőnként	84	41	61	21	
A magyar szerzők száma az 1%-ban összesen	8	16	18	24	
A magyar szerzők aránya az 1%-ban (%)	0,15	0,42	0,28	1,90	
A Magyarországon fokozatot szerzett szerzők aránya a magyar szerzők között (%)	28,57	81,25	76,47	73,91	
A Magyarországon fokozatot szerzett szerzők közül az itthon dolgozók aránya (%)	50,00	23,08	38,46	58,82	
A hazai affiliációval rendelkező szerzők aránya az összes magyar szerzők között (%)	25,00	25,00	35,29	52,17	
A hazai affiliációval rendelkezők közül külföldön fokozatot szerettek aránya (%)	50,00	25,00	0	9,09	
A szerzők csoportosítása generációhoz tartozás szerint (%)	1 (65 év és fölötte)	50,00	44,44	33,33	31,25
	2 (50 év és fölötte)	25,00	38,89	45,83	43,75
	3 (50 év alatt)	25,00	16,67	20,83	25,00

¹⁰ A táblázat bizonyos részeinek alapjául szolgáló adatok becsléssel számítottak (pl. a generációkhoz tartozásnál használt életkor több helyütt a fokozatszerzés éve alapján került visszaszámításra).

¹¹ Mint már említettük, azon folyóiratokat, amelyek SJR értéke nem volt elérhető, kihagytuk a rangsorolásból és ezáltal a potenciálisan letöltendő folyóiratok köréből.

¹² Elem alatt tudományos munkák értendők, melyek lehetnek például tanulmányok, erratumok, review-k, konferencia poszterek. A kiválasztás során alkalmazott paraméterekkel az egyszerre exportálható elemek száma maximálisan 2000 volt.

Az így létrejött adatbázist áttekintve első körben a név és/vagy a magyarországi affiliáció vonatkozó időszakbeli előfordulása alapján választottuk ki a magyar kötődésű kutatókat, majd ezt az elsődleges kört részletesebb vizsgálatok alapján – amelyek a magyarországi társszerzőket és/vagy hazai képzést tekintették kiválasztási kritériumnak – pontosítottuk, tovább szűkítettük.

2.2 A legproduktívabb természet- és idegtudományi magyar kutatók nemzetközi hálózati pozíciója és globális beágyazottsága

A világ élvonalába tartozó magyar kutatók globális pozíciójának meghatározásához három scientometriai mérőszámot használtunk: az adatbázisban szereplő publikációk egy adott időpontig kumulált mennyiségét, az adatbázis szerinti hivatkozások hasonlóan kumulált számát, valamint a kumulált hivatkozások és kumulált publikációk arányát. A legkiválóbb magyar kutatók vonatkozó értékeinek átlagát a tudományterületenként az adatbázisban szereplő 1%-ba tartozó legkiemelkedőbb tudósok átlagaihoz viszonyítottuk.

Összességében a magyar idegkutatók mindhárom tudományometriai mutató vonatkozásában a nemzetközi átlag felett teljesítenek. A magyar fizikusok publikációik számát tekintve elmaradnak ugyan a világtól, befolyásuk tudományterületük fejlődésére mégis átlag feletti a hivatkozások abszolút számát és azok egy publikációra vetített nagyságát tekintve egyaránt. A matematika területén összességében stabilan a világtól megfelelő a magyar szerzők befolyása, míg a magyar kémikusok tudományterületre gyakorolt hatása ingadozóbbnak tűnik, az időszak vége felé megfigyelhető közeledés inkább a nemzetközi átlag magyar átlagnál gyorsabb csökkenésének tudható be. Felmerül a kérdés, hogy ezekben az eltérésekben szerepet játszik-e a nemzetközi tudáshálózatokba történő integráltság esetlegesen eltérő foka.

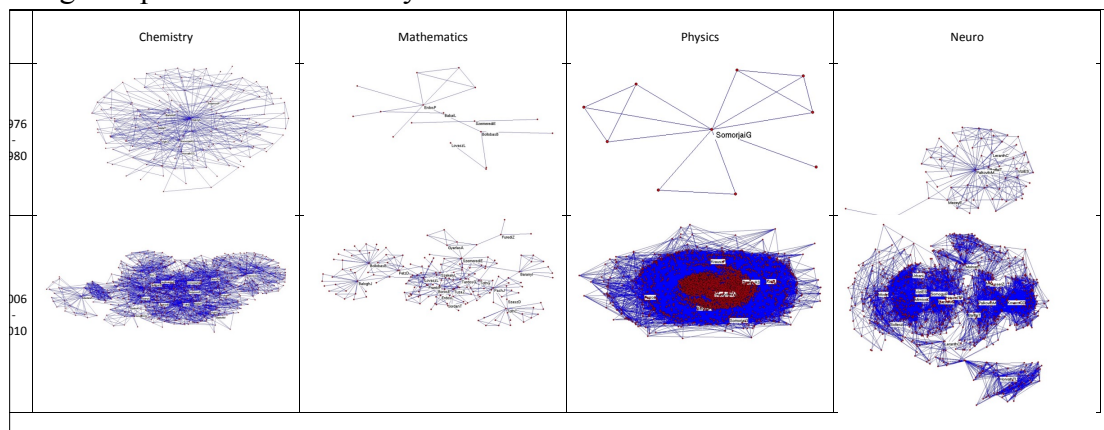
A kutatók közti együttműködések több tényezőn keresztül is kedvező hatást gyakorolhatnak a tudományos teljesítményre. Egyrészt a komplementer tudással rendelkező tudósokkal történő együttműködés által a kutatók gyorsabban és hatékonyabban oldhatnak meg komplex kutatási kérdéseket, ezáltal növelve publikációs teljesítményüket, másrészt pedig a nagyobb szerzőszámmal rendelkező cikkek esetében bármely szerző önhivatkozása az összes szerzőtárs hivatkozásainak számát is növeli. Éppen ezért fontos látnunk, hogy a magyar kutatók jelenléte hogyan alakult a nemzetközi tudományos hálózatokban, mennyire jellemezhetők szerteágazó kapcsolatrendszerrel, amely által jelentős tudáspotenciálhoz férhetnek hozzá.

Az 1. ábra a vezető magyar kutatók helyét mutatja a nemzetközi együttműködési hálózatokban, az 1976-1980 (felső sor) és 2006-2010 (alsó sor) közötti időszakokban. A pontokat összekötő egyenesek társszerzőségeket mutatnak két kutató között. Az ábra megrajzolásakor tudományterületenként a kiemelkedő magyar kutatók tanulmányait és az azokat jegyző társszerzőket vettük alapul.

