

Közzététel: 2019. február 19.

A tanulmány címe:

A Hetedik Keretprogram többszintű, dinamikus hálózati elemzése

Szerző:

Kosztján Zsolt Tibor, a PE Kvantitatív Módszerek Intézeti Tanszék vezetője, egyetemi docense, az MTA-PE Budapest Rangsor Kutatócsoport tudományos főmunkatársa E-mail: kosztyan.zsolt@gtk.uni-pannon.hu; **Csányi Vivien Valéria**, a PE PhD-hallgatója, az MTA-PE Budapest Rangsor Kutatócsoport tudományos segédmunkatársa E-mail: csanyivivien@gtk.uni-pannon.hu; **Kurbucz Marcell Tamás**, a PE PhD-hallgatója E-mail: kurbucz.marcell@gtk.uni-pannon.hu

DOI: <https://doi.org/10.20311/stat2019.2.hu0111>

Az alábbi feltételek érvényesek minden, a Központi Statisztikai Hivatal (a továbbiakban: KSH) Statisztikai Szemle c. folyóiratában (a továbbiakban: Folyóirat) megjelenő tanulmányra. Felhasználó a tanulmány, vagy annak részei felhasználásával egyidejűleg tudomásul veszi a jelen dokumentumban foglalt felhasználási feltételeket, és azokat magára nézve kötelezőnek fogadja el. Tudomásul veszi, hogy a jelen feltételek megszegéséből eredő valamennyi kárért felelősséggel tartozik.

1. A jogszabályi tartalom kivételével a tanulmányok a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. törvény (Szt.) szerint szerzői műnek minősülnek. A szerzői jog jogosultja a KSH.
2. A KSH földrajzi és időbeli korlátozás nélküli, nem kizárólagos, nem átadható, térítésmentes felhasználási jogot biztosít a Felhasználó részére a tanulmány vonatkozásában.
3. A felhasználási jog keretében a Felhasználó jogosult a tanulmány:
 - a) oktatási és kutatási célú felhasználására (nyilvánosságra hozatalára és továbbítására a 4. pontban foglalt kivétellel) a Folyóirat és a szerző(k) feltüntetésével;
 - b) tartalmáról összefoglaló készítésére az írott és az elektronikus médiában a Folyóirat és a szerző(k) feltüntetésével;
 - c) részletének idézésére – az átvevő mű jellege és célja által indokolt terjedelemben és az eredetihez híven – a forrás, valamint az ott megjelölt szerző(k) megnevezésével.
4. A Felhasználó nem jogosult a tanulmány továbbértékesítésére, haszonszerzési célú felhasználására. Ez a korlátozás nem érinti a tanulmány felhasználásával előállított, de az Szt. szerint önálló szerzői műnek minősülő mű ilyen célú felhasználását.
5. A tanulmány átdolgozása, újra publikálása tilos.
6. A 3. a)–c.) pontban foglaltak alapján a Folyóiratot és a szerző(ke)t az alábbiak szerint kell feltüntetni:

„*Forrás: Statisztikai Szemle c. folyóirat 97. évfolyam 2. számában megjelent, Kosztján Zsolt Tibor – Csányi Vivien Valéria – Kurbucz Marcell Tamás által írt, A Hetedik Keretprogram többszintű, dinamikus hálózati elemzése*” című tanulmány (link csatolása)”

7. A Folyóiratban megjelenő tanulmányok kutatói véleményeket tükröznek, amelyek nem esnek szükségképpen egybe a KSH, vagy a szerzők által képviselt intézmények hivatalos álláspontjával.

A Hetedik Keretprogram többszintű, dinamikus hálózati elemzése*

Kosztján Zsolt Tibor,

a PE¹ Kvantitatív Módszerek
Intézeti Tanszék vezetője,
egyetemi docense, az MTA-PE²
Budapest Rangsor Kutatócso-
port tudományos főmunkatársa
E-mail: kosztjan.zsolt@gtk.uni-
pannon.hu

Csányi Vivien Valéria,

a PE PhD-hallgatója,
az MTA-PE Budapest Rangsor
Kutatócsoport tudományos
segédmunkatársa
E-mail: csanyivivien@gtk.uni-
pannon.hu

Kurbucz Marcell Tamás,

a PE PhD-hallgatója
E-mail: kurbucz.marcell@gtk.uni-
pannon.hu

Az EU (Európai Unió) által finanszírozott keret-
programok partnerkapcsolatainak statikus vizsgálatá-
ból számos publikáció és több Európai Unió által meg-
rendelt tanulmány született, a konzorciumi hálózatok
időbeli változásairól azonban kevés információ áll
rendelkezésre. Jelen kutatás célja összetett, hiszen
amellett, hogy a többszintű hálózatelemzés segítségé-
vel hatékony módszertant kínál a komplex keretprog-
ramok dinamikus elemzésére, e módszertan segítségé-
vel feltárja az egyes országok és témakörök alhálózata-
inak és hálózatfejlődésének különbségeit is. Ezeken túl
vizsgálja a hálózati és a hálózatfejlődési indikátorok
országgrangsorainak, valamint az egészségügyi, a fel-
sőoktatási és a tudományos országgrangsoroknak a kap-
csolatát is.

TÁRGYSZÓ:

Európai uniós keretprogram.
Hálózatfejlődés.
Hálózatelemzés.

DOI: 10.20311/stat2019.2.hu0111

* A kutatást *Kosztján Zsolt Tibor* esetében a Bolyai János posztdoktori, valamint az Új Nemzeti Kiválóság Bolyai+ ösztöndíjak, *Csányi Vivien Valéria* esetében az Európai Unió, Magyarország és az Európai Szociális Alap társfinanszírozása által biztosított forrásból az EFOP-3.6.2-16-2017-00017 azonosítójú „Fenntartható, intelligens és befogadó regionális és városi modellek” című projekt, illetve az Emberi Erőforrások Minisztériumának ÚNKP-18-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programja, *Kurbucz Marcell Tamás* esetében pedig a Pallas Athéné Domus Educationis Alapítvány és az Emberi Erőforrások Minisztériumának ÚNKP-17-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programja támogatta. A szerzők köszönetet mondanak *Klotz Tiffani Cintiának* és *Pass Baláznak* az adattisztításban és az adat-előkészítésben nyújtott segítségért. A tanulmányban foglaltak a szerzők véleményét tükrözik, ezért azok nem tekinthetők a támogató intézmények hivatalos álláspontjának.

¹ PE: Pannon Egyetem.

² MTA: Magyar Tudományos Akadémia

Az Európai Bizottság 2000 januárjában fogalmazta meg az EKT (Európai Kutatási Térség) gondolatát, amelyet később a Lisszaboni Szerződésben is rögzítettek. Az EKT-nak mint egységes, világ előtt nyitott és belső piacon alapuló kutatási térségnek az életre hívását (*European Commission* [2012]) az Európában zajló K+F-tevékenység töredezettsége és alulfinanszírozottsága, valamint az EU-tagországok közös fejlesztéspolitikájának hiánya indokolta. Célkitűzése ennek megfelelően, hogy az európai K+F összehangolásával és a nemzetközi együttműködések ösztönzésével javítsa a tagországok versenyképességét és megszilárdítsa az EU szerepét a kutatás és a technológiai termelés területén.

Szűk tíz évvel az EKT alapjainak lefektetése (2000 januárja) óta az EU tagországai által megjelent publikációknak már több mint egyharmada nemzetközi kooperáció keretében valósult meg, és minden ötödik kiadványban legalább egy térségen kívüli ország is érintett volt (*Campbell et al.* [2013]). Bár az előbbi adatok a 2008 és 2011 közötti időszakra vonatkoznak, a nemzeteken átívelő együttműködések mértéke erős pozitív irányú kapcsolatot mutat az EU FP-jeinek (framework program – kutatási és technológiafejlesztési keretprogram) ciklusról ciklusra növekvő költségvetéseivel,³ így a térség fejlődése mai napig szakadatlanul tekinthető. Az EKT folyamatos fejlesztésének igénye, valamint a nemzetközi együttműködésen alapuló projektek számának és komplexitásának növekedése egyre nagyobb hangsúlyt helyez a keretprogramok mint innovációs hálózatok elemzésére.

A nyertes projektekben részt vevő szervezetek hálózatainak statikus és dinamikus vizsgálata egyaránt hasznos információkat szolgáltat a keretprogramok működéséről. Míg a statikus hálózatelemzési mutatók a partnerkapcsolati hálózatok struktúráját ragadják meg, a dinamikus elemzési módszerek a hálózatok fejlődésének vizsgálatát teszik lehetővé. Számos cikk (lásd például *Roediger-Schluga-Barber* [2006]) és több, EU által megrendelt tanulmány született a keretprogramok struktúrájáról (például *Heller-Schuh et al.* [2011], *Science Metrix* [2015]), ugyanakkor a konzorciumok fejlődésének dinamikájával eddig kevesen foglalkoztak.

Az említett tanulmányokban általában közös, hogy az EU CORDIS (Community Research and Development Information Service – Közösségi Kutatási és Fejlesztési Információs Szolgálat) adatbázisán alapulnak, ami az összes eddigi programra vonatkozóan tartalmazza a nyertes projektek adatait.⁴ Jelen kutatásban az

³ Míg az EKT első pénzügyi fundamentuma, az FP6 (2002–2006) 17,5 milliárd eurós költségvetéssel rendelkezett, az FP7 (2017–2013) már több mint 53 milliárd euróval gazdálkodott. A keretprogramok költségvetéséről, illetve annak szektorok közötti megoszlásáról részletes áttekintést nyújt például *Roediger-Schluga-Barber* [2006], valamint *Barker-Cameron* [2004] (172. old).

⁴ Az EU CORDIS adatbázisa szabadon elérhető a következő címen: <https://cordis.europa.eu/>

FP7 (2007–2013) vizsgálatára fókuszálunk. Bár ez a keretprogram már lezajlott, projektjeinek vizsgálata két okból is aktuális: egyfelől a tanulmány megírásának idején (2018. június) még mindig vannak futó projektjei, másfelől e program közvetlen előzménye a folyamatban levő H2020-as⁵ ciklusnak. Az idősoros adataink másik körét az országok tudományos teljesítményét rangsoroló, Scimago Lab nevű cég folyóirat- és országgrangsor-adatbázisa, az Universitas21⁶ (későbbiekben U21) felsőoktatási országgrangsora, valamint az OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development – Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet) adatbázisa szolgáltatja.⁷

Tanulmányunkban a következő kérdésekre keressük a választ:

K1 Eltérő-e országonként az FP7-keretprogramban részt vevő szervezetek (különösen a közép- és felsőoktatási intézmények) konzorciumi hálózata és hálózatfejlődése?

K2 A hálózati és a hálózatfejlődési paraméterek kapcsolatban állnak-e az egyes országok egészségügyét, felsőoktatását és tudományos teljesítményét jellemző rangsorokkal?

A kérdések megválaszolásán túl célunk, hogy felhívjuk a hazai kutatók figyelmét az EU CORDIS folyamatosan bővülő adatbázisára, és hatékony módszertant kínáljunk számukra a keretprogramonként akár több millió partnerkapcsolatot tartalmazó hálózatok feldolgozására. Ennek megfelelően a kutatási kérdések megválaszolása előtt részletesen ismertetjük kutatómunkánk adatforrásait, a javasolt adatstruktúrát és az elemzés módszertanát.

1. Az adatforrások bemutatása

Az adatforrások bemutatását az EU CORDIS adatbázisával kezdjük, majd röviden ismertetjük az országok tudományos teljesítményét és felsőoktatását rangsoroló adatbázisokat, valamint a kutatómunkánkban felhasznált egészségügyi adatokat.

⁵ A H2020 az Európai Unió 2014 és 2020 közötti időszakra terjedő Horizon 2020 Kutatási és Innovációs Programja.

⁶ Az Universitas21 kutatóközpontú egyetemek hálózata, ami 1997-ben alakult a Melbourne-i Egyetem vezetésével. A hálózatot 2019-ben 27 egyetem alkotja.

⁷ A Scimago Lab, valamint az U21 adatbázisai szabadon elérhetők a következő címeken: <https://www.scimagojr.com/>, <https://universitas21.com/>

1.1. Az EU CORDIS adatbázisa

Az EU CORDIS-adatbázisa az Európai Bizottság birtokában levő összes nyilvános információt tartalmazza a különböző keretprogramok projektjeire vonatkozóan. A legfontosabb letölthető adatokat az 1. táblázat foglalja össze.

1. táblázat

Az EU CORDIS adatbázisának felépítése

Projektadatok	A projektben részt vevő szervezet adatai
Projectid – egyedi azonosító	Org_ID – egyedi azonosító
Cím és rövidítés	Név
Kezdés és befejezés dátuma	Projektben betöltött szerep (koordinátor, résztvevő, kedvezményezett, befogadó intézmény)
Teljes költség	Cím (ország, város, utca, hászám)
EU-s támogatás összege (a projekt egészére)	EU-s támogatás összege (amit egy adott projektben kapott)
Célkitűzések rövid összefoglalása	Tevékenység típusa (középfokú vagy felsőoktatási intézmény, kutatóközpont, for-profit szervezet, közintézmény, egyéb)
(23-féle) programból annak megnevezése, amelyben a projekt részt vesz	

Forrás: Saját szerkesztés a <https://cordis.europa.eu/> alapján.

1.2. A felsőoktatás és a tudományos teljesítmény országgrangorai

A *Scimago Lab tudományos teljesítményt mérő országgrangora* a következő 6 indikátor alapján rendez sorba összesen 240 országot: *dokumentumok száma, idézhető dokumentumok száma, idézetek száma, önidézetek száma, egy dokumentumra jutó idézetek száma* és az ország *H-indexe*.⁸ A rangsorolást elvégezhetjük különböző tudományterületekre, alterületekre és időintervallumokra (esetünkben az 1996 és 2017 közötti időszakra) vonatkozóan. A 2. táblázatban szereplő rangsor az 1996-tól 2017-ig megjelent dokumentumok és az összes tudományterület figyelembevételével készült.

⁸ A H-indexet vagy Hirsch-indexet a tudományos teljesítmény mérésére használják, ami a megjelent cikkek számát és a hivatkozások számát veszi figyelembe. Egy kutató H-indexe 5, ha 5 olyan publikációja van, amelyre egyenként legalább 5 hivatkozást kapott.

2. táblázat

SCImago-országgrangsor, 1996–2017

Rang-sor	Ország	Dokumentumok száma	Idézhető dokumentumok száma	Idézetek száma	Önidézetek száma	Idézetek/dokumentumok	H-index
1.	Egyesült Államok	11 036 243	9 875 662	267 612 868	122 087 837	24	2 077
2.	Kína	5 133 924	5 052 579	39 244 368	21 831 514	8	712
3.	Egyesült Királyság	3 150 874	2 705 067	68 803 194	15 755 046	22	1 281
4.	Németország	2 790 169	2 590 028	54 834 760	13 548 169	20	1 131
5.	Japán	2 539 441	2 437 565	39 049 963	10 407 744	15	920
6.	Franciaország	1 967 157	1 837 639	37 865 266	8 085 273	19	1 023
7.	Kanada	1 594 391	1 446 619	34 945 308	6 216 383	22	1 033
8.	Olaszország	1 583 746	1 451 214	28 548 485	6 597 300	18	898
9.	India	1 472 192	1 379 217	12 637 866	4 329 674	9	521
10.	Spanyolország	1 256 556	1 156 724	20 661 273	4 705 368	16	775

Forrás: Saját szerkesztés az EU CORDIS adatai alapján.

Az U21 felsőoktatási országgrangsora 50 ország felsőoktatási rendszerét rendezte 2012 óta rangsorba. Indikátorai 4 csoportra bonthatók: erőforrások, környezet, kapcsolatok és kimenetek. Az első három csoport egyenként 20-20, a kimenetek 40 százalékos súllyal járulnak hozzá az ország végső helyezéséhez. Minden egyes csoporthoz különböző súlyokkal további alindikátorok tartoznak.

Az erőforrások alindikátorai közé tartozik a felsőoktatási intézményekre költött összes kiadás, a kormányzati kiadások a GDP százalékában, az intézmények által egy tanulóra fordított éves kiadás, valamint az intézmények K+F-tevékenységre irányuló kiadásai. A környezeti alindikátorokat a női tanulók aránya a felsőoktatásban és az egyetemi oktatók között, a politikai környezet, illetve az intézmények által szolgáltatott adatok minősége alkotja. A kapcsolatok alindikátorai közé sorolható a külföldi hallgatók aránya az országban, a nemzetközi együttműködésben született publikációk aránya, a Webometrics transparency és visibility (transzparencia- és láthatóság-) index, továbbá a felsőoktatási intézmények iparral való együttműködésének mérőszámai. A legnagyobb súllyal rendelkező csoport alindikátorai közé az adott ország intézményeinél készített összes publikáció száma, a publikációk átlagos impakt faktora, azoknak az intézményeknek a száma, amelyek bekerültek a ShanghaiRanking⁹ legjobb 500 egyeteme közé, a főállású kutatók száma az ország-

⁹ A ShanghaiRanking elnevezésű felsőoktatási rangsor szabadon elérhető a következő címen: <http://www.shanghairanking.com/>

ban, a felsőfokú végzettséggel rendelkezők aránya, valamint a felsőfokú végzettséggel rendelkező munkanélküliek aránya tartozik.

A 3. táblázatban az U21 2017-re vonatkozó rangsora látható. A rangsorvezető az Egyesült Államok, amit Svájc, majd az Egyesült Királyság követ. Magyarország a 36. helyet foglalja el, így a visegrádi négyek közül hazánk pozíciója a legrosszabb, a szomszédos országokat tekintve azonban megelőzzük Ukrajnát, Szerbiát, Romániát és Horvátországot.

3. táblázat

Az U21 rangsora, 2017

Rang-sor	Ország (1.–10.)	Rang-sor	Ország (11.–20.)	Rang-sor	Ország (21.–30.)	Rang-sor	Ország (31.–40.)	Rang-sor	Ország (41.–50.)
1.	Egyesült Államok	11.	Ausztria	21.	Tajvan (Kína)	31.	Lengyelország	41.	Törökország
2.	Svájc	12.	Norvégia	22.	Dél-Korea	32.	Görögország	42.	Szerbia
3.	Egyesült Királyság	13.	Belgium	23.	Szaúd-Arábia	33.	Oroszország	43.	Románia
4.	Svédország	14.	Új-Zéland	24.	Portugália	34.	Chile	44.	Bulgária
5.	Dánia	15.	Németország	25.	Spanyolország	35.	Szlovákia	45.	Horvátország
6.	Finnország	16.	Franciaország	26.	Malajzia	36.	Magyarország	46.	Mexikó
7.	Hollandia	17.	Hong Kong (SAR)	27.	Csehország	37.	Dél-afrikai Köztársaság	47.	Thaiföld
8.	Kanada	18.	Izrael	28.	Olaszország	38.	Ukrajna	48.	Irán
9.	Szingapúr	19.	Írország	29.	Szlovénia	39.	Brazília	49.	India
10.	Ausztrália	20.	Japán	30.	Kína	40.	Argentína	50.	Indonézia

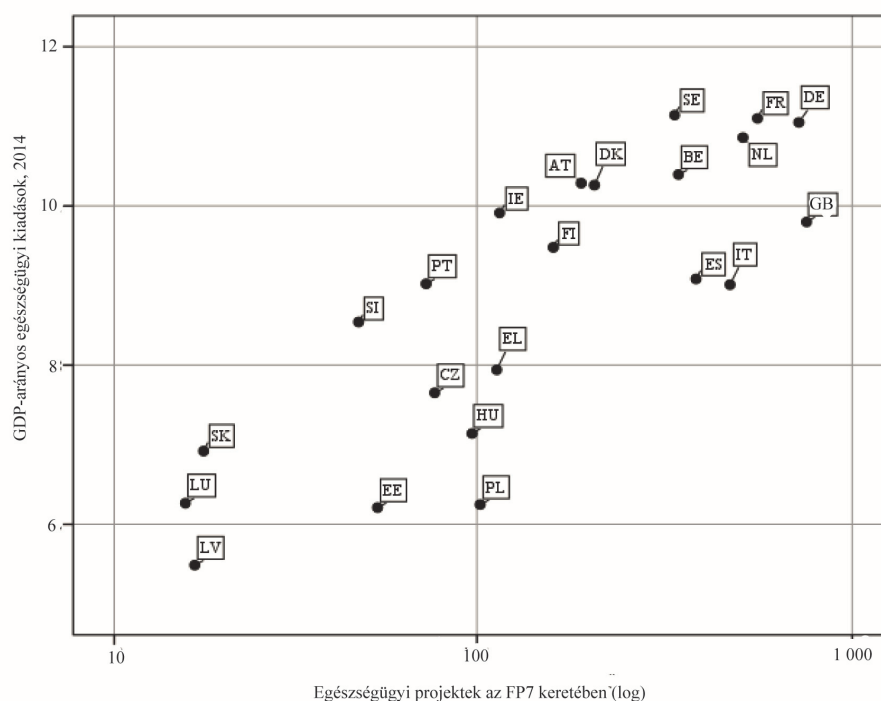
Forrás: Williams [2017].

1.3. Egészségügyi mutatókat tartalmazó OECD-adatbázis

A második kutatási kérdés megválaszolása során az OECD egészségügyi mutatókat tartalmazó adatbázisa is felhasználjuk. Az OECD eltérő mennyiségű hiányzó adatot tartalmazó egészségügyi indikátorai 12 különböző témakörbe sorolhatók. Ilyen témakörök például az egészségügyi finanszírozás és kiadások, a gyógyszerpiac, az egészségügyi erőforrások és az egészségügyi státus. Az egyes témakörökhöz tartozó, összesen több mint 190 indikátor közül kutatásunk során az egészségügyre költött kiadások GDP-hez viszonyított arányát használjuk fel, mely adat az EU 22 tagországa esetén állt rendelkezésünkre. Az adatok egységes kezelése ér-

dekében a GDP-arányos egészségügyi kiadások alapján is országgrangsorokat képeztünk. A 22 vizsgált országban az egészségügyi kiadások a GDP 5,5 és 12,0 százalékát tették ki 2014-ben. A mutató Svédországban volt a legmagasabb, illetve ahhoz hasonló volt Franciaországban és Németországban. Az 1. ábra az FP7 keretében megvalósított egészségügyi projektek számának logaritmusát szemlélteti az egészségügyi kiadásokhoz viszonyítva.

1. ábra. Az egészségügyi kiadások kapcsolata az egészségügyi projektek számának logaritmusával



Megjegyzés. Az országnevek rövidítéséért lásd ISO 3166 alpha-2 (http://hu.wikipedia.org/wiki/ISO_3166-1).
Forrás: Saját szerkesztés az EU CORDIS adatai alapján.

Az 1. ábra alapján a két változó között erős kapcsolat áll fenn. Litvánia esetében volt a legalacsonyabb az egészségügyi ráfordítások aránya 2014-ben, és az országban működő szervezetek mindössze 17 egészségügyi projektben vettek részt, ami Luxemburg után a második legkisebb érték. Magyarország a GDP-jének 7,14 százalékát költötte egészségügyre, és az FP7 keretében összesen 97 egészségügyi projektet indított. Az egészségügyi projektek számát tekintve – 756 projektben való részvétellel – az Egyesült Királyság áll az élen.

2. Az adatstruktúra kialakítása

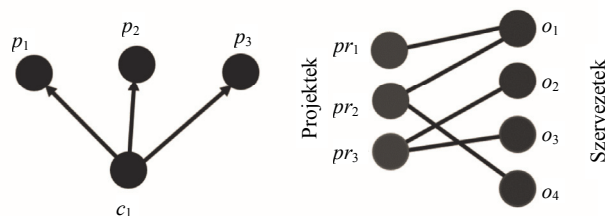
Az EU CORDIS adatbázisához hasonló komplex adatbázisok esetén a gráfábrázolás helytelen megválasztása könnyen ellehetetlenítheti a kutatási kérdéseink megválaszolását. Jelen fejezetben a szakirodalom által használt ábrázolási módokat ismertetjük, majd javaslatot teszünk a dinamikus elemzést elősegítő, ún. többszintű hálózati struktúra kialakítására.

2.1. Ábrázolás statikus és dinamikus hálózatok segítségével

A szakirodalomban a partnerkapcsolatok kétféle megjelenítésével találkozhatunk. Leggyakrabban a csúcsok a projektben részt vevő intézményeket, az élek pedig magukat a projekteket jelölik (lásd a 2. ábra bal oldalát). Az éleknek lehet irányítást is adni attól függően, hogy ki a konzorcium vezetője (c_1, \dots, c_k), illetve, hogy kik a partnerek (p_1, \dots, p_m). Mivel a projektben betöltött valódi vezető szerep megállapítása igen nehézkes, és a hálózatelemzési módszerek túlnyomó része irányítatlan gráfokra lett kidolgozva, kutatásunk jelenlegi szakaszában eltekintünk az élek irányításától.

Egy másik érdekes megjelenítési mód – melyet *Barber et al.* [2006] javasolt – ún. páros gráfként ábrázolja a konzorciumokat, ahol nem élekként, hanem csúcsokként jelennek meg a projektek (pr_1, \dots, pr_n), és csúcsokként jelennek meg a szervezetek (o_1, \dots, o_{m+k}) is. Ebben az esetben már a konzorciumi partnereket nem különböztetjük meg aszerint, hogy partnerek, vagy konzorciumvezetők (lásd a 2. ábra jobb oldalát), az élek pedig egyedül azt szemléltetik, hogy mely projekthez milyen intézmények tartoznak. Amennyiben páros gráfok esetén meg szeretnénk határozni két intézmény kapcsolatát, meg kell vizsgálnunk, hogy mely projektekben (például pr_2 -ben a 2. ábra jobb oldalán) vesznek azok (például o_1, o_4) közösen részt. Ilyenkor tehát ún. háromszögeket (például $o_1 - pr_2 - o_4$) vizsgálunk csúcsok (például $p_1 - c_1$) összeköttetése helyett.

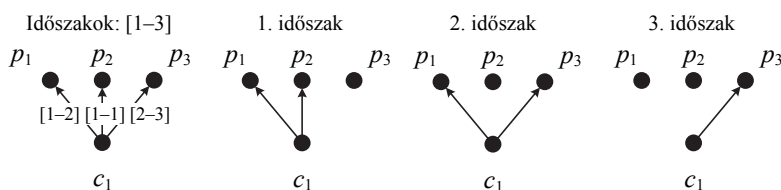
2. ábra. A kutatási projektek statikus konzorciumi hálózata



Mind a két megjelenítési módnak van létjogosultsága. A második esetben például külön lehet vizsgálni a projektek és az azokban részt vevő szervezetek hálózati jellemzőit, de jóval kevesebb hálózatelemzési eljárás áll a rendelkezésünkre.