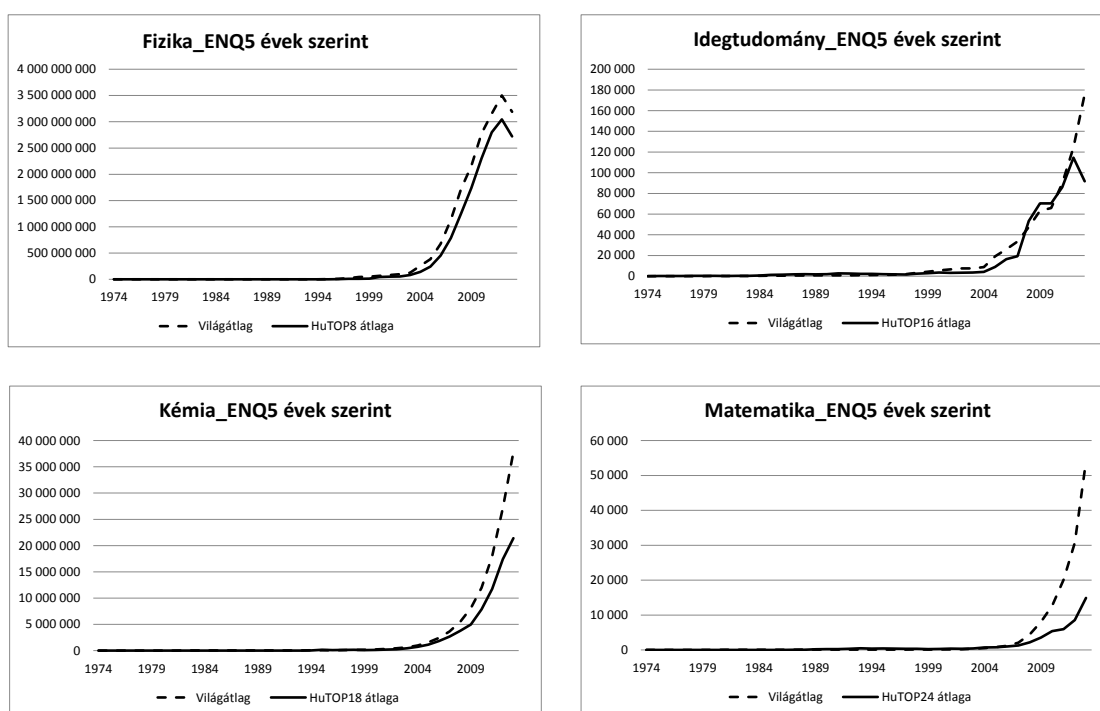
A hálózati ábrák egyértelműen mutatják, hogy a nemzetközi felső 1%-ba sorolt magyar kutatók száma emelkedett a negyven év során, illetve hogy az idő előrehaladtával a hálózatok egyre sűrűsödnek és bővülnek. A legtöbb szerzőt tartalmazó hálózatok a fizika területén figyelhetők meg, ezt követi az idegtudomány

és a kémia, a legkevesebb kutatót tartalmazó hálózatokat pedig a matematika területén találjuk.

1. ábra: A top magyar kutatók nemzetközi együttműködési hálózatai, ötéves ablakok, válogatott periódusok tudományterületenként



2. ábra: A top magyar kutatók átlagos hálózati kapcsolat értékei (ENQ5_PUB) és a megfelelő nemzetközi átlagok tudományterületenként, évek szerint



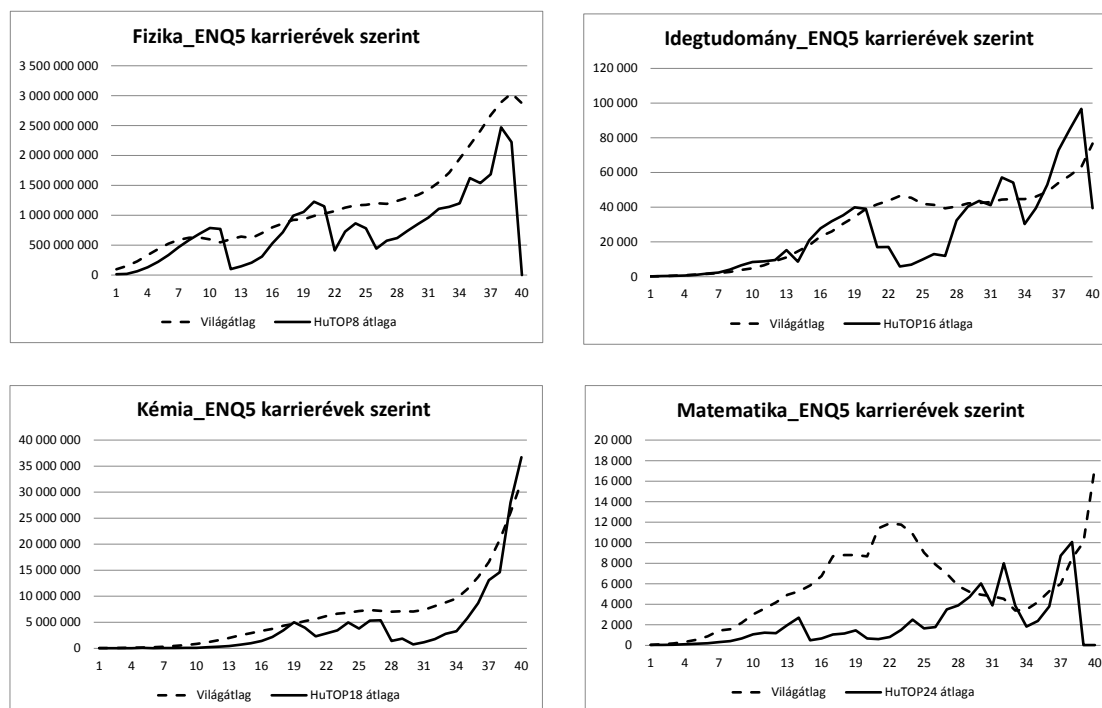
Ahhoz, hogy a nemzetközi beágyazottság által a kutatók számára hozzáférhető tudás szintjét jobban közelíthessük, a fenti, egyszerű vizuális illusztráción túl egy konkrét mutatószám, az ENQ index segítségével is megvizsgáltuk a kutatók tudományos kapcsolatrendszerét. Az index annál nagyobb, minél magasabb a szerzőtársak teljesítménye (a jelenlegi vizsgálatban ezt a publikációk száma méri), minél intenzívebb a tudományos kapcsolat a partnerek között (amely kapcsolatok a tudás további növekedéséhez vezetnek az új eredmények révén) és minél magasabb minőségű további hálózatokba kapcsolják be az egyént közvetetten, a partnerek saját

további kapcsolatai révén. Az ENQ minél magasabb értékű, annál jobban beágyazódik az egyén a tudomány teljes hálózatába, annál jobban hozzáfér az ott felhalmozott és felhalmozódó tudáshoz, így tehát az index a hálózati pozícióra is érzékeny.

Jelen vizsgálat során az index kiszámításakor minden évben az adott év és az előző négy év kapcsolatait vettük figyelembe, azt feltételezve, hogy a közös kutatásból született publikáció megjelenését követően a kapcsolatok akkor is fennmaradnak, ha nem történik további kollaboráció. A magyar kutatók évek szerint ábrázolt egyéni kapcsolathálózati minőséget jelző mutatójának átlaga a tudományterületek zömében a nemzetközi átlag körül ingadozik (2. ábra), azonban – az idegtudományt leszámítva – az időszak nagyobb részében alatta marad annak, a kémia és a matematika esetében növekvő mértékben.

Hasonló a helyzet a karrierévek¹³ szerint számított ENQ vonatkozásában (3. ábra), ahol a kémia területén a 19. karrierévtől eltekintve csak a karrierút utolsó két évében emelkedik a nemzetközi átlag fölé a magyar kutatók átlagos egyéni hálózatminőségi értéke, a matematika területén az utolsó karriernegyedben, a fizikusok esetében inkább a második karriernegyedben. A magyar idegtudományi kutatók karrierjük során többször felette vannak a nemzetközi mezőnynek, gyakran már a karrier kezdetén, a karrierútjuk közepe táján alatta vannak a nemzetközi átlagnak, 30–40. karrierévük többségében jelentős mértékben felette.

3. ábra: A top magyar kutatók átlagos hálózati kapcsolat értékei (ENQ5_PUB) és a megfelelő nemzetközi átlagok tudományterületenként, karrierévek szerint



¹³ Az első karrierév az az év, amikor a szerző első tanulmánya megjelent az adatbázis alapjául szolgáló folyóiratok valamelyikében. Tehát a karrierévek a szakma felső kategóriájában eltöltött éveket jelentik.