A dinamikus hálózatokban az élekhez és/vagy a csúcsokhoz időintervallum rendelhető, és az élek/csúcsok csak abban értelmezhetők, egyébként törölődnek a hálózatból. A 3. ábra három projektet ábrázol, amelyeknél ugyanaz a konzorciumvezető, míg mások a partnerek. Ha a konzorciumi hálózatot statikus hálózatként szemlélénk, akkor a 3. ábra bal oldalán levő hálózatot kapnánk. Ránézésre ez a háló nem különböztethető meg attól, amikor egy konzorciumi vezetőnek három különböző partnerrel egy közös projektje van (vö. a 2. és a 3. ábrák bal oldalát). Jelen esetben azonban a gráfok három különböző projektet jelölnek, amelyek esetén egyetlen olyan időszak sincs, amikor valamennyi kapcsolat fennállna a konzorcium vezetője és a három partner között.

3. ábra. A kutatási projektek dinamikus konzorciumi hálózata



Bár a keretprogramok struktúrájának fejlődése számos izgalmas kérdést vet fel, több millió élt tartalmazó hálózataik dinamikus elemzése jelentős számítási kapacitást igényel. Annak érdekében, hogy a statikus elemzésekre fókuszáló szakirodalmat kiegészíthessük dinamikus vizsgálataink eredményeivel, ún. többszintű hálózati struktúrák kialakításával egyszerűsítettük a komplex hálózatok elemzését.

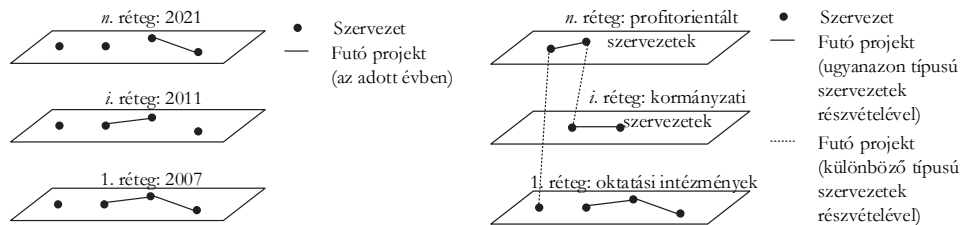
2.2. Többszintű hálózati struktúra kialakítása

Az európai uniós K+F-projektek esetében célszerű a hálózatot – az adatok könnyebb kezelése és vizualizációja érdekében – több rétegre (szintre) bontani. Ebben az alfejezetben bemutatjuk, hogy miként valósítható meg a többszintű hálózatelemzés az általunk vizsgált konzorciumi hálózaton. Elemzéseink során egy ingyenesen letölthető programot, a MuxViz-t használtuk, melyről *De Domenico–Porter–Arenas* [2015] nyújt részletes áttekintést.

Az elmúlt évek során számos tanulmány foglalkozott a többszintű hálózatokkal. A hagyományos hálózatelméleti mutatók többszintű hálózatokra való kiterjesztését például *De Domenico et al.* [2013] írja le, *Boccaletti et al.* [2014] pedig kiváló összefoglalást nyújt az eddig elért eredményekről.

A dinamikus hálótervezési eljárással párhuzamosan fejlődő megközelítés az ún. többszintű hálótervezési eljárás (lásd *Boccaletti et al.* [2014]), ami szerint a hálózat csúcsainak különböző rétegekbe való rendezésével az egyes rétegek struktúrája könnyebben összehasonlíthatóvá válik. A hagyományos hálózatelméleti megközelítésben a hálózat csomópontjainak fajtái nincsenek megkülönböztetve egymástól, és az őket összekötő élek általában azonos súlyokkal, egyenrangú kapcsolatként szerepelnek az elemzésekben. A többszintű hálózatelmélet során ezzel szemben rétegekbe rendezve vizsgálhatjuk az eltérő tulajdonságokkal rendelkező csomópontokat.

4. ábra. A kutatási projektek többrétegű konzorciumi hálózata

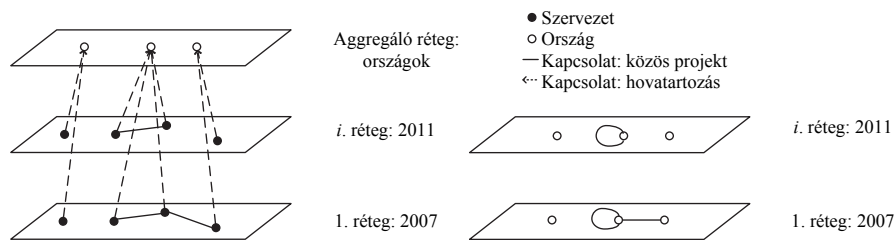


Ezeket a rétegeket a hálózat elemeinek legkülönbözőbb ismérvei mellett kialakíthatjuk bizonyos időszakokra vonatkozó adatokból is. Ez az elrendezés esetünkben egyrészt a különböző időszakokban működő konzorciumi hálózatok hasonlóságának vizsgálatára (lásd a 4. ábra bal oldalát), másrészt az oktatási intézmények hálózati mutatóinak (például hálózati beágyazottságának, melyről lásd a 4. fejezetet) az intézmények rangsorpozíciójával való összehasonlítására is lehetőséget nyújt. Ekkor a rétegek csúcspontjai nincsenek összekötve, így olyan, mintha a hálózatról egy „pillanatfelvétel” készülne (lásd a 4. ábra bal oldalát); az egyes rétegeken pedig statikus hálózati mutatók számíthatók, melyek rétegenként vagy további mutatókkal is összehasonlíthatók.

A rétegeket nemcsak időszakok, hanem például szervezettípusok szerint is felbonthatjuk (lásd a 4. ábra jobb oldalát), így egy olyan többszintű hálózatot kapunk, ahol, ha a konzorciumi hálózatban eltérő profilú szervezetek vesznek részt, összeköthetjük az egyes rétegekben szereplő csúcsokat. Hasonlóan, ha a rétegek különböző országok, akkor a rétegen belüli és a rétegek közötti kapcsolatok aránya alapján egy konzorciumi hálózat nemzetközi jellegét vizsgálhatjuk. A többszintű hálózatok segítségével egyszerűbben megállapítható, hogy mennyire homogén egy konzorciumi háló akár a szervezetek típusát, akár a konzorciumi partnerek székhelyének országát tekintve. Mi ezt a technikát a szervezetek/országok különválasztására alkalmazzuk (lásd a 4. ábra jobb oldalát), így lehetőségünk van arra, hogy bizonyos hálózati mutatókat egy-egy rétegre (esetünkben az oktatási intézményekre) külön-külön is megvizsgáljunk, de a rétegek közötti kapcsolatokkal elemezhető az intézmények/konzorcium homogenitása, sőt dinamikus hálótervezési módszerekkel ötvözve, kiszámítható azok időbeli változása is.

Míg az oktatási intézmények esetén a hálózati és a rangsorpozíciók akár statikus módon, akár különböző éveket tekintve dinamikusan összehasonlíthatók, addig az egészségügyi mutatók már csak országos szinten értelmezhetők. Az oktatási rendszert, ezen belül is a közép- és felsőoktatási rendszereket, országoként is lehet értelmezni, így felvetődik a kérdés, hogy vajon a hálótervezési technikák segítségével van-e lehetőség a hálózat országos szintű vizsgálatára. Bár ez a probléma hagyományos hálótervezési eljárásokkal, ún. csúcspjekcióval is megoldható, többszintű hálótervezési eljárással – vagyis egy új, országokat mint csúcsoakat tartalmazó réteg bevezetésével – „elegánsabban” kezelhető. Az 5. ábra baloldalán szaggatott vonal jelzi, hogy mely intézmény melyik országba tartozik. Valamennyi további rétegben (legyen az akár év vagy intézménytípus) az egyes intézményeket azzal az országgal kötik össze, amelyik az adott intézmény székhelye, így a rétegeket az aggregáló hálózatra projektálva megkapjuk az országok hálózatát például egy adott időszakban.

5. ábra. A kutatási projektek ország szerinti aggregálása (bal oldal), illetve projekciója (jobb oldal)



3. A felhasznált hálózatelemzési módszerek ismertetése

Ebben a fejezetben – a hálózatok topológiájának rövid jellemzését leszámítva – elsősorban azokra a hálózati mutatókra koncentrálnunk, amelyek a konzorciumi partnereket mint csúcsoakat, a projekteket pedig mint éleket jellemzik. A fejezet első három alfejezetében az első (K1), a negyedik alfejezetben pedig a második kutatási kérdés (K2) megválaszolásához szükséges módszertani ismereteket foglaltuk össze.

3.1. A csúcsoak és élek jellemzése

A keretprogramok vizsgálata során hasznos információkat szolgáltatnak olyan alapvető hálózati mutatók, mint a hálózatsűrűség, az egyes szervezetek mint csúcsoak fokszáma és beágyazottsága, valamint a közöttük megvalósuló kapcsolatok hasonló-

sága.¹⁰ Ezeket a mutatókat egy többszintű háló esetén rétegenként (például az oktatási intézmények hálózati kapcsolatainak sűrűsége), rétegek között (például egy konzorciumban az oktatási intézmények aránya), illetve összességükben is vizsgálni lehet. A sűrűség mint a teljes hálózatot vagy annak részhálózatát, esetleg egy-egy réteget jellemző mutató a létező és a lehetséges kapcsolatok arányát méri. Ennek megfelelően egy hálózat sűrűsége 1 lesz, ha kapcsolatainak száma maximális, és 0, ha elemei függetlenek egymástól. Jelöljük a gráfot $G = (N, A)$ -vel, ahol N a csúcsokat, A pedig az éleket jelöli. Az egyszerű, irányítatlan gráfok sűrűségét (D) a következő képlet alapján határozhatjuk meg:

$$D = \frac{|A|}{|N|(|N| - 1) / 2}, \quad /1/$$

ahol $|N|$ a csúcsok, $|A|$ az élek számát jelöli. Vizsgálatunk tárgyát tekintve a hálózat sűrűsége az FP7-ben részt vevő szervezetek közötti interakció mértékét mutatja. A fokszámok segítségével a szervezetekhez tartozó kapcsolatok számát, a beágyazottsági mutatókkal pedig a szervezetek hálózatbeli „fontosságát” határozhatjuk meg. A csúcsok beágyazottságának mérésére leggyakrabban alkalmazott mutatók a fokszámközpontosság, a közöttiség-központosság, a közelség-központosság és a sajátérték-központosság.

Míg a fokszámközpontosság az egyes csúcsok fokszámát viszonyítja az összes kapcsolathoz, a közöttiség-központosság azt méri, hogy egy adott csúcs milyen gyakran jelenik meg a két tetszőlegesen választott csúcs közötti legrövidebb úton. A fokszámközpontosság segítségével megtalálhatjuk azokat a csúcspontokat (esetünkben országokat), amelyek a legtöbb kapcsolattal rendelkeznek, ezáltal kulcsszerepet töltenek be a hálózatban. A közelség-központosság azt mutatja meg, hogy egy adott csúcsból kiindulva átlagosan hány lépés távolságra helyezkedik el a hálózat összes többi csúcsa. Ennek segítségével meghatározhatjuk azokat a csúcspontokat, amelyek a legközelebb helyezkednek el más csúcsokhoz képest. A sajátérték-központosság az előző mutatóhoz hasonló megfontoláson alapszik, azonban a csúcsok közvetlen környezete helyett nagyobb hangsúlyt fektet azok teljes hálózatban való integráltságára.¹¹

Bár mind a négy mutató hasznos információkat hordoz a szervezetek FP7-beli beágyazottságáról, kutatási kérdéseink megválaszolását leginkább a sajátvektorok

¹⁰ Az elmúlt években számos publikációban szerepeltek ezek a mutatók a keretprogramok elemzése során. Az Európai Bizottság tanulmánya (*Science Metrix* [2015]), valamint az ehhez tartozó módszertani melléklet részletes áttekintést nyújt az FP7 hálózatának vizsgálatáról.

¹¹ Ebből következik, hogy a sajátérték- és a közelségközpontosság-vizsgálatok kisebb hálózatok és részhálózatok esetén egymástól kismértékben eltérő eredményhez vezetnek.

vizsgálata segíti elő. Az i -edik csúcs relatív központisági értéke (x_i) a következő képlettel határozható meg:

$$x_i = \frac{1}{\lambda} \sum_{a(i,j) \in A} x_j, \quad /2/$$

ahol x_j a j -edik csúcsokhoz tartozó központisági értékek ($i \neq j$), λ pedig konstans. A szakirodalomban a szervezeten belüli kapcsolatok minősítésére a sajátértékek vizsgálatán túl gyakran alkalmaznak ún. homofíliajellegű mutatókat is, amelyekkel az egymással kapcsolatban álló csúcsok tulajdonságait hasonlíthatjuk össze. Ezek segítségével a hálózatot rétegekbe rendezve megvizsgálhatjuk például azt, hogy egy adott országra vonatkozó részhálózatban/rétegben mekkora a nemzetközi vagy a szektorokon átívelő kapcsolatok aránya az összes kapcsolathoz viszonyítva. Ehhez hasonlóan, a többszintű hálózatokat felhasználva azt is meghatározhatjuk, hogy egy konzorciumban mekkora az oktatási intézmények aránya.

3.2. Topológiai szempontból fontos mutatók

Egy összefüggő hálózat vagy egy nem összefüggő hálózat összefüggő komponenseinek legtöbbet vizsgált topológiai jellemzője a fokszámeloszlás, amely egy adott számú kapcsolattal, ún. fokszámmal rendelkező csúcs valószínűség-eloszlását adja meg. A fokszámeloszlás a véletlen és az ún. skálafüggetlen hálózatokban (ahol a fokszámeloszlás $\gamma \in [2,3]$ paraméterű hatványfüggvényt jellemezhető) eltérően alakul (*Barabási–Albert–Jeong* [1999]).

Az FP7-et megelőző keretprogramok konzorciumi hálózatairól már korábban kimutatták, hogy leginkább skálafüggetlen vagy ún. kisvilág (ahol két csúcspont közötti átlagos távolság $[d]$ arányos a csúcsok számának $[|N|]$ logaritmusával $[d \sim \ln|N|]$), esetleg ultrakisvilág ($d \sim \ln \ln|N|$) tulajdonságú hálózatként jellemezhetők (*Barber et al.* [2006]), melyet jelen kutatás is alátámasztott. (Lásd a Függelék F2. táblázatát.)