További érdekes információval gazdagíthatja rálátásunkat az egyes tudományterületekre, ha megnézzük, hogy a kiemelkedő magyar kutatók karrierjük előrehaladtával mekkora ENQ értékeket tudhatnak magukénak a világtárlaghoz képest. Megfigyelhető, hogy mindegyik tudományterületen több kutató is tartósan (legalább 5 egymást követő évben) a vonatkozó karrierévnek megfelelő világtárlag feletti egyéni kapcsolathálózati minőséget tudhat magáénak. Tendenciaszerűen elmondható, hogy az átlag fölé kerüléshez szükséges idő a generációhoz tartozással fordítottan arányos, bár a fizika területén itt is találunk kivételt¹⁴. Arányait tekintve ismét az idegtudomány és a fizika mutatott kiemelkedő teljesítményt, ezeknél az élvonalbeli magyar tudósok 75%, illetve 62,5%-a karrierje során tartósan a világtárlag feletti ENQ-val rendelkezett, míg a kémia és a matematika esetében ez az arány csak 22,22%, illetve 20,83% volt.

Nem volt kimutatható egyértelmű összefüggés a földrajzi elhelyezkedés és az ENQ világtárlaga fölé kerülés karrierévben kifejezett ideje között; a gyorsan a világtárlag fölé kerülők között ugyanúgy találhatunk Magyarországon fokozatot szerzett és jelenleg is itthon dolgozó tudósokat, mint ahogy a karrierútjuk kései szakaszában vagy egyáltalán nem a világtárlag fölé kerülők között olyanokat, akik külföldön szereztek a tudományos fokozatukat és/vagy jelenleg is külföldön dolgoznak.

Publikációk:

Megjelent: egy magyar nyelvű könyvfejezet

Közlésre elfogadva, megjelenés előtt: Magyar Tudomány-cikk

Tudománynépszerűsítő cikk: Napi Gazdaság

Előkészületben: Közgazdasági Szemle, Research Policy

A munkatervvel való összhang a munkafeladat vonatkozásában: Az adatgyűjtési módszer változását a részjelentésekben jeleztük. A megváltozott körülmények miatt jelentős élömunka igény jelentkezett a feladatok elvégzése során, így addicionális erőforrásokat kellett igénybe vennünk (Szentágothai kiválósági pályázat).

A munkatervvel való összhang a publikációk vonatkozásában:

A pályázatban csak műhelytanulmányok szerepelnek

3. munkacsomag: Globális tudományos beágyazottság és regionális gazdasági teljesítmény: Egy szakpolitikai szimulációk végzését célzó integrált modellrendszer kidolgozása és alkalmazása

A munkacsomagban egy, a kutatási hálózatok kialakulását szimuláló ágens alapú modellt fejlesztettünk ki, azt a GMR-Európa modellbe integráltuk majd néhány szakpolitikai szimulációt készítettünk.

¹⁴ Az egyik első generációs kutató viszonylag korán, már a 14. karrierévben a világtárlag fölé kerül, ami az egyik harmadik generációs kutató jellemzőjével egyezik meg és megelőzi a második generációs kutatókra jellemző értéket.

3.1 Az ágens alapú modell leírása

A tudáshálózatok kialakulását szimuláló ágens alapú modellek fejlesztése nemzetközi szinten is új kutatási irány, a szakirodalomban pusztán néhány előzmény található. Az általunk kifejlesztett modellt a régiók közötti kutatási hálózatok befolyásolását célzó szakpolitikai intézkedések hatásainak szimulációja céljából készítettük el. A modellt a valós adatokhoz illesztettük. Az illesztett modell bizonyos paramétereinek változtatásával történik a szakpolitikai scenáriók elemzése.

Az ágensek modellünkben régiókat jelentenek, amelyeket kezdetben egy kétdimenziós absztrakt térben helyezünk el. A régiókat ebben a térben egy-egy kör írja le, amelynek átmérője az adott régió K+F ráfordításától függ. A szimuláció során a régiókat jelképező körök állandó sebességgel mozognak, mozgás közben közelednek és távolodnak egymástól, ami a kapcsolatok kialakulását vezérli a régiók között.

Az ágensek mozgása

Minden régiópárra definiálunk egy kölcsönös vonzerőt, amely a két régió jellemzőitől és a közöttük lévő viszonyt leíró jellemzőktől függ:

$$A_{ij} = c + a_1 \cdot D_{ij} + a_2 \cdot RD_i + a_3 \cdot RD_j + a_4 \cdot CO_{ij} + a_5 \cdot CE_{ij} + a_6 \cdot PE_{ij} + a_7 \cdot TP_{ij} + a_8 \cdot SP_{ij} \quad (\text{EQ1})$$

A fenti egyenletben A_{ij} azt jelöli, hogy az i régió milyen erősen vonzódik a j régió irányába. c konstans, az a paraméterek pedig az egyes tényezők vonzerőre gyakorolt hatását mérik. D_{ij} a két régió közötti földrajzi távolság, RD_i és RD_j a két régió K+F-re fordított kiadása, CO_{ij} egy dummy változó, amely 1 ha a két régió azonos országban található és 0 különben. CE_{ij} szintén dummy változó, amely 1, ha mindkét régió a centrumhoz tartozik és 0 különben, hasonlóképpen, PE_{ij} 1, ha mindkét régió a perifériához tartozik és 0 különben. TP_{ij} a két régió közötti technológiai távolság, SP_{ij} pedig a két régió közötti társadalmi távolság, melyet a 6. Keretprogramban az i -edik régióval a j -edik régióval futó projektjei számával mérünk. Mindezek a tényezők feltételezésünk szerint meghatározzák, hogy az i régió számára milyen mértékben hasznos, kívánatos a j régióval kialakítandó kapcsolat.

Az így meghatározott attrakciós értékek egy attrakciós vagy másként gravitációs mezőt generálnak a régiók körül, amely meghatározza a régiók mozgásának irányát. Az i régió mozgásának iránya így értelemszerűen a többi régió pozíciójától is függ. Jelöljük x_j -vel és y_j -vel az j régió két koordinátáját a virtuális térben. Ekkor az i régió mozgásának irányát az alábbi dx_i és dy_i értékekből álló vektor írja le:

$$dx_i = \sum_j \frac{A_{ij}}{\sum_k A_{ik}} \cdot x_j \quad (\text{EQ2})$$

$$dy_i = \sum_j \frac{A_{ij}}{\sum_k A_{ik}} \cdot y_j \quad (\text{EQ3})$$

Az így megadott irányba a régiók egyenletes sebességgel mozognak.

A modellben az idő diszkrét skálán halad előre, minden periódusban kiszámolásra kerülnek az attrakciós értékek, a mozgások irányai és a régiók elmozdulnak a

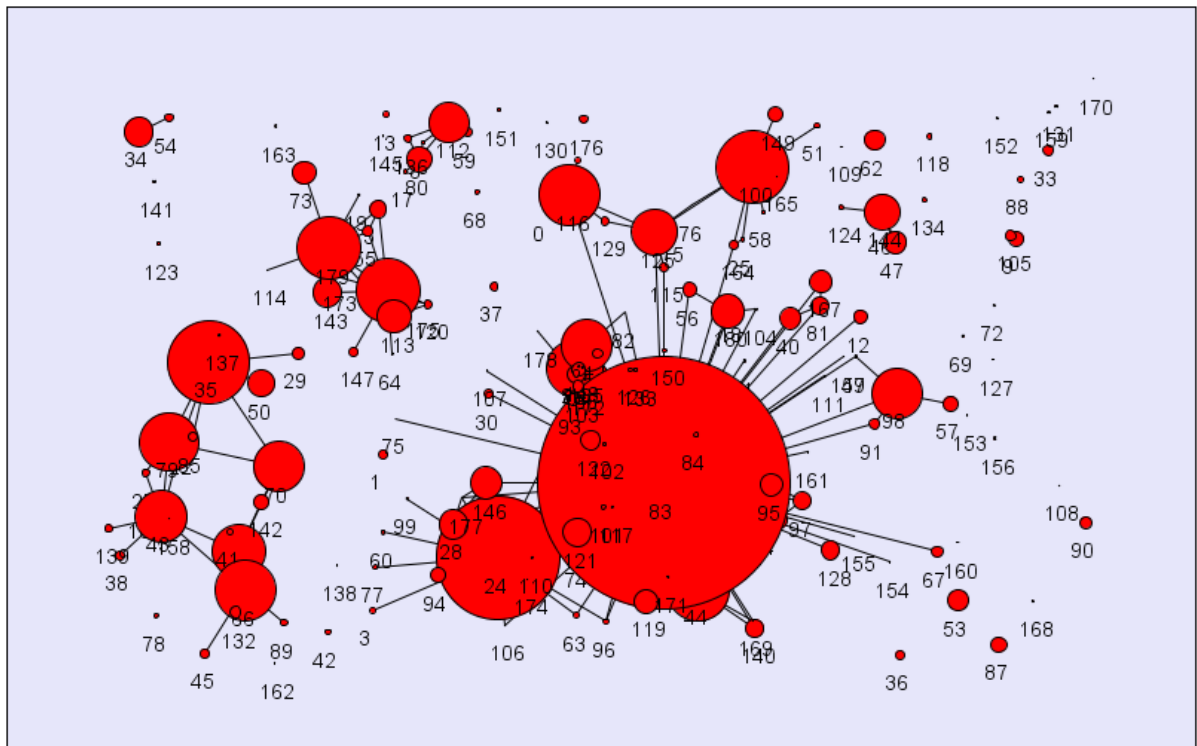
megadott irányba a megadott sebességgel. Így a következő periódusban a régiók új pozícióba kerülnek, az attrakciós értékeket ismét kiszámítjuk, a mozgásirányokat meghatározzuk és a régiók ismét mozdulnak.

A kapcsolatok kialakulása

A kapcsolatok kialakulását a virtuális térben mozgó ágensek közelsége vezérli. Az egymáshoz közel kerülő régiók között kapcsolat jön létre, amely egy bizonyos ideig fennmarad. A kapcsolat létrejöttének valószínűségét ezek alapján két tényező határozza meg. Egyrészt az, hogy a régiókat reprezentáló ágenseknek mekkora az átmérője: adott nagyságú virtuális térben ugyanis minél nagyobb az átmérők nagysága, annál nagyobb eséllyel találkoznak (ütköznek) az ágensek. Mivel az ágensek átmérőjét az adott régió $K+F$ kiadásainak nagyságához kötjük, egy pozitív valós paraméter RR határozza meg, hogy a virtuális tér méretéhez képest az ágensek átlagosan mekkorák. Az RR paraméter értéke 0 és 1 közötti értéket vehet fel, amennyiben értéke 0, a régiókat jelképező körök ponttá zsugorodnak (és ebben az esetben a $K+F$ kiadások relatív mérete nem játszik szerepet), amennyiben 1, úgy a legnagyobb $K+F$ kiadással rendelkező régió átmérője megegyezik a virtuális tér rövidebbik oldalával. Másrészt az is fontos, hogy az ágenseknek milyen közel kell kerülnök egymáshoz mozgásuk során, hogy kapcsolat jöjjön létre közöttük. Ehhez definiálunk egy PC paramétert, amely 0 és 1 közötti értékeket vehet fel. Amennyiben értéke 0, a virtuális térben vett távolságtól függetlenül létrejön kapcsolat két régió között (ebben az esetben a modell teljes hálózatot szimulál a többi paraméter értékétől függetlenül). Amennyiben értéke 1, csak akkor jön létre a kapcsolat, ha a régiók ténylegesen összeütköznek a virtuális térben.

A kapcsolatokat a modellben átmenetinek tekintjük. Egy LP paraméter határozza meg a kapcsolatok időbeli hosszát, vagyis ha egy kapcsolat létrejött, akkor ez a kapcsolat LP periódus múltán megszűnik, amennyiben a két régió a kapcsolat kialakulásához szükséges távolságon kívül helyezkedik el. Ellenkező esetben a kapcsolat továbbra is fennmarad.

3. ábra: A szimuláció egy kiragadott pillanatban



A 3. ábra mutatja a szimuláció egy pillanatát. A piros körök a régiókat jelképező ágenseket mutatják, átmérőjük az adott régió K+F kiadásával arányos. A régiók között megfelelő közelség esetén kapcsolatok jönnek létre, ezeket a fekete vonalak jelképezik. Az attrakciós mezőnek megfelelően a régiók mozognak ebben a virtuális térben, ennek megfelelően a kapcsolatok felbomlanak és újak jönnek létre.

Az itt bemutatott modell tehát arra használható, hogy a régiók között kialakuló kapcsolatrendszeret modellezze. A továbbiakban azt mutatjuk be, hogy a modell adatokhoz történő illesztése miként történt.

A felhasznált adatok és a modell illesztése

A modell célja az európai régiók közötti kutatási kapcsolatrendszerek modellezése, ezért a modell illesztésének célja, hogy (a szakirodalomban általánosan alkalmazott módszer szerint) olyan paraméterezést találjunk, amely mellett a modell a lehető legjobban visszaadja megfigyelt hálózatot. A referenciaként szereplő hálózat az európai régiók Keretprogramokban (Framework Programmes, FP) való együttműködéseit tartalmazza. A modell illesztése két lépésben történt. Először ökoknometriai becsléssel határoztuk meg az attrakciós egyenletben szereplő paramétereket, majd a modell fennmaradó (makroszintű, technikai) paramétereit optimalizáljuk úgy, hogy az illeszkedés a lehető legnagyobb legyen.

Az attrakciós egyenlet becslése

A korábban bevezetett (EQ1) attrakciós egyenlet írja le, hogy a régiók saját és a régiók közötti kapcsolatok specifikus jellemzői miként befolyásolják az adott két régió között fellépő vonzerőt. Két régió közötti vonzerőt a két régió közötti összes kutatási együttműködéssel mérjük, referencia-évként 2010-et választva (ez az a legutolsó év, amelyre a felhasznált adatbázis még teljes körű, jól használható adatokat biztosít). Két régió távolságát egyszerűen a régióközpontok földrajzi távolságával

mérjük, a régió méretét pedig a K+F kiadások nagyságával közelítjük (2000-es áron, vásárlóerő-paritáson számolva). A három dummy változó az azonos országba, a centrumba és a perifériára tartozást indikálja. Utóbbi kettő pontosan azt jelenti, hogy mindkét régió az adott régió-párnál vagy a centrumba vagy a perifériára sorolódik, ezekkel a dummy változókkal tehát azokat a kapcsolatokat jelöljük, amelyek vagy a centrumon, vagy a periférián belül jönnek létre. A centrum/periféria megkülönböztetés alapja, hogy az egyes régiók az első célkitűzés (objective one) alá esnek-e (periféria) vagy sem (centrum).