A fokszámszámok közötti kapcsolatok a hálózatok további fontos topológiai jellemzője. Egy kiválasztott csúcs fokszáma korrelálhat pozitívan vagy negatívan a szomszédos csúcsok fokszámszámával, mely alapján megkülönböztethetünk asszortatív, illetve diszasszortatív hálózatokat. Az asszortativitás a hálózat azon tulajdonságára utal, hogy abban a nagy fokszámszámú csúcsok inkább nagyobb vagy kisebb fokszámszámú csúcsokhoz kapcsolódnak. Ezt a tulajdonságot a közvetlen szomszéd átlagos fokszámszámja méri. Egy hálózat szempontjából a nulla közeli asszortativitási mutató azt jelzi, hogy a nagy fokszámszámú (sok projekttel) rendelkező szervezetek szívesen létesítenek kap-

csolatot mind a nagy, mind pedig a kis fokszerű (kevés projekttel rendelkező) szervezetekkel, ami elősegítheti az FP7 egyik céljaként megfogalmazott tudástransfer létrejöttét.

A topológiai szempontból fontos mutatók tárháza tovább bővíthető például az ún. klaszterezettség vizsgálatával, azonban, mivel tanulmányunk középpontjában a dinamikus elemzés áll, olyan mutatókat, amelyeknek keretprogramokat átívelő állandóságát már bizonyították,¹² csak statikus vizsgálatra használunk.

3.3. A hálózat fejlődését leíró mutatók

A kapcsolati hálózat statikus elemzése során arra a kérdésre keressük a választ, hogy az egyes szervezetek, országok és régiók jellemzően milyen szerepet töltenek/töltenek be az FP7 hálózataiban. A statikus elemzésekkel ellentétben a hálózatok fejlődésének vizsgálatával a szerepek időbeli változásait is jellemezhetjük, így az időtől függő jelenségek feltérképezése érdekében a hálózatsűrűség dinamikus változatát is megvizsgáljuk. A dinamikus hálózatsűrűségi mutatóval az tanulmányozható, hogy időben miként változott a szervezetek közötti interakció. Jelöljük a gráfot most $G = \bigcup_{t=1}^T G_t$ -vel, ahol $G_t = (N_t, A_t)$, N_t a csúcsok, A_t az élek halmaza t időpillanatban, T pedig legyen az FP7 utolsó projektjének záróidőpontja. Az egyszerű, irányítatlan gráfok időtől függő sűrűségét (D_t) a következő képlet alapján határozhatjuk meg:

$$D_t = \frac{|A_t|}{|N_t| \cdot (|N_t| - 1) / 2}, \quad /3/$$

ahol $|N_t|$ a csúcsok, $|A_t|$ pedig az élek számát jelöli t időpillanatban ($t = 1, 2, \dots, T$).

3.4. A hálózati és a rangsormutatók összehasonlítása

A teljes hálózatból vagy annak valamely részhálózatából számított mutatókat lehetőségünk van országos szinten aggregálni. Ekkor megkapjuk például azt, hogy egy adott ország közép- és felsőoktatási intézményei milyen kapcsolatban állnak egymással és nemzetközi partnereikkel. Annak érdekében, hogy választ adjunk a második kutatási ($K2$) kérdésünkre, kiszámoltuk a teljes hálózatból – valamint annak kü-

¹² A klaszterezettség esetén lásd például Capone [2014].

lőnböző részhalóiból – az országos szinten aggregált sajátérték-mutatókat, és megvizsgáltuk azok összefüggéseit az országok 1. fejezetben ismertetett rangsoraival. A sajátértékek kiszámítása során a csúcsokat az adott szervezet által elnyert összegekkel súlyoztuk, a sajátértékek és a különböző országgrangsorok kapcsolatának erősségét pedig rangkorrelációval mértük.

4. Eredmények

Az eredmények ismertetését leíró statisztikákkal kezdjük, majd áttekintjük először a statikus, később a dinamikus vizsgálataink eredményeit.

4.1. Leíró statisztikák

Az FP7 projektjeinek időtartamával és költségeivel kapcsolatos leíró adatokat a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat

Az FP7-keretprogram projektjeinek időtartama és költségvetése, 2007–2021

Idő/költségvetés	<i>N</i>	Átlag	Szórás
Átfutási idő (nap)	25 770	1 203	471
Teljes költség (euró)	25 352	2 530 160	7 030 989
Összes EB-támogatás (euró)	25 770	1 763 221	3 252 721
EB-támogatás intézmények számára (euró)	118 030	345 543	585 624

Megjegyzés. EB: Európai Bizottság.

Forrás: Saját szerkesztés az EU CORDIS adatai alapján.

Az FP7 projektjei összesen 23 programba sorolhatók, amelyek megvalósítása során kiemelt figyelmet kapott Európa versenyképességének növelése, az infokommunikációs technológiák fejlesztése, a kis- és középvállalkozások támogatása és az egészségügy. A projektekből részt vevő szervezeteket 6 nagy csoportba oszthatjuk, melyek a következők: HES-ek (secondary and higher education establishments – közép- és felsőoktatási intézmények), REC-ek (research organisations – kutatóközpontok), PRC-k (private companies – for-profit szervezetek), a PUB (public sector – közszféra) és a GOV (government – kormányzat) intézményei, illetve OTH (other – egyéb) szervezetek.

5. táblázat

A különböző típusú szervezetekhez tartozó projektek száma és az elnyert támogatások összege az FP7-keretprogramban

FP7-program	HES			PRC			REC			PUB			GOV			OTH		
	Szervezetek száma	Projekttek száma	Elnyert támogatás (ezer euró)	Szervezetek száma	Projekttek száma	Elnyert támogatás (ezer euró)	Szervezetek száma	Projekttek száma	Elnyert támogatás (ezer euró)	Szervezetek száma	Projekttek száma	Elnyert támogatás (ezer euró)	Szervezetek száma	Projekttek száma	Elnyert támogatás (ezer euró)	Szervezetek száma	Projekttek száma	Elnyert támogatás (ezer euró)
COH	18	9	1 529	18	7	1 466	24	12	2 065	21	65	16 868	19	9	1 767			
ENERGY	979	306	226 519	1 613	347	332 101	951	315	241 888	240	99	31 067	10	10	2 334	219	152	38 292
ENVIRONMENT	2 416	451	548 002	1 435	368	262 316	2 406	470	604 058	636	256	90 498	41	41	12 434	330	206	60 186
EURATOM-FISSION	521	109	55 130	568	118	73 022	776	125	147 436	159	90	21 130	4	4	692	85	70	9 077
EURATOM-FUSION	40	3	3 230	2	2	221	22	3	1 710									87
GA	6	4	1 397	11	9	640	42	13	6 682	106	17	16 056	1	1	70	17	10	7 149
HEALTH	5 197	958	1 899 064	2 398	799	936 035	2 875	878	942 405	547	298	104 921	52	50	10 167	532	369	138 406
ICT	8 308	2 108	2 915 573	8 083	1 928	2 136 980	4 679	1 919	1 797 332	879	436	143 070	56	56	30 360	2 127	1 135	739 143
IDEAS-ERC	7 218	3 429	10 006 448	1 711	102	224 306	2 566	1 327	3 743 870	17	13	13 646	54	30	67 315	81	51	125 963
INCO	251	111	23 919	150	92	16 612	509	140	66 055	375	93	26 730						80
INFRA-STRUCTURES	2 128	297	369 876	500	208	102 937	2 234	315	592 454	435	167	50 580	12	11	711	458	207	247 797
JTI	1 415	472	656 262	3 172	650	824 007	1 090	454	464 493	156	113	53 818	8	8	2 648	366	180	117 206
KBBE	2 574	482	661 387	2 071	415	336 409	2 348	494	520 368	668	204	67 231	26	25	4 853	375	221	67 210
NMP	2 578	714	876 808	4 641	754	1 060 975	2 237	747	767 507	393	130	58 451	27	26	10 217	574	359	140 831
PEOPLE	12 759	8 259	2 701 739	2 166	1 149	462 074	4 409	3 403	881 494	340	276	178 878	72	71	15 277	470	396	162 929
REGIONS	171	64	20 653	299	76	28 525	143	66	16 599	207	67	17 031			195	73	33 895	
REGPOT	144	114	189 101	8	8	4 717	134	101	149 039	18	9	1 692				4	2	504
SECURITY	803	273	251 975	1 619	297	502 511	806	287	307 199	487	201	80 349	4	4	814	339	184	124 284
SIS	834	149	126 086	195	84	22 562	369	142	49 998	153	64	14 538	5	5	1 964	305	102	52 273
SME	1 006	633	18 379	6 175	1 034	964 946	1 302	780	47 196	178	105	13 113	5	5	97	652	289	117 224
SPACE	634	220	135 641	766	206	182 822	904	235	237 140	185	71	45 952	3	3	1 148	160	101	50 389
SSH	1 630	244	306 317	140	88	19 434	725	227	133 810	194	58	25 410	5	5	741	120	70	11 280
TRANSPORT	1 806	582	369 182	4 251	664	895 745	1 724	605	467 287	439	182	43 144	4	4	836	701	344	110 962

Megjegyzés. HES (higher education establishment): közép- és felsőoktatási intézmény; REC (research organisation): kutatóközpont; PRC (private company): for-profit szervezet; PUB (public sector): közszféra; GOV (government): kormányzat; OTH (other – egyéb). Az FP7-programok célkitűzéseiről lásd az F1. táblázatot. Szürkével az általunk vizsgált FP7-programot és intézménytípust emeltük ki.

Forrás: Saját szerkesztés az EU CORDIS adatai alapján.

Az 5. táblázat áttekintést nyújt arról, hogy az egyes programokban milyen számban vettek részt az előbb említett csoportokba tartozó szervezetek, és azokban összesen mekkora támogatást nyertek el. Kutatómunkánkban elsősorban a HES-ekre, illetve az FP7-HEALTH (egészségügyi) program projektjeire fókuszálunk. Az FP7-HEALTH program keretei között olyan kutatásokat, projekteket támogatnak, amelyek fő célja a polgárok egészségének javítása, továbbá, az egészségügy területén tevékenykedő szervezetek versenyképességének és innovációs kapacitásának fejlesztése.

6. táblázat

A 10 legtöbb és a 10 legkevesebb támogatást nyert EU-tagország, 2007–2021

A 10 legtöbb támogatást nyert EU-tagország				A 10 legkevesebb támogatást nyert EU-tagország			
Ország	Szervezetek száma	Projektreszvételek száma	Elnyert támogatás összege (ezer euró)	Ország	Szervezetek száma	Projektreszvételek száma	Elnyert támogatás összege (ezer euró)
GB	3 048	19 223	7 969 233	MT	53	201	19 148
DE	3 926	19 359	7 535 613	LV	100	337	43 906
FR	2 627	14 107	5 336 613	LT	147	421	44 879
NL	1 630	8 861	3 740 482	LU	75	260	56 670
IT	2 636	12 606	3 561 184	SK	201	496	64 724
ES	2 772	12 046	3 361 257	HR	166	416	85 840
BE	1 229	6 128	1 942 862	EE	160	562	88 564
SE	908	4 827	1 824 984	BG	283	725	90 415
AT	804	3 748	1 231 754	CY	126	481	96 632
DK	623	2 935	1 066 903	RO	390	1 105	119 229

Megjegyzés. Az országnevek rövidítéséért lásd ISO 3166 alpha-2 (http://hu.wikipedia.org/wiki/ISO_3166-1).

Forrás: Saját szerkesztés az EU CORDIS adatai alapján.

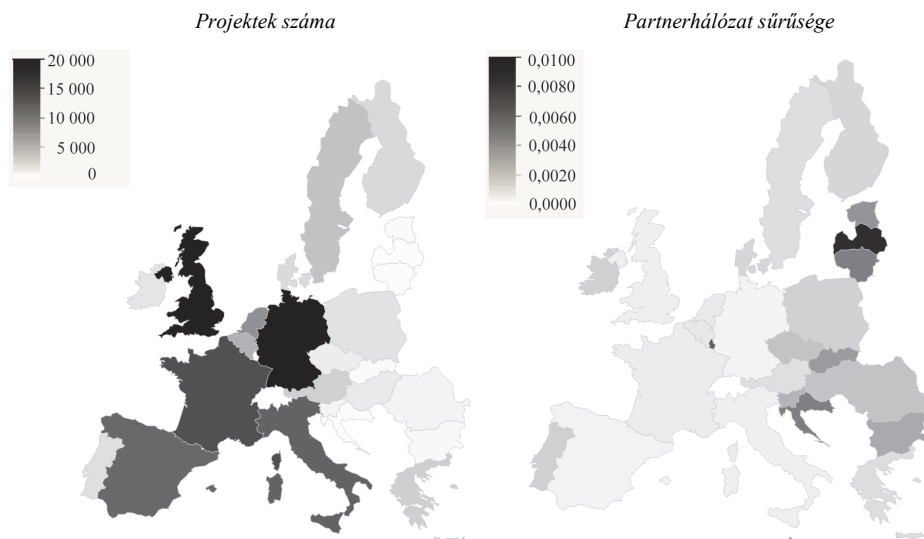
A HES-ek a többi szervezetcsoporthoz és az összes programhoz képest a legnagyobb számban (12 759) az FP7-PEOPLE programban vettek részt. A HES-ek nagy arányú részvétele nem meglepő, hiszen a program célja, hogy elősegítse a kutatók egyéni fejlődését, Európába vonzza az EU-n kívüli kutatókat, illetve ösztönözze a fiatalok kutatói pályán való elhelyezkedését. A program támogatja a kutatók mobilitását is. Az FP7-PEOPLE után a HES-ek az FP7-ICT-ben¹³ (8 308)¹⁴ és a feltörekvő, jelentős hatással bíró tudományterületek világszínvonalú kutatóit és kutatásait Európába „csábító” FP7-IDEAS-ERC-ben (7 218) vettek részt a legnagyobb arányban.