Két régió technológiai közelségét a régiók szabadalmi portfóliója alapján számoltuk ki. A szabadalmak 8 főosztálya alapján számoltuk a Cantner-féle technológiai átfedés-indexet (Cantner és Meder, 2007):

$$TO_{A,B} = \frac{2 \times \sum_{i=1}^n \min(T_i^A, T_i^B)}{\sum_{i=1}^n T_i^A + \sum_{i=1}^n T_i^B} \quad (EQ4)$$

ahol T_i^A az A régió szabadalmainak száma az i -edik technológiai osztályban. A $TO_{A,B}$ index értéke szintén 0 és 1 közé esik, értéke 1 teljes hasonlóság, 0 teljes különbözőség esetén. A mutató előnye más hasonló indexekhez képest, hogy figyelembe veszi a szabadalmak abszolút számát is, nem csak a szabadalmak osztályok közötti megoszlását mutatja.

Két régió társadalmi közelségét pedig azzal mérjük, hogy a referenciaként választott FP7-es keretprogramot megelőzően, az FP6-os programokban milyen erős kapcsolódás volt megfigyelhető a két régió között.

Az (EQ1) egyenlet és a felhasznált adatok tulajdonképpen a gravitációs modellek logikájára épülnek, ami megszokott elemzési eszköznek számít a régiók közötti tudásáramlás vizsgálata során. A változók különböző kombinációira végeztük el a becslést, a mintát pedig azokra a régió-párokra szűkítettük, amelyek között volt együttműködés a referencia-évben.

A legnagyobb magyarázóerővel rendelkező modellt használtuk fel és az itt becsült, szignifikáns paraméterekkel töltöttük fel a szimulációban használt (EQ1) egyenletet. A becslés alapján megállapítható, hogy a földrajzi távolság nem játszik szignifikáns szerepet a vonzerő meghatározásában, ugyanakkor a résztvevő régiók K+F kiadásainak nagysága pozitívan befolyásolja a kapcsolatok kialakulását. Érdekes eredmény, hogy az azonos országba tartozás szignifikáns negatív előjelet kapott, ami azt mutatja, hogy a felhasznált FP kapcsolatrendszerben a határokon átnyúló kapcsolatok a jellemzőek. Érthetően szignifikáns eredményt kapunk a centrumhoz tartozó régiók esetében: két centrum régió nagyobb eséllyel alakít ki kapcsolatot, így köztük erőteljesebb vonzerőt látunk. A periférikus régiók között azonban nem alakul ki sem szignifikánsan több, sem szignifikánsan kevesebb kapcsolat, mint mások között. Végül mind a technológiai, mind a társadalmi közelség a várt pozitív hatást gyakorolja az attraktivitásra.

A szimulációs modell illesztése és az illeszkedés mérése

Az attrakciós egyenlet becslése és a benne szereplő paraméterek meghatározása után az ágens alapú szimulációs modell még néhány beállítandó paraméterrel rendelkezik, ezek a következők: az ágensek (virtuális térhez viszonyított) méretét meghatározó

érték (RR), a kapcsolatok kialakulásához szükséges közelség mértéke (PC), a kapcsolatok hosszát meghatározó érték (LP), valamint az ágensek mozgásának sebessége (V). Ezeket a paramétereket egy optimalizációs eljárással úgy határoztuk meg, hogy a modell által kialakított hálózat a lehető legnagyobb mértékben illeszkedjen a valós, megfigyelt hálózat kapcsolataira. Az illeszkedés mérésére speciális eljárást dolgoztunk ki. Az illesztési optimalizáció sikeres eredményre vezetett, a referencia-hálózatot a modell 76%-os pontossággal reprodukálja.

3.2 Az ágens alapú modell GMR-rendszerbe integrálása és szakpolitikai szimulációk végzése

Az ágens alapú modell arra alkalmas, hogy a modell peremfeltételeiben beállt változások hatását bemutassa a kialakuló kapcsolatrendszerekre. Ezt a modellt egy olyan fejlesztéspolitikai hatáselemző modellhez kötjük hozzá, amely a kapcsolatrendszerek gazdaságra gyakorolt hatását képes modellezni figyelembe véve a kapcsolatrendszerek és a gazdasági működés térbeli hatásait is. A felhasznált, európai régiókra becsült modell a GMR (Geographic Macro Regional) modell¹⁵.

A GMR modellrendszer

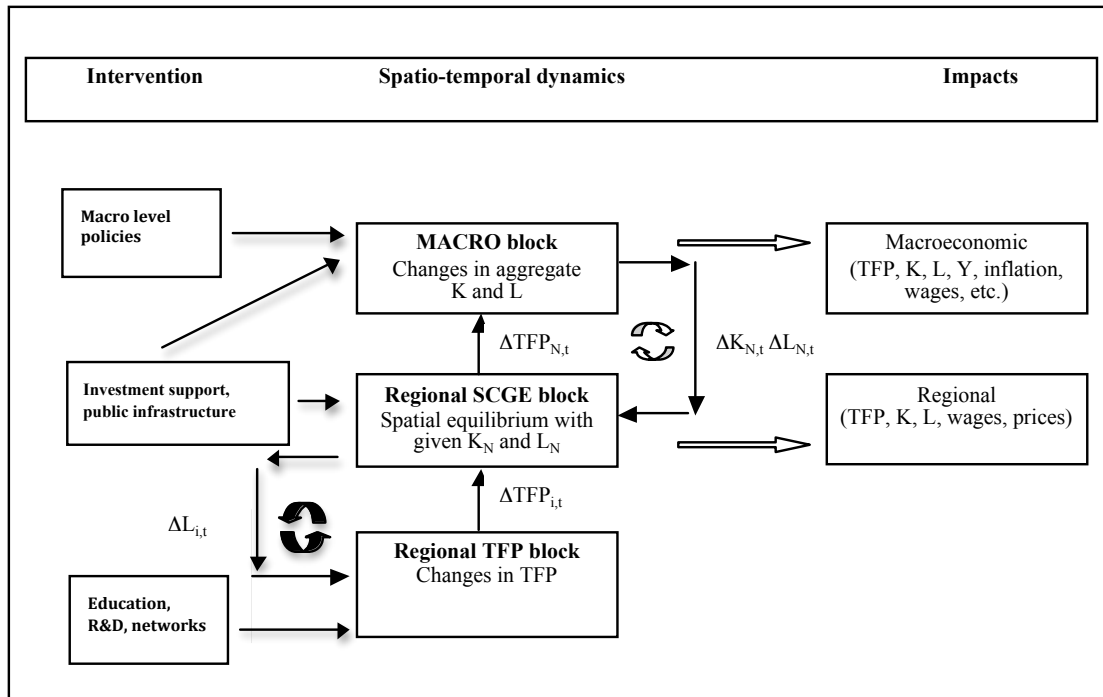
A GMR (geographic macro and regional – földrajzi makro- és regionális) modell rendszer abból a célból került kialakításra és áll folyamatos fejlesztés alatt, hogy hozzájáruljon a fejlesztéspolitikai döntések meghozatalához ex ante és ex post forgatókönyv-elemzések segítségével. A modell alkalmazásai közül kiemeljük, hogy a GMR-Magyarország modellt a kormányzat rendszeresen használja az EU-ból érkező források hatáselemzésére, a GMR-Európa modell pedig a 2014-ben bevezetett Kohéziós Politika tervezése során került felhasználásra Brüsszelben (DG Regio).

A GMR modell fókuszában olyan fejlesztéspolitikai beavatkozások állnak, mint a K+F tevékenység támogatása, emberi tőke fejlesztése, vállalkozás-fejlesztési politikák vagy a gazdaság szereplői közötti együttműködések fejlesztése. A fejlesztéspolitikai hatáselemzésben alkalmazott modellek a térbeli és regionális dimenziókat nem tartalmazzák (ESRI, 2002; Bayar, 2007). A GMR modellkeret fontos eleme ezekhez a modellekhez képest, hogy a térbeli hatásokat, mint az agglomeráció, régiók közötti kereskedelem vagy migráció is képes figyelembe venni, miközben a fejlesztéspolitikai beavatkozások makro és regionális hatásait is számszerűsíti.

A GMR modellkeret a fejlesztéspolitikai hatáselemzés makroökonómiai, regionális és földrajzi dimenzióinak együttes kezelését egy három blokkból álló modell-rendszer kialakításával oldja meg. A 4. ábrán látható struktúrában a három blokk a következő: (i) a teljes tényezőtermelékenység (TFP) alakulását modellező TFP-blokk, (ii) a regionális és interregionális hatásokat modellező térbeli számítható általános

4. ábra: A GMR-Európa modell struktúrája és működése

¹⁵ A GMR-Európa modell részletes leírása megtalálható például a következő tanulmányokban: Varga, A. (2015): Place-based, spatially blind or both? Challenges in estimating the impacts of modern development policies: The case of the GMR policy impact modeling approach. *International Regional Science Review* (megjelenés előtt), illetve Varga A., Járosi P., Sebestyén T. (2014): A GMR-Európa modell és alkalmazása EU kohéziós politikai reformok előzetes hatásvizsgálata során. *Sigma* 45, 117-143.



egyensúlyi modell blokk (SCGE blokk) és (ii) a makrogazdasági hatásokat modellező dinamikus sztochasztikus általános egyensúlyi MACRO blokk.

A modell TFP-blokkja egy ökonometriai módszerekkel becsült egyenletrendszer, amely a modellben szereplő régiók TFP értékét határozza meg számos más tényező függvényében. E tényezők, csak felsorolásszerűen: a régiók mérete (foglalkoztatottsággal közelítve), emberi tőke állománya, vállalkozói környezete, szabadalmi aktivitása és a rendelkezésre álló szabadalom állomány (mint a tudásszint közelítő változója, mind regionális, mind országos szinten), a technológiai szektor súlya a régióban, a K+F kiadások nagysága és a régió kutatóinak beágyazottsága a régiók közötti tudáshálózatokba, melyet az ENQ index mér.

A TFP blokk által meghatározott regionális teljes tényezőtermelékenységek jelentik az inputot a regionális SCGE blokk számára, amely a gazdaság erőforrásainak térbeli (egyensúlyi) allokációját adja meg, kialakítva ezzel a termelés, az árak és a régiók közötti kereskedelem struktúráját. A régiók közötti hasznosság-különbségek migrációt indítanak el a munkaerőben, amely hosszabb távon megváltoztatja ezt az allokációt és a gazdasági tevékenység térbeli koncentrációján keresztül visszahat a TFP értékekre is. A régiókban bekövetkező TFP változások aggregálva jelennek meg a modell MACRO blokkjában, ahol ez egyfajta sokk-ként generál változásokat a makroszintű változóknak, többek között a munka és a tőke állományában. Az SCGE blokk a termelési források ezen változásait felhasználva számítja ki a térbeli egyensúlyt.

A modell három szintjén különböző gazdaságpolitikai hatások modellezésére nyílik mód. A TFP blokk használható arra, hogy az innováció, tudástermelés „soft” tényezőit befolyásoljuk, mint pl. a humán tőke, vállalkozási attitűd, kutatás-fejlesztés, de itt jelenik meg a tanulmány szempontjából lényeges hálózati kapcsolatrendszer szerepe is. A regionális szinten jelenhetnek meg a régiókat közvetlenül érintő „hard” beavatkozások, például a beruházás-támogatás. Makroszinten nyílik lehetőség a

fejlesztéspolitikák költségvetési hatásainak modellezésére vagy standard makrogazdasági politikai eszközök hatásának elemzésére.

Az ágens alapú modell integrálása a GMR-Európa rendszerébe

Ahogy az előző pontban is kiemeltük, a GMR modellkeretbe egy jól definiált ponton kerül bele a régiók közötti kutatói együttműködések hatása, nevezetesen a TFP modellezésében. Egészen pontosan egy adott régió kapcsolatrendszerének minőségét mérjük, amely meghatározza a régió szabadalmi aktivitását és e szabadalmi aktivitás pozitívan befolyásolja a régió TFP értékét. A GMR modell közvetlenül tehát nem modellezi a hálózatok alakulását, azonban exogén változóként a régiók közötti kapcsolatrendszerek alakulása, egy kompozit indexen keresztül megjelenik a modellben. Ez a kompozit index az a pont, ahol az ágens alapú modell amely a kapcsolatrendszereket modellezi és a GMR modellkeret összekapcsolható.

A hálózatok minőségét az Ego Network Quality (ENQ) indexszel mérjük. Ez a kompozit mérőszám arra alkalmas, hogy megragadja egy adott hálózatban a hálózat tagjai számára a hálózatból elérhető tudás nagyságát. Az ágens alapú modell és a GMR modell összeillesztésének a logikája tehát a következő. A GMR modell definiál egy alappályát, amely az egyes modell-blokkok becsléséből és kalibrálásából adódik. Ennek a becslésnek részei a megfigyelt FP hálózatok alapján számolt ENQ értékek is, ezek az értékek jelenítik meg a régiók saját tudáshálózati pozíciójának minőségét a modell TFP blokkjában. Az ágens alapú modell szintén definiál egy alapesetet, amely a korábban bemutatott illesztést jelenti a megfigyelt kapcsolathálózati adatokra. Így tehát mindkét modell ad egy valós adatokra illesztett alapesetet, amelyek megfeleltethetőek egymásnak.

Az ágens alapú modell peremfeltételeinek változtatásával (például K+F kiadások nagysága, technológiai közelség, társadalmi közelség) egy alternatív forgatókönyv mentén futtatjuk az ágens alapú modellt, amely az alapesettől eltérő, a megváltozott peremfeltételeknek megfelelő hálózat kialakulását szimulálja. Az így kapott szimulált hálózatra kiszámíthatjuk az ENQ indexek értékeit, amelyek azt mutatják, hogy az alternatív esetben, a megváltozott hálózati struktúra mellett az egyes régiók hálózati minősége milyen mértékben változik meg.

A megváltozott ENQ értékek egyfajta sokk-hatásként a GMR modell TFP blokkjába építhetőek, hozzájárulva a régiók szabadalmi tevékenységének és TFP-értékének megváltozásához. Ez a változás a régiók gazdasági teljesítményében, az interregionális kereskedelemben is átrendeződéshez vezethet, makroszinten a termelési erőforrások mennyisége is változik, valamint beindul a régiók közötti migráció, elindítva a megfelelő visszacsatolási folyamatokat. A GMR modell tehát ilyen módon képes szimulálni a kapcsolatrendszerekben bekövetkező változások regionális és makrogazdasági hatását, az ágens alapú modell pedig a kapcsolatok kialakításának peremfeltételeiben bekövetkező változások hatását magukra a kapcsolatrendszerekre. A két modell közötti kapocs az kapcsolatrendszer minőségét számszerűsítő ENQ index.