¹³ A programról rövid leírás az F1. táblázatban található.

¹⁴ Összehasonlításképpen, a programban csak 4 679 REC vett részt.

Az FP7-HEALTH programban szintén HES-ek vettek részt a legnagyobb számban, őket a REC-ek követték. Ez utóbbi teljes EU-s költségvetése a programok közül a harmadik legnagyobb (6 100 millió euró) volt az FP7-ICT és az FP7-IDEAS-ERC után. A 10 legtöbb és a 10 legkevesebb támogatást nyert EU-tagországok listáját a 6. táblázat mutatja be. Az Egyesült Királyság és Németország szervezetei közel azonos számban vettek részt az FP7 projektjeiben, és az általuk elnyert támogatás is közel azonos mértékű volt. E két országot a listában Franciaország, Hollandia és Olaszország követi. A 6. táblázat jobb oldalán azok az országok láthatók, melyek a legkevesebb támogatást nyerték el: a listát Málta vezeti, utána Litvánia és Lettország következik. A 10 legkevesebb támogatást nyert EU-tagországból 7 kelet-közép-európai ország.

6. ábra. A kutatási projektek területi megoszlása



Forrás: Saját szerkesztés az EU CORDIS adatai alapján.

Mind a 6. táblázat, mind pedig a 6. ábra bal oldala azt mutatja, hogy a kelet-közép-európai országok jóval kisebb mértékben tudtak/tudnak részesülni az FP7 forrásaiból, mint a nyugat-európaiak, miközben a 6. ábra jobb oldala szerint ezeknek az országoknak a partnerhálózata sűrűbb, vagyis több belső konzorciumi partnerrel dolgoznak együtt.

A 10 legtöbb projektben részt vevő szervezet listáját az F3. táblázat tartalmazza. Az FP7 keretében a legtöbb (összesen 1 650) projektnek a francia CNRS (Centre national de la recherche scientifique – Nemzeti Tudományos Kutatóközpont) (volt) a

tagja, amit 1 218 projekttel a német Fraunhofer kutatóközpont (Fraunhofer Társaság az Alkalmazott Kutatás Fejlesztéséért) követ. Az F3. táblázatban felsorolt 10 szervezet összesen több mint 8 500 projekttel pályázott sikeresen, amelyek az összes támogatott projekt 6 százalékát tették ki.

4.2. Statikus vizsgálat

A programok hálózatainak sűrűsége, fragmentáltsága (komponenseinek száma), valamint a fokszámeloszlásukra illesztett hatványfüggvények (γ) értéke jelentősen eltér egymástól (lásd az F2. táblázatot), ami egymástól számottevően különböző hálózati struktúrára utal. Ezért célszerű lehet e tekintetben külön-külön is tanulmányozni az egyes programokat. A vizsgálatunk tárgyát képező egészségügyi program hálózatának fokszámeloszlására leginkább hatványfüggvény illeszthető, amelynek együtthatója 2 alatt van; ez az alacsony hálózatsűrűségi értékekből, illetve abból ered, hogy a hálózat 8 összefüggő komponensre bontható. A 0-hoz közeli asszortativitás pedig azt mutatja, hogy vegyesen fordulnak elő a hálózatban kis-nagy, nagy-nagy, illetve kis-kis fokszámú konzorciumi kapcsolatok.

Ha kizárólag a partnerek alhálózatát vesszük figyelembe, a teljes hálózat egy újabb metszetét kapjuk. Ebben az esetben is azt tapasztalhatjuk, hogy az oktatási intézmények hálózata meglehetősen fragmentált, hiszen a 4 605 intézmény összesen 88 összefüggő komponensből áll. A hálózat sűrűsége 0,47 százalék, az asszortativitás értéke pedig 0,04, ami arról árulkodik, hogy a konzorciumi partnerek fokszámai meglehetősen vegyesek.

Vizsgálatunkban kihasználva a többszintű hálózatelemzés eszköztárát, az egyes országokat külön rétegekbe szerveztük. (Lásd a 4. ábrát.) Az egyes rétegekben (itt országokban) szereplő szervezetek kapcsolatai alapján számolt fokszámeloszlás γ paraméterű hatványeloszlást követ (lásd a 7. táblázatot), magas komponensszámmal és jellemzően diszasszortatív értékekkel párosulva. A források szervezetek közötti felosztása meglehetősen egyenetlen volt az országokban, a diszasszortativitás pedig arra utal, hogy a nagy fokszámmal (sok kapcsolattal) rendelkező szervezetek nagyobb konzorciumokhoz kapcsolódnak. Ez részben magyarázza a fragmentáltságot mutató magas komponensszámot és az alacsony hálózatsűrűségi értéket.

7. táblázat

A konzorciumokban részt vevő országok legfontosabb statikus hálózati jellemzői

Ország	γ	Összefüggő komponensek száma	Asszortativitás	Igényelt összeg értéke (millió euró)	Elnyert projektek aránya (%)	Hálózat-sűrűség (*10 ⁴)	Oktatási intézmény/összes intézmény	Oktatási intézmény/összes intézmény (csak egészségügyi projektekre)	Külföldi partner/összes partner	Külföldi partner/összes partner (csak egészségügyi projektekre)
AT	2,02	75	-0,30	4 019,12	20,64	12,46	0,32	0,44	0,11	0,10
BE	2,02	94	-0,18	5 665,37	21,27	9,48	0,30	0,44	0,12	0,10
BG	2,18	96	-0,09	791,02	17,65	33,69	0,31	0,36	0,08	0,08
CY	2,25	43	-0,31	545,75	15,94	57,45	0,29	0,41	0,08	0,08
CZ	2,27	102	-0,16	1255,2	18,69	23,84	0,31	0,43	0,08	0,07
DE	1,89	149	-0,12	22 094,11	21,57	5,46	0,32	0,44	0,20	0,19
DK	2,13	77	-0,28	2 979,15	22,68	15,95	0,35	0,45	0,11	0,09
EE	2,29	58	-0,23	465,01	17,85	42,63	0,30	0,43	0,08	0,07
EL	2,06	48	-0,29	5 661,53	16,10	13,53	0,30	0,44	0,12	0,08
ES	1,92	113	-0,14	13 356,61	20,41	5,72	0,29	0,43	0,17	0,12
FI	2,13	54	-0,25	3 489	17,46	16,27	0,31	0,48	0,11	0,09
FR	1,86	169	-0,14	12 484,54	28,14	7,85	0,31	0,43	0,17	0,14
GB	1,89	128	-0,19	18 192,57	22,34	6,59	0,36	0,46	0,20	0,18
HR	2,25	54	-0,25	583,16	13,53	51,22	0,30	0,38	0,08	0,08
HU	2,10	80	-0,20	1 342,01	19,86	23,44	0,33	0,44	0,09	0,08
IE	2,17	62	-0,36	2 220,81	21,21	18,45	0,33	0,51	0,11	0,11
IT	1,86	143	-0,11	16 047,53	17,75	6,57	0,32	0,45	0,17	0,14
LT	2,36	52	-0,30	343,53	18,33	51,08	0,27	0,43	0,08	0,07
LU	2,43	34	-0,33	260,6	17,51	64,88	0,24	0,37	0,08	0,08
LV	2,26	45	-0,13	270,9	24,24	86,73	0,25	0,29	0,07	0,06
MT	2,44	18	-0,46	160,33	13,29	96,30	0,23	0,35	0,07	0,04
NL	1,98	110	-0,27	8 856,1	23,73	8,76	0,34	0,47	0,14	0,13
PL	2,05	125	-0,21	2 536,52	16,93	18,03	0,31	0,45	0,09	0,07
PT	2,00	82	-0,23	2 611,94	16,70	18,74	0,29	0,43	0,10	0,08
RO	2,29	113	-0,14	1 265,85	12,52	23,73	0,27	0,35	0,08	0,08
SE	2,05	91	-0,34	5 257,51	22,17	13,01	0,34	0,47	0,11	0,11
SI	2,38	71	-0,25	1 135,38	14,23	29,90	0,30	0,42	0,08	0,08
SK	2,27	74	-0,23	515,39	16,67	39,94	0,31	0,40	0,08	0,06

Megjegyzés. Az országnevek rövidítéséért lásd ISO 3166 alpha-2 (http://hu.wikipedia.org/wiki/ISO_3166-1).

Az egyes rétegeken (országokon) belüli kapcsolatok és az összes kapcsolat számának arányából számoltuk ki a homofília mutatóit. (Lásd a 7. táblázat utolsó négy oszlopát.) Ezek alapján az oktatási intézmények több mint 30 százalékból vannak jelen az EU28 hálózataiban, ugyanakkor a mutató mintegy 10 százalékkal magasabb az egészségügyi (FP7-HEALTH) projektek esetén. A külföldi partnerek aránya az összes partner számához viszonyítva az egészségügyi projektekénél nem tér el az átlagtól, és országtól függően mintegy 7, illetve 20 százalék közé tehető. A külföldi partner/összes partner mutató értéke meglehetősen különbözik az egyes EU-tagországokban, így míg Németországban, az Egyesült Királyságban, Franciaországban és Olaszországban 20 százalék körüli, a kelet-európai régióban (de a többi országban is) annál jóval alacsonyabb. A visegrádi országok közül Csehországban és Szlovákiában 8, Lengyelországban és Magyarországon 9 százalék. Mindezt annak tükrében érdemes tekintetbe venni, hogy pályázatbenyújtás esetén jó stratégiának bizonyulhat minél több külföldi partner bevonása a projektbe, hiszen a Pearson-féle korreláció értéke $\rho = 0,975$ az országok által igényelt összegek, illetve a külföldi partnerek arányát mérő homofíliamutató között, valamint azok az országok, amelyek több külföldi konzorciumi partnerrel rendelkeztek, nagyobb valószínűséggel nyertek a pályázatokon. Ezt a pozitív, $\rho = 0,572$ értékű korrelációs együttható is alátámasztja. Szintén pozitív, igaz kisebb mértékű az oktatási intézmények projektekben való részvétele és a győztes pályázatok aránya ($\rho = 0,424$), illetve az oktatás intézmények projektekben való részvétele és az igényelt összegek közötti összefüggés ($\rho = 0,442$).

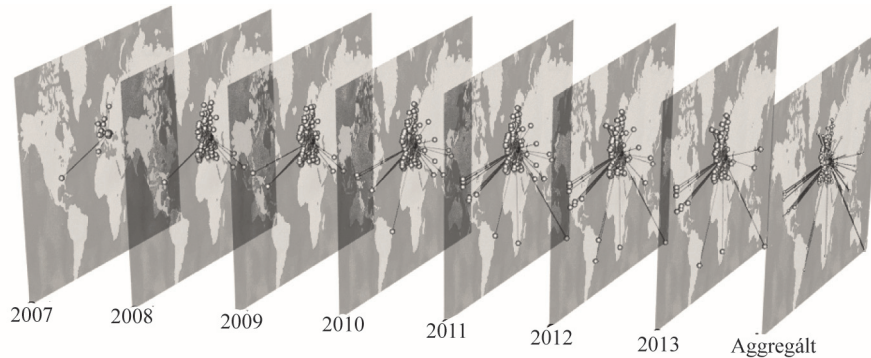
Míg a strukturális hálózati mutatók (például a fokszámoszlás és az asszortativitás) nem, vagy csak alig,¹⁵ addig a hálózatsűrűség és a 7. táblázat utolsó négy oszlopában szereplő homofíliamutatók nagyban változtak az idő folyamán. E változások ráadásul egyszerre terület-, illetve országspecifikusak, ami arra utal, hogy bizonyos országok később tudják kialakítani partnerhálózatukat, és ebből adódóan később is tudnak forrásokhoz jutni. E jelenség dinamikus hálózatelemzési eljárásokkal vizsgálható.

4.3. Dinamikus vizsgálat

A 7. ábrán a magyarországi szervezetek adatait évek szerinti rétegekbe rendeztük, ami lehetővé teszi a partnerkapcsolatok időbeli változásának tanulmányozását. Az FP7-keretprogram indulását bemutató 2007-es rétegen főleg európai (azon belül is a visegrádi) országok szervezeteinek partnerhálózata figyelhető meg. A későbbi projektekbe már további országok európai szervezetei, valamint tengerentúli szervezetek is becsatlakoztak.

¹⁵ A strukturális szerkezet változatlanására illusztrációként lásd a 7. ábra hálózatait.

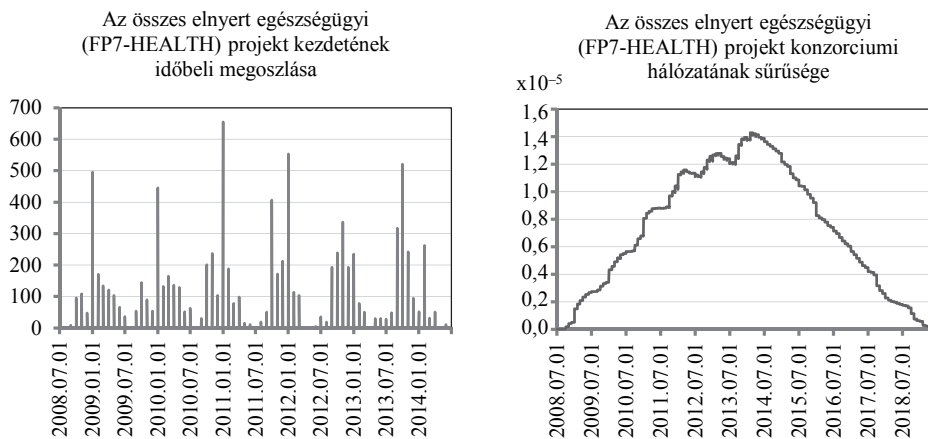
7. ábra. A magyarországi szervezetek FP7-keretprogrambeli konzorciumi hálózata



Forrás: Saját szerkesztés az EU CORDIS adatai alapján.