Szimulációs eredmények

A továbbiakban egy olyan forgatókönyv szimulációjának eredményeit mutatjuk be, amely az előző pontban kifejtett logikán alapul. Az ágens alapú modell peremfeltételeit sokféleképpen tudjuk változtatni, ebben a példában egy kiragadott

esetet mutatunk be, amely kifejezetten a kapcsolatok kialakítására fókuszál. Az ágens alapú modellben fontos peremfeltétel a társadalmi közelség. Az (EQ1) egyenletben szereplő változó (SP_{ij}) két régió közötti attrakciót, vonzerőt befolyásolja: minél nagyobb ez a társadalmi közelség, annál könnyebben alakul ki kapcsolat a két régió között, összhangban a szakirodalomban található eredményekkel. Az attrakciós egyenlet becslése során e változót az FP6 keretében kialakított kapcsolatokkal közelítettük, feltételezve, hogy a korábbi kutatási együttműködések hozzájárulnak a társadalmi közelség kialakításához (a projektekben részt vevő kutatók találkoznak, megismerik egymást és egymás munkáját, ami hozzájárul a későbbi kutatási együttműködések kialakulásához) a referenciának tekintett FP7 keretében. A becslés során, igazolva ezt a feltételezést a társadalmi közelségre pozitív, szignifikáns együtthatót kaptunk. Ugyanakkor a társadalmi közelség a szimulációs modell paramétere, ez a szimuláció során nem változik. Alternatív forgatókönyvet és így alternatív kapcsolatrendszer szimulálhatunk úgy, ha a társadalmi közelség értékeit változtatjuk. Ez praktikus azt jelenti, hogy ha két régió között ezt az értéket megnöveljük, az növeli annak lehetőségét, esélyét, hogy a két régió között kapcsolat alakuljon ki a szimuláció során. Ez a beavatkozás megfeleltethető egy olyan fejlesztéspolitikai akciónak, amely kifejezetten a kapcsolatok kialakítását támogatja. Az intenzívebbé váló kapcsolatok a társadalmi közelséget erősítik két régió között, így hozzájárulva a két régió közötti későbbi kapcsolatok kialakulásához.

A szimulációs forgatókönyv a fenti logikát követi: a kiválasztott régió-párok között megnöveljük a társadalmi közelség értékét, amely egy alternatív kapcsolatrendszer kialakulásához vezet, majd erre kiszámítva az ENQ értékeket futtatjuk a GMR modellt, amely a kapcsolathálózat megváltozásának TFP-re és más gazdasági változókra gyakorolt hatását szimulálja.

A társadalmi közelség változtatásának számtalan módja lehetséges attól függően, hogy mely régió-párok társadalmi közelségét és milyen mértékben változtatjuk. Itt most egyetlen esetet emelünk ki, amely Magyarországra fókuszál: feltételezzük, hogy Közép-Magyarország (Budapest) kapcsolatainak erősödését támogatjuk és relatíve szelektíven: az európai régiók közül a legjobb 10 régióval, ahol a legjobb 10-et az alapján határozzuk meg, hogy mely régiók kapják a legtöbb FP támogatást a referencia-időszakban. A 4. táblázat mutatja az ENQ értékek változását a megváltozott társadalmi közelség hatására. A táblázat csak a magyar régiók adatait mutatja, azonban a szimuláció az összes európai régióra megadja az ENQ értékek változását.

2. táblázat: ENQ változások a sokk hatására

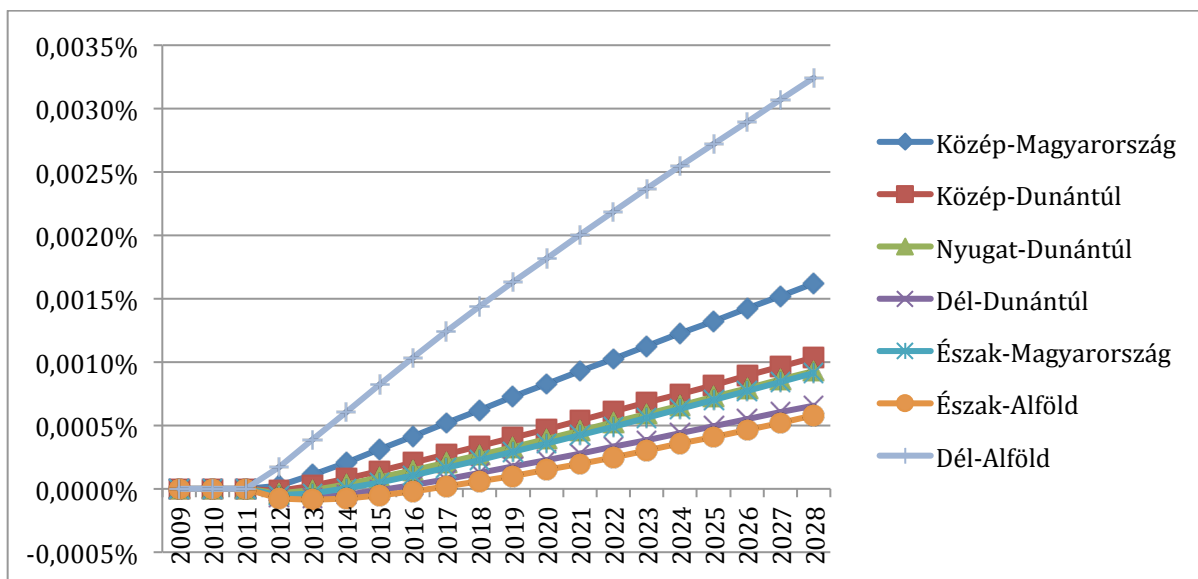
Régió	ENQ változás
Közép-Magyarország	17,00%
Közép-Dunántúl	87,59%
Nyugat-Dunántúl	72,15%
Dél-Dunántúl	35,99%
Észak-Magyarország	77,98%
Észak-Alföld	8,48%
Dél-Alföld	343,15%

A kapott eredmények azt mutatják, hogy bár Közép-Magyarország kapcsolatait erősítjük közvetlenül, a periférikus régiókra gyakorolt hatás erőteljesebb. Ez két jelenségnek köszönhető. Egyfelől, technikai szempontból a periférikus régiók ENQ értékei kezdetben alacsonyabbak, és az alacsony bázisból következően nagyobb relatív növekedést tudnak elérni. Másfelől, az eredmények jól rámutatnak arra, hogy Közép-Magyarország az alapesetben is rendkívül kiterjedt kapcsolatrendszerrel rendelkezik, kis híján valamennyi a top régióval kapcsolatban van. Így a kapcsolatok támogatása javítja ugyan a hálózati minőséget ebben a régióban, de csak azon keresztül, hogy új kapcsolatok alakulnak ki kevésbé centrális régiókkal, amelyek nem tudnak sokat hozzátenni a kapcsolatrendszer értékéhez. A periférikus régiók ugyanakkor közvetlenül nem részesülnek támogatásban, de mégis jelentősen profitálnak az alternatív kapcsolatrendszerből. Ennek oka az, hogy azáltal, hogy a top régiók közelebb kerülnek Közép-Magyarországhoz, a periférikus régiókhoz is közelebb kerülnek, mivel az utóbbiak tipikusan kapcsolódnak az előbbihez. Így viszont megnő annak az esélye is, hogy a periférikus régiók alakítsanak ki kapcsolatot a top régiókkal, ami esetükben viszont jelentősen képes emelni az ENQ értékét, mivel korábban nem kapcsolódtak a top régiókhoz vagy csak néhányhoz kapcsolódtak. Érdekes kiemelni Dél-Alföld kiugró értékét, ami mögött részben a viszonylag jól beágyazott Szegedi Tudományegyetem szerepét sejtjük.

A 2. táblázatban szereplő változások az ENQ értékekben ezt követően inputként szolgálnak a GMR-Európa modell számára, amelyben a sokkok hatása áttételes. Az ENQ indexet érintő változás először a GMR modell TFP-blokkjában fejt ki hatását: az erőteljesebb hálózati beágyazottság kedvezően hat a régiók szabadalmi aktivitására. A két változó között (ENQ és szabadalmak) egy ökonometriai becslésből származó együtttható teremt kapcsolatot, amely a modell itt használt verziójában 0,0033%-os rugalmasságot jelent, vagyis az ENQ index 1%-os növekedését a szabadalmak csekély, három százezreléknyi növekedése követi. Figyelembe véve ugyan az ENQ indexek viszonylag jelentős növekedését, a szabadalmi aktivitásban ezek alapján nem várunk nagyon jelentős változást.