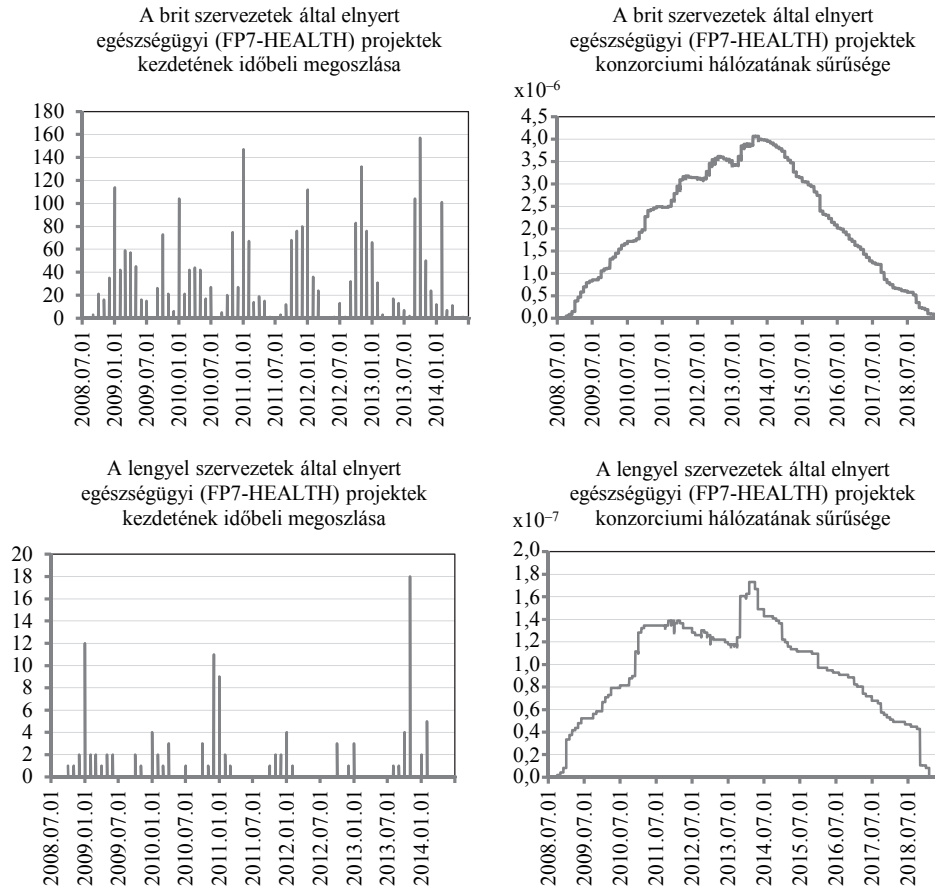
A konzorciumi partnerhálózatok kialakulása országonként egyedi, amit a korábbi (akár az előző keretprogramok során kialakított) kapcsolatok is meghatároznak. Fontos kérdés, hogy egy-egy ország mikor tud forrásokhoz jutni és partnerhálózatát felépíteni. A hálózatsűrűség-görbék és az elnyert projektek kezdeti időpontjainak megoszlásai nemcsak az elnyert projektek és a hálózatsűrűség tekintetében térhetnek el országonként, de a maximumérték elérésének időpontjában is. (Lásd a 8. ábrát.)

8. ábra. A projektkezdések és a konzorciumi hálózatok sűrűségének időbeli megoszlása egészségügyi programok esetén



(Az ábra folytatása a következő oldalon.)

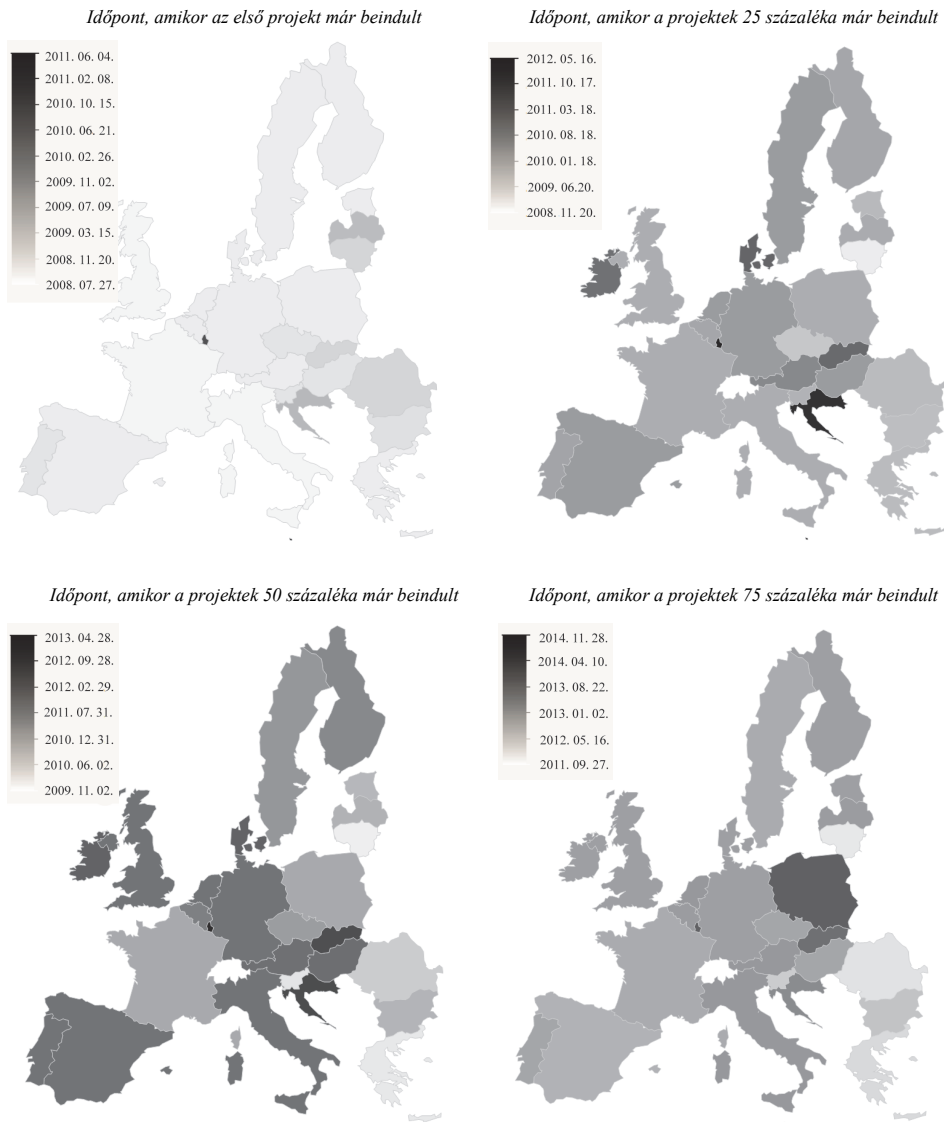
(Folytatás.)



Forrás: Saját szerkesztés az EU CORDIS adatai alapján.

A hálózatsűrűségek megoszlásának eltolódása arra utal, hogy egyes országokban később alakulnak ki a partnerhálózatok (lásd például a 8. ábrán Lengyelország esetét), és ezek az országok a projektek számának időbeli megoszlása alapján csak később tudnak bekapcsolódni az európai uniós programokba. Az elnyert egészségügyi projektek időbeli megoszlásának kvartiliseit bemutató 9. ábrán látható, hogy mely országok tudták korán elindítani projektjeiket, és melyeknél húzódott ez el egészen a keretprogram lezárásáig.

9. ábra. Az egészségügyi projektek indulásának időbeli alakulása az EU28-ban



Forrás: Saját szerkesztés az EU CORDIS adatai alapján.

Sajnos nincsenek nyilvánosan elérhető adatok arról, hogy az egyes országok szervezetei mikor adták be pályázataikat, így nem lehet megállapítani azt sem, vajon a jelenleg mögött a szervezetek lassú reakciója vagy a pályázatbírálati elvek változása áll.

4.4. A beágyazottság és a rangsorpozíciók kapcsolata

Az országok kutatási projektekbeli beágyazottsági rangsora és a tudományos teljesítmény, a felsőoktatás minősége, illetve a GDP-arányos egészségügyi kiadások alapján kalkulált rangsora közötti kapcsolat változásának vizsgálatához két-két rangsort állítottunk fel. Egyrészt az FP7 hálózataiba való beágyazottság országgrangsorát, melyhez kiszámoltuk a szervezetek sajátértékét az elnyert források összegével súlyozott hálózatokban, majd azokat a többszintű hálótervezés segítségével országonként aggregáltuk, és az adatokat évenként sorba rendeztük. (Lásd az 5. ábrát.) A dinamikus hálózatelemzés értelmében csak az adott időszakban valóban működő kapcsolatokat vettük figyelembe. Másrészt felállítottuk az 1. fejezetben már bemutatott országgrangsorokat. A továbbiakban e rangsorok változásait hasonlítjuk össze.

4.4.1. A beágyazottság és a tudományos teljesítmény kapcsolata

Az FP7 keretében megvalósult projektekből a szervezetek egyik legfontosabb vállalása a publikációs output volt. Így jogos kérdésként vetődik fel, hogy van-e kapcsolat a hálózati mutatók – például a szervezetek beágyazottságát mérő sajátérték-központiság – és a tudományos teljesítmény (közreadott publikációk száma) között. Ennek megválaszolására megvizsgáltuk, hogy 2008 és 2013 között milyen kapcsolat volt az országok sajátérték-központisága által felállított rangsor és a tudományos teljesítményt mérő SCImago-országgrangsor között. Eredményeink szerint a két rangsor Spearman-féle rangkorrelációja minden évben igen magas, 0,93 feletti volt. (Lásd a 10. ábrát.)

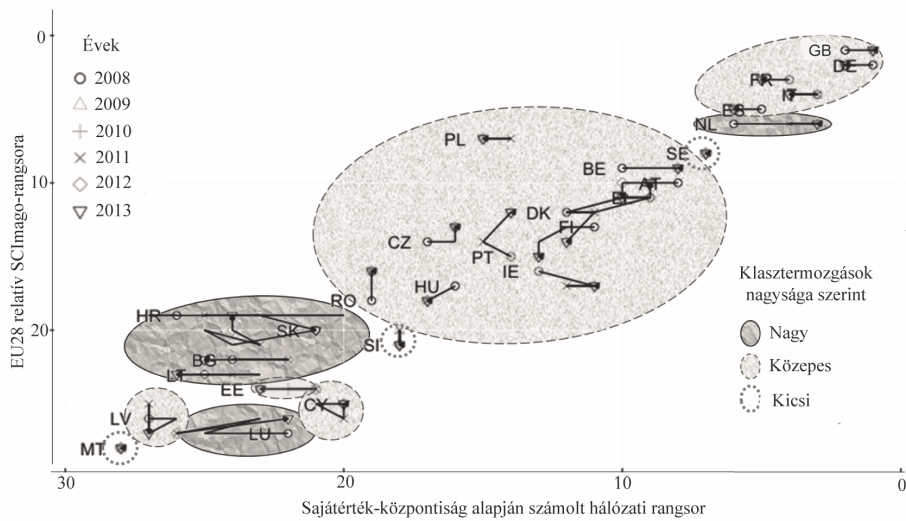
A 10. ábrán látható, hogy az országok tudományos teljesítmény szerinti rangsorpozíciója viszonylag állandó volt 2008 és 2013 között: Romániát, Szlovákiát és Lettországot kivéve csak 1-1 vagy egyetlen pozícióval sem változott. Az aggregált beágyazottság szerinti rangsorban ezzel szemben – a forrásokhoz való hozzájárulás eltérő üteméből adódóan, mellyel az 4.2. alfejezetben foglalkoztunk részletesen – jelentős változások figyelhetők meg. Ez a rangsor közepét és végét, így az EU-hoz 2004 után csatlakozott országokat (például Szlovákiát, Horvátországot, Bulgáriát és Litvániát), illetve, érdekes módon, a mindkét rangsor elején szereplő Hollandiát¹⁶ érinti. Hasonlóan magas – 0,93-at meghaladó – Spearman-féle rangkorrelációs értéket kapunk abban az esetben is, amikor – feltételezve, hogy publikációk közzétételére akár 1–3 évvel a projektek lezárását követően kerül sor – az idősorokat 1–3 évvel eltoljuk.¹⁷ Ezzel szemben a legtöbb ország beágyazottsági rangsorpozíciója csak kismértékben változott. Ilyen a rangsor elején szereplő Egyesült Királyság, Németország, Francia-

¹⁶ Hollandia a program végére jelentősen javította beágyazottságát.

¹⁷ A folyamatos publikációs teljesítmény ezeknél a projekteknél követelmény. (Lásd a Függelék ábráját.)

ország és Olaszország, de a „középmezőbe” tartozó országok (többek között a viseigrádi országok közül Magyarország, Lengyelország és Csehország) is.¹⁸ Több EU-s tagország (például Málta és Svédország) egyik rangsorpozíciója sem változott a vizsgált évek során.