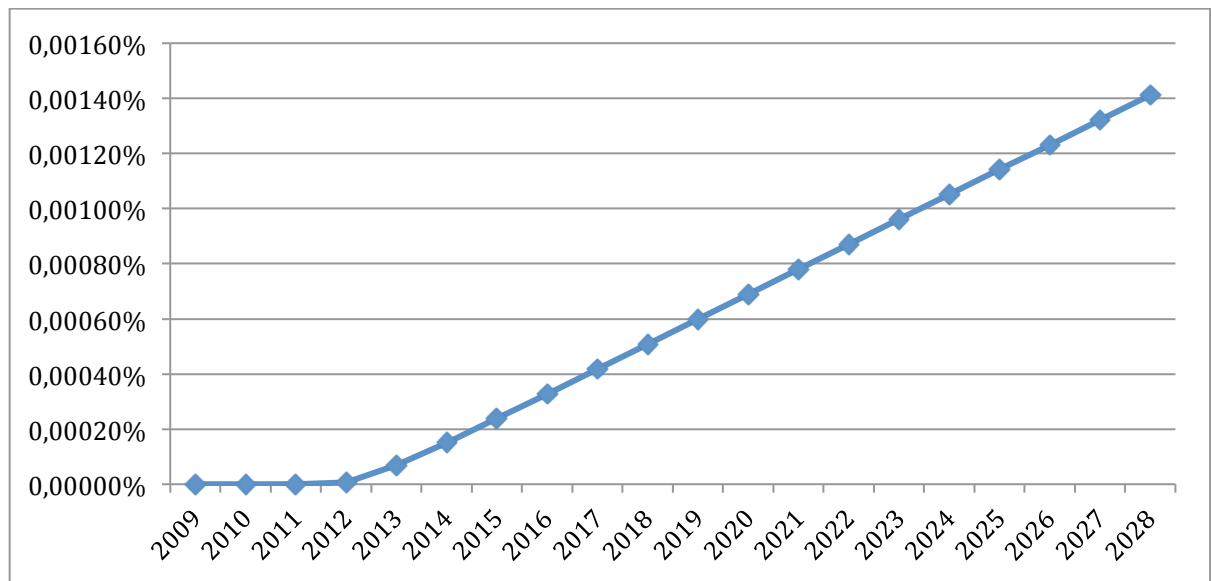
A szabadalmi aktivitás növekedése a modellben két úton hat a TFP értékére. Egyrészt az egyes régiók szabadalmi aktivitása hozzájárul a régió szabadalmi állományának növekedéséhez, másrészt pedig a szabadalmak országos állománya is növekszik. Az előbbi tétel (regionális szabadalmi állomány) közvetlenül befolyásolja a régiók TFP értékét, az országos szabadalmi állomány pedig áttételes, a regionális szabadalmaztatást pozitívan erősítve csatol vissza a folyamatba. A regionális szabadalmi állomány 1%-os növekedését a modellben a TFP 0,0858%-os növekedése kíséri, és ha figyelembe vesszük, hogy a modell a szabadalmi állomány amortizációjával is számol (13%), akkor ismét azt láthatjuk, hogy az ENQ index 1%-os növekedése csekély hatást gyakorol a TFP-re. Némileg erősítheti ugyanakkor ezt a hatást az országos szabadalmi állományon keresztül történő visszacsatolás, itt ugyanis 0,48%-os becsült rugalmassággal dolgozik a modell.

5. ábra: A hozzáadott érték alakulása a hazai régiókban a hálózati minőség javulása esetén (az alapesettől vett százalékos eltérés)



A GMR modell fontos eleme, hogy a TFP változásainak a régiókra, a régiók közötti kereskedelemre és a migrációra valamint a makroszintű változókra gyakorolt hatása modellezhető. Az 5. ábra mutatja, hogy a magyar régiók esetében miként változik a regionális gazdasági teljesítmény, ugyancsak a modell alapesetéhez képest vett százalékos értékeket feltüntetve. Különösebben nem meglepő módon a regionális hozzáadott érték a TFP-vel megegyező tendenciákat követ. Ugyanakkor egy fontos, bár kevésbé nyilvánvaló jelenség, hogy a szimuláció első éveiben a regionális gazdasági teljesítmény a periferikus régiókban (Dél-Dunántúl, Észak-Magyarország, Észak-Alföld) kisebb az alapesethez képest (enyhén negatív tartományba mozduló hatások). Ez abból fakad, hogy a GMR modell képes figyelembe venni a régiók közötti kölcsönhatásokat is a migráción és az interregionális kereskedelmen keresztül. Ez alapján az látható, hogy a kezdeti években a centrális régiók egyfajta elszívó hatást gyakorolnak a periferikus régiókra, hosszabb távon azonban a TFP növekedése kompenzálja ezt a hatást. A 6. ábra mutatja a hozzáadott érték időbeli alakulását országos szinten: mivel valamennyi régióban növekszik a hozzáadott érték, országos szinten is hasonló tendenciát látunk.

6. ábra: Az aggregált országos szintű hozzáadott érték alakulása



Publikációk:

Egy magyar nyelvű műhelytanulmány elkészült, vezető magyar folyóiratba szándékozzuk elküldeni (Statisztikai Szemle), valamint egy angol nyelvű cikket tervezünk a terület releváns lapjában.

A könyv kézirat elkészült, a publikálás költségeit kell biztosítani a továbbiakban (pályázat készül az OTKA maradvány ezirányú felhasználására).

A munkatervvel való összhang a munkafeladat vonatkozásában: A munkatervvel összhangban zajlott a feladat végrehajtása.

A munkatervvel való összhang a publikációk vonatkozásában: A pályázatban műhelytanulmányt és könyv kéziratot terveztünk, ezt teljesítettük

TOVÁBBI PUBLIKÁCIÓK A 2015-16-OS ÉVEKBEN

Varga Attila (2016) *Regionális fejlesztéspolitikai hatáselemzés. Innováció, vállalkozás és gazdasági növekedés a GMR-Európa modellben.* Akadémiai Kiadó, Budapest (megjelenés alatt).

Attila Varga, Tamás Sebestyén (2016) Does EU Framework Program participation affect regional innovation? The differentiating role of economic development. *International Regional Science Review*, 1-35 DOI: 10.1177/0160017616642821.

Varga Attila, Sebestyén Tamás (2016) Hozzájárulnak-e az EU Keretprogramok a régiók szabadalmi teljesítményéhez? A hálózati és a lokalizált tudásáramlás különbségei Európában. *Területi Statisztika* (megjelenés előtt)

Sebestyén Tamás, Varga Attila (2016) A hálózati szerkezet és a hálózati csúcsok jellemzőit integráló tudáshálózati mutató: az ENQ-index. *Területi Statisztika* 56, 4–29; DOI: 10.15196/TS560102.

Hau-Horváth Orsolya, Sebestyén Tamás, Varga Attila (2016) Tudáshálózatok szerepe a regionális fejlődésben – egy integrált modell alkalmazásának tapasztalatai a magyar régiók esetében. *Statisztikai Szemle* 94, 117,142.

Varga Attila, Erdős Katalin (2015) A magyar idegtudomány nemzetközi beágyazottsága. *Magyar Tudomány* 6., 1-8.

Varga Attila, Sebestyén Tamás (2015) Innováció Kelet-Közép-Európában. Az EU keretprogramjaiban való részvétel szerepe az innovációs teljesítményben. *Közgazdasági Szemle* 62, 881–908.