10. ábra. Az EU28 publikációs teljesítményének és kutatási projektekbeli beágyazottságának kapcsolata



Megjegyzés. Az országnevek rövidítéséért lásd ISO 3166 alpha-2 (http://hu.wikipedia.org/wiki/ISO_3166-1).
Forrás: Saját szerkesztés az EU CORDIS és a Scimago Lab adatai alapján.

4.4.2. A beágyazottság és a felsőoktatás kapcsolata

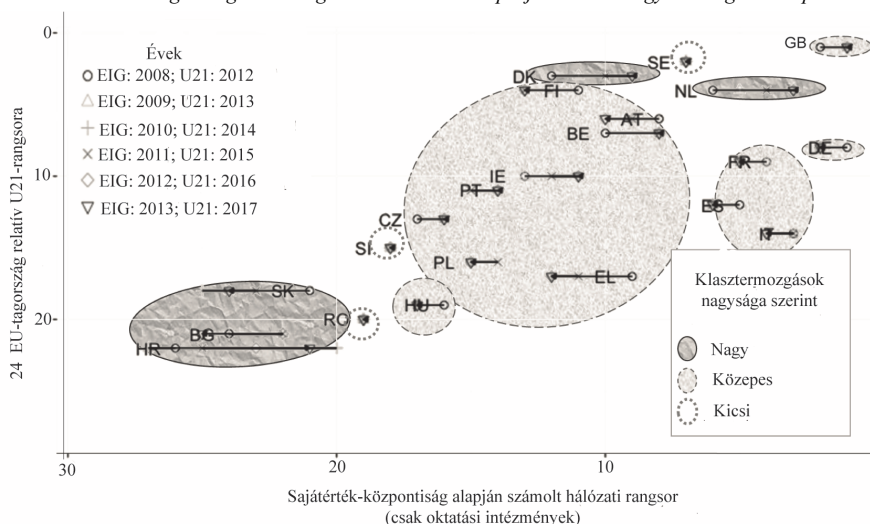
Az 5. és a 7. táblázatok szerint a konzorciumi partnerek legnagyobb részét – az EU28 esetén azok több mint 30 százalékát – a közép- és felsőoktatási intézmények teszik ki. Ezek beágyazottsági rangsora és az U21 felsőoktatási országgrangora¹⁹ közötti rangkorrelációs érték magas (Spearman-féle $\rho = 0,73$, Kendall-féle $\tau = 0,62$), bár a tudományos teljesítmény esetén kalkulálthoz képest némileg elmarad. Minél magasabb ez az érték, annál beágyazottabbak az FP7 hálózataiba a jobb teljesítményt/minőséget nyújtó felsőoktatási intézményekkel rendelkező EU-tagországok. Ráadásul az U21 országgrangorának relatív pozíciói 2012 óta nem változtak, még annak ellenére sem, hogy számításukban az együttműködés és a publikációs output hangsúlyos tényezőként szerepel. Hasonlóan a 4.4.1.-ben leírt vizsgálathoz, itt is

¹⁸ E klaszter tagja továbbá Portugália, Írország, Dánia és Belgium, valamint a rangsorok második harmadában szereplő Ciprus is.

¹⁹ Az U21 felsőoktatási rangsorában az EU28 közül 24 ország foglal helyet.

lényegében ugyanazok az országcsoportok alkotnak klasztereket, pedig e hálózatban csak az oktatási intézmények szerepelnek. (Lásd a 11. ábrát.)

11. ábra. 24 EU-tagország U21-rangsorának és kutatási projektekbe beágyazottságának kapcsolata



Megjegyzés. Az országnevek rövidítéséért lásd ISO 3166 alpha-2 (http://hu.wikipedia.org/wiki/ISO_3166-1). A sajátérték-központosság alapján számolt hálózati rangsor oktatási intézményekre vonatkozik. EIG: sajátérték-központosság alapján számolt hálózati rangsor.

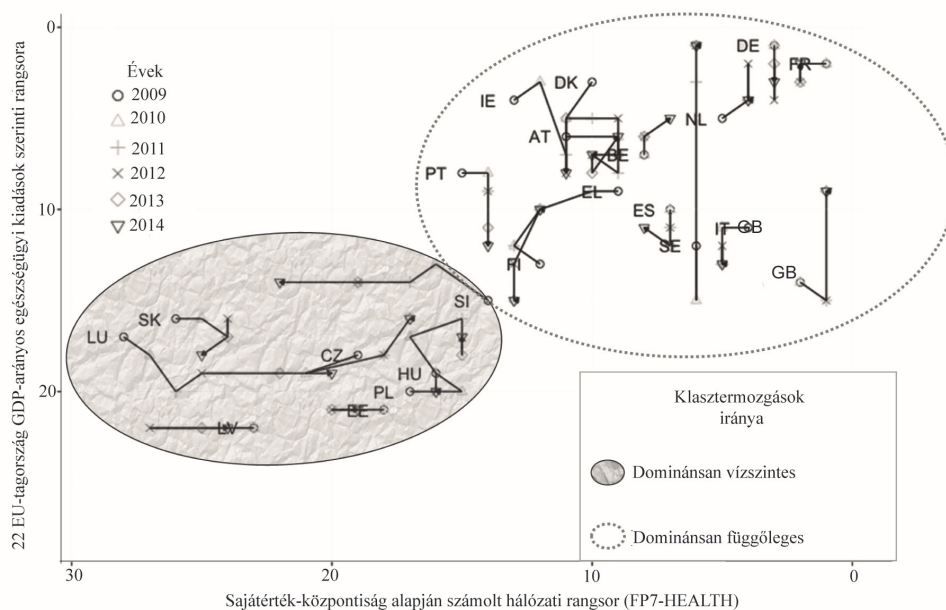
Forrás: Saját szerkesztés az EU CORDIS és a Scimago Lab adatai alapján.

4.4.3. A beágyazottság és az egészségügyi kiadások kapcsolata

Annak ellenére, hogy az FP7-HEALTH program keretében megvalósított projektek a teljes keretprogramnak mindössze 3,91 százalékát teszik ki, igen jelentős forrásból gazdálkodnak. Felvetődhet a kérdés, hogy az említett forrásokra milyen eséllyel pályáznak olyan országok, ahol a GDP-hez viszonyított egészségügyi ráfordítások tartósan alacsony szinten állnak. Ennek megválaszolására – az előző esetekhez hasonlóan – elvégeztük a rangkorrelációs számításokat, és míg statikus esetben $\rho = 0,73$ Spearman-féle rangkorrelációs értéket kaptunk, a 2009–2014-es időszak egyes éveit külön-külön tekintve, a korreláció jelentős növekedését tapasztaltuk a beágyazottságot mutató és a GDP-arányos egészségügyi kiadások alapján képzett országos sorrendek között. A rangkorreláció értéke 2009-ben $\rho = 0,6996$, 2010-ben $\rho = 0,7019$, 2011-ben $\rho = 0,7730$, 2012-ben $\rho = 0,7628$, 2013-ban $\rho = 0,8261$, 2014-ben $\rho = 0,8374$ volt.²⁰

²⁰ Mivel az egészségügyi projektek pályázatait a többi program pályázataihoz képest viszonylag későn írták ki, a 2009–2014-es időszak adatait hasonlítottuk össze. Ebben az időszakban az OECD adatbázisában 22 EU-tagország adatai álltak rendelkezésünkre.

12. ábra. 22 EU-tagország GDP-arányos egészségügyi kiadásainak és kutatási projektekbeni beágyazottságának kapcsolata



Forrás: Saját szerkesztés az EU CORDIS és az U21 adatai alapján.

A 12. ábrán három jól elkülöníthető országcsoport fedezhető fel. A jobb felső sarokban található országoknál jellemzően vertikális rangsorpozícióbeli elmozdulást láthatunk a vizsgált időszak alatt, míg a bal alsó sarokban levőknél horizontális elmozdulást. A két csoport egyikébe sem tartozó országok rangsorpozíciói vertikálisan és horizontálisan egyaránt „mozogtak”. A jobb felső csoport országai, mint például Hollandia, Németország, Egyesült Királyság és Franciaország, folyamatosan tartani tudták magas beágyazottsági pozíciójukat, vertikális elmozdulásuk pedig a GDP-arányos egészségügyi kiadásaik évenként eltérő összegéből adódik.

A 12. ábra bal alsó sarkában található országok (Luxemburg, Lettország, Szlovénia, Észtország stb.) GDP-arányos egészségügyi kiadásai szinte változatlanok voltak 2009 és 2014 között, beágyazottsági pozíciójuk azonban jelentős mértékben javult. Ez arra enged következtetni, hogy ezekben az országokban tevékenykedő szervezetek – szemben az előbbi csoporttal – lassan, de folyamatosan építették fel konzorciumi hálózatukat és kapcsolódtak be az egészségügyi projektekbe.

5. Összefoglalás, következtetések

Az EU által finanszírozott keretprogramok kapcsolati hálózataival már számos tanulmány foglalkozott. Ezekben közös, hogy statikus hálózatként tekintenek a kialakult konzorciumi hálózatokra, holott a projektek időbeli lefutása folyamatosan alakítja azokat. Az általunk javasolt többszintű, illetve dinamikus hálózatelemzés képes az egyes alhálózatokat (például az oktatási intézmények hálózatát) elkülöníteni és együtt is vizsgálni, valamint a hálózatok időbeli változását kezelni. A többszintű hálótervezési technikákkal országos és regionális szinteken aggregálni tudjuk a szervezeteket, valamint segítségükkel lehetőségünk nyílik kiszámítani és összehasonlítani az egyes időszakok hálózati struktúráit.

A tanulmányban ismertetett többszintű hálózatelemzés eredményei szerint, amennyiben külön rétegekbe szervezzük a hazai, valamint a külföldi partnereket, nagyon szoros kapcsolat mutatható ki a projekt költségvetése és a külföldi partnerek aránya, valamint a külföldi partnerek projektbe való bevonása és a pályázatok sikeressége között. A dinamikus hálótervezési technikákkal azt is ki tudtuk mutatni, hogy egyes országok szervezetei nemcsak kevesebb forrással gazdálkodhatnak, de később is jutnak azokhoz, így csak később tudják kialakítani konzorciumi partnerhálózataikat. Annak ellenére, hogy a projektek egyik fontos outputja az elkészült publikációk minősége, nem bizonyítható, hogy a projektek érdemben hozzájárulnának az adott ország tudományos teljesítményének javulásához. Bár egyértelműen kimutatható kapcsolat a publikációs teljesítmény és az elnyert projektek között, a projektek lényegében nem befolyásolják az adott ország (felső)oktatási rendszerének rangsorpozícióját.

Függelék

F1. táblázat

Az FP7-programok céljainak rövid leírása

Név	Cél
PEOPLE	Továbbképzések segítségével hozzájárulás a kutatók fejlődéséhez, illetve fiatal kutatók támogatása, ösztönzése a tudományos pályán való elhelyezkedésre.
IDEAS-ERC	Európa versenyképességének növelését célzó projektek és feltörekvő tudományos területek kutatásainak támogatása, a kutatók Európába vonzása.
ICT	A fenntartható fejlődést segítő kutatások ösztönzése. A támogatott témakörök közé tartozik például a hálózati infrastruktúra és a digitális tartalmak menedzsmentje.
SME	A kis- és középvállalkozások pozíciójának javítása nemzetközi partnerekkel kötött együttműködések által.

(A táblázat folytatása a következő oldalon.)

(Folytatás.)

Név	Cél
HEALTH	Az európai polgárok egészségének javítását, az egészséggel kapcsolatos iparágak versenyképességének és innovációs kapacitásának növelését célzó projektek támogatása.
NMP	Olyan kutatások előmozdítása, amelyek elősegítik a nanotudományok és -technológiák használatát a termelésben, az egészségügyben, a gyógyszeriparban és a mezőgazdaságban.
JTI	Transznacionális együttműködések támogatása a kulcsfontosságú kutatási területeken Európa versenyképességének növelése és az életminőség javítása érdekében.
TRANSPORT	Biztonságosabb, zöldebb és okosabb közlekedési rendszerek fejlesztése.
KBBE	Köz-, állat- és növényegészségügyi, illetve fogyasztóvédelmi politikák fejlesztése a fenntarthatóság jegyében.
ENVIRONMENT	Harc a klímaváltozás ellen, környezetbarát technológiák támogatása.
ENERGY	A jelenlegi energiarendszerek fenntarthatóbbá alakítását elősegítő kutatások támogatása és a megújuló energiaforrás-alapú rendszerek fejlesztése mellett új, hatékonyabb rendszerek tervezésének előmozdítása.
COH	Hozzájárulás a K+F-politikák koherens fejlesztéséhez regionális, nemzeti és európai uniós szinten, illetve olyan projektek támogatása, amelyek célja a nemzeti K+F-politikák nyomon követése, elemzése és hatásainak vizsgálata.
EURATOM-FISSION	A maghasadás, a nukleáris biztonság és a sugárvédelem témaköréhez tartozó projektek előmozdítása.
EURATOM-FUSION	A fúzióenergia-kutatáshoz kapcsolódó projektek támogatása.
GA	A nem közösségi kutatási programok összehangolása, valamint a helyi és a regionális kutatások koordinálására szolgáló kutatások, törekvések segítése.
INCO	EU-n kívüli résztvevőkkel rendelkező nemzetközi együttműködések, fejlődő és feltörekvő országokra összpontosuló tevékenységek támogatása például az egészségügy, a mezőgazdaság és a környezetvédelem területén.
INFRASTRUCTURES	Kutatási infrastruktúrák kialakítását, fejlesztését célzó projektek előmozdítása.
REGIONS	Hozzájárulás a regionális kutatási célú klaszterek kialakításához.
REGPOT	A konvergenciaregiók kutatási potenciáljának növelését, fejlesztését célzó projektek támogatása.
SECURITY	A polgárok védelmét, biztonságát biztosító technológiák (ki)fejlesztésével foglalkozó kutatások, projektek segítése.
SIS	A szakemberek és a tudományos szakoktatásban nem részesült személyek közötti szakadék áthidalása, kiemelt hangsúlyt fektetve a fiatalok kutatás iránti érdeklődését növelő projektekre.
SPACE	Az űrkutatással, az űrtechnológiák fejlesztésével és az űr feltérképezésével kapcsolatos projektek előmozdítása.
SSH	A társadalmi-gazdasági és a humántudományok, valamint a demográfiai változásokkal, az életminőséggel és a társadalmi jólléttel foglalkozó kutatások támogatása.

Forrás: Saját szerkesztés a CORDIS adatai alapján.

F2. táblázat

Az FP7-programok legfontosabb hálózati jellemzői

FP7-program	γ	$ N $	$\ln N $	$\frac{\ln N }{\ln \ln N }$	Átlagos úthossz	Asszor- tativitás	Kompo- nensek száma	Hálózat- sűrűség ($\times 10^4$)
ICT	2,06	7 565	8,93	4,08	3,98	-0,06	16	8,53
ENERGY	3,21	2 345	7,76	3,79	4,14	-0,08	8	16,13
TRANSPORT	1,81	3 572	8,18	3,89	4,08	-0,07	16	14,29
INFRASTRUCTURES	1,82	1 850	7,52	3,73	3,51	-0,20	3	33,80
JTI	1,91	2 597	7,86	3,81	4,03	-0,16	96	18,76
SIS	2,08	1 138	7,04	3,61	4,70	-0,44	15	28,77
HEALTH	1,90	3 625	8,20	3,90	3,63	-0,06	8	17,66
ENVIRONMENT	1,79	3 081	8,03	3,86	4,02	-0,08	4	15,31
PEOPLE	1,66	3 723	8,22	3,90	4,00	0,01	431	29,18
SSH	1,88	1 254	7,13	3,63	4,05	-0,26	3	35,82
INCO	1,97	697	6,55	3,48	4,04	-0,15	13	59,04
EURATOM-FISSION	1,77	562	6,33	3,43	3,05	-0,19	3	134,04
KBBE	1,86	3 387	8,13	3,88	3,59	-0,10	3	14,06
NMP	2,25	4 770	8,47	3,96	3,80	-0,09	1	9,19
SECURITY	2,01	1 975	7,59	3,74	4,00	-0,06	4	20,82
IDEAS-ERC	2,21	801	6,69	3,52	4,12	0,10	215	150,59
SME	2,84	5 720	8,65	4,01	4,92	-0,10	12	5,70
SPACE	1,86	1 117	7,02	3,60	3,92	-0,15	6	42,55
REGIONS	4,90	884	6,78	3,54	8,26	-0,54	16	26,01
REGPOT	2,78	238	5,47	3,22	3,52	-0,50	136	109,21
COH	2,32	125	4,83	3,07	4,23	-0,74	14	185,81
EURATOM-FUSION	2,78	60	4,09	2,90	2,32	-0,93	3	378,53
GA	2,18	137	4,92	3,09	4,34	-0,83	9	196,44

Megjegyzés. Szürkével az általunk vizsgált FP7-program jellemzőit emeltük ki.

Forrás: Saját szerkesztés az EU CORDIS adatai alapján.

F3. táblázat

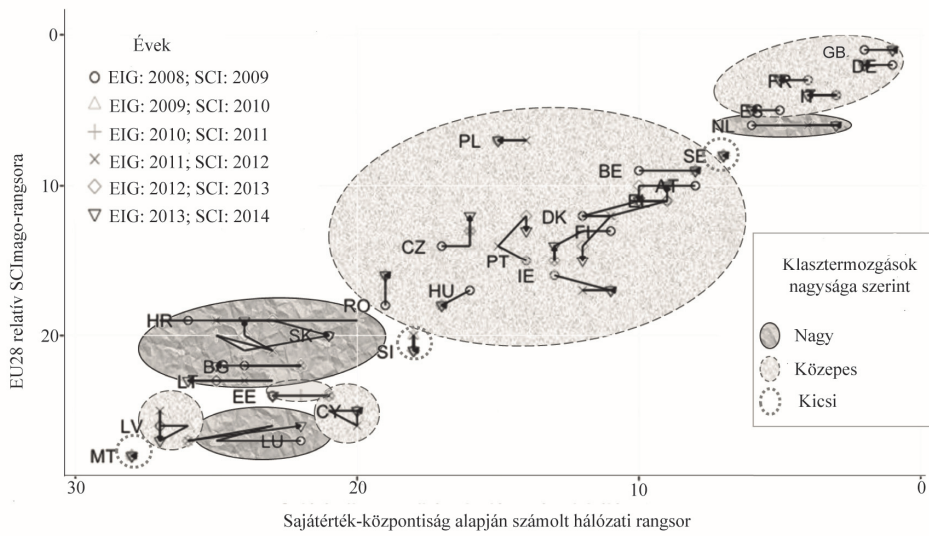
A 10 legtöbb EU-s projektben részt vevő szervezet listája

Rang-sor	Szervezet			
	neve	székhelye	EU-s projektjeinek száma	EU-s projektjeinek aránya az összes EU-s projekten belül (%)
1.	Centre national de la recherche scientifique (Francia Nemzeti Tudományos Kutatóközpont)	Párizs, Franciaország	1 650	1,184
2.	Fraunhofer-Gesellschaft zur Foerderung der angewandten Forschung e.V. (Fraunhofer Társaság az Alkalmazott Kutatás Fejlesztéséért)	München, Németország	1 218	0,874
3.	The Chancellor, Masters and Scholars of the University of Cambridge (Cambridge-i Egyetem)	Cambridge, Egyesült Királyság	759	0,545
4.	Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (Atom- és Alternatívenergiahivatal)	Párizs, Franciaország	756	0,543
5.	The Chancellor, Masters and Scholars of the University of Oxford (Oxfordi Egyetem)	Oxford, Egyesült Királyság	749	0,538
6.	Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Spanyol Nemzeti Kutatási Tanács)	Madrid, Spanyolország	723	0,519
7.	Consiglio Nazionale delle Ricerche (Olasz Nemzeti Kutatási Tanács)	Róma, IT	704	0,505
8.	Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. (Max Planck Tudományfejlesztési Társaság)	München, DE	681	0,489
9.	Imperial College of Science Technology and Medicine (Brit Birodalmi Tudományos Technológiai és Orvostudományi Főiskola)	London, UK	673	0,483
10.	University College London	London, UK	624	0,448

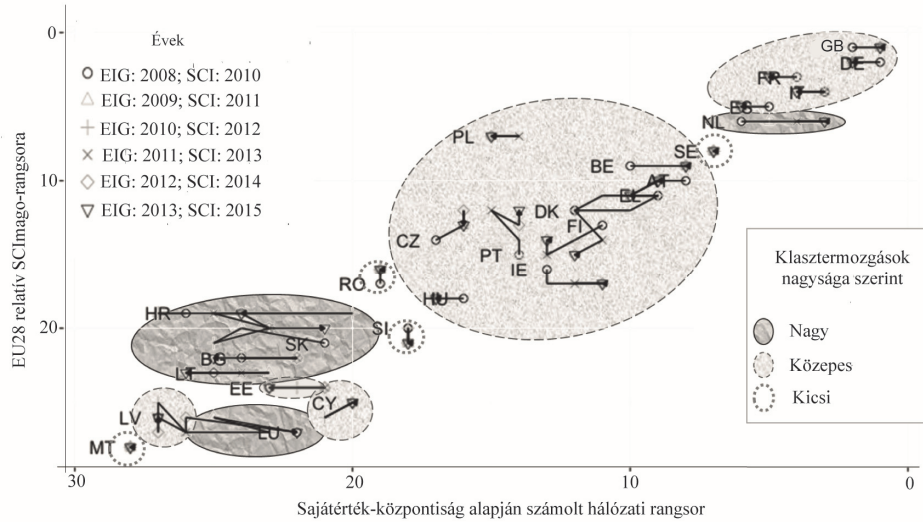
Forrás: Saját szerkesztés az EU CORDIS adatai alapján.

Az EU28 publikációs teljesítményének és kutatási projektekbeli beágyazottságának kapcsolata 1–3 éves késletteléssel

a) Tudományos teljesítmény 1 éves késletteléssel

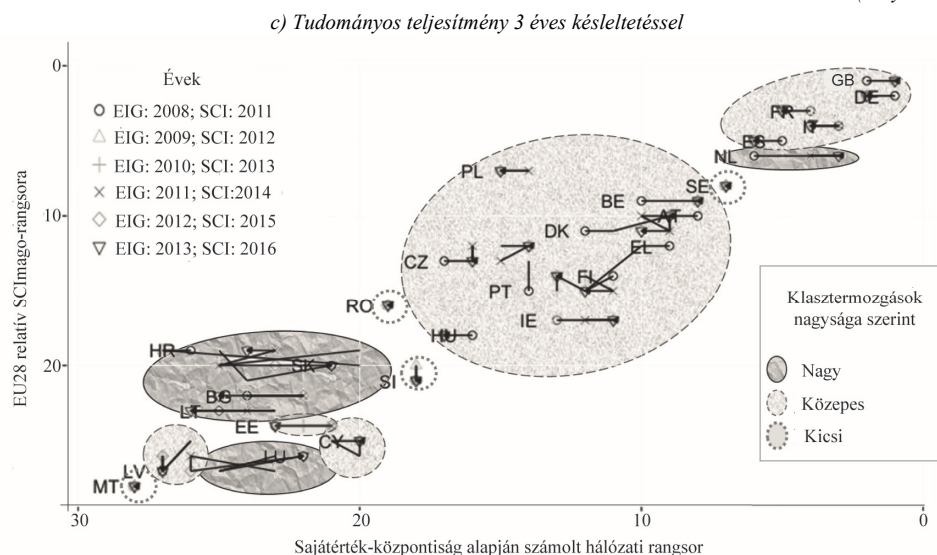


b) Tudományos teljesítmény 2 éves késletteléssel



(Az ábra folytatása a következő oldalon.)

(Folytatás.)



Megjegyzés. EIG: sajátérték-központság alapján számolt hálózati rangsor.

Forrás: Saját szerkesztés az EU CORDIS és a Scimago Lab adatai alapján.

Irodalom

- BARABÁSI, A. L. – ALBERT, R. – JEONG, H. [1999]: Mean-field theory for scale-free random networks. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*. Vol. 272. Nos. 1–2. pp. 173–187. [https://doi.org/10.1016/s0378-4371\(99\)00291-5](https://doi.org/10.1016/s0378-4371(99)00291-5)
- BARBER, M. J. – KRUEGER, A. – KRUEGER, T. – ROEDIGER-SCHLUGA, T. [2006]: Network of European Union-funded collaborative research and development projects. *Physical Review E*. Vol. 73. Issue 3. pp. 36–132. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.73.036132>
- BARKER, K. – CAMERON, H. [2004]: European Union science and technology policy. RJV collaboration and competition policy. In: *Caloghirou, Y. – Vonortas, N. S. – Ioannides, S.* (eds.): *European Collaboration in Research and Development*. Edward Elgar Publishing. Cheltenham, Northampton. pp. 154–186. <https://doi.org/10.4337/9781845420505.00021>
- BOCCALETTI, S. – BIANCONI, G. – CRIADO, R. – DEL GENIO, C. I. – GÓMEZ-GARDENES, J. – ROMANCE, M. – SENDIÑA-NADAL, Z. – WANG, M. – ZANIN, M. [2014]: The structure and dynamics of multilayer networks. *Physics Reports*. Vol. 544. No. 1. pp. 1–122. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2014.07.001>
- CAMPBELL, D. – ROBERGE, G. – HAUSTEIN, S. – ARCHAMBAULT, É. [2013]: *Intra-European Cooperation Compared to International Collaboration of the ERA countries*. Publications Office of the European Union. Luxembourg. <https://doi.org/10.2777/33467>
- CAPONE, F. [2014]: Technological clusters and innovation trajectories in shipbuilding in Europe: an analysis of FP6 and FP7 European projects. *Australian Journal of Maritime & Ocean Affairs*. Vol. 6. No. 2. pp. 89–105. <https://doi.org/10.1080/18366503.2014.915783>

- DE DOMENICO, M. – SOLÉ-RIBALTA, A. – COZZO, E. – KIVELA, M. – MORENO, Y. – PORTER, M. A. – GÓMEZ, S. – ARENAS, A. [2013]: Mathematical formulation of multilayer networks. *Physical Review X* 3. Vol. 3. Issue 4. pp. 2160–3308. <https://doi.org/10.1103/PhysRevX.3.041022>
- DE DOMENICO, M. – PORTER, M. A. – ARENAS, A. [2015]: MuxViz: a tool for multilayer analysis and visualization of networks. *Journal of Complex Networks*. Vol. 3. No. 2. pp. 159–176. <https://doi.org/10.1093/comnet/cnu038>
- EUROPEAN COMMISSION [2012]: *A Reinforced European Research Area Partnership for Excellence and Growth*. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels. <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/reinforced-european-research-area-partnership-excellence-and-growth>
- HELLER-SCHUH, B. – BARBER, M. – HENRIQUES, L. – PAIER, M. – PONTIKAKIS, D. – SCHERNGELL, T. – VELTRI, G. – WEBER, M. [2011]: *Analysis of Networks in European Framework Programmes (1984–2006)*. European Commission Joint Research Centre. Publications Office of the European Union. Luxembourg. <https://doi.org/10.2791/54167>
- ROEDIGER-SCHLUGA, T. – BARBER, M. J. [2006]: *The Structure of R&D Collaboration Networks in the European Framework Programmes*. MERIT Working Papers. No. 306. United Nations University. Maastricht.
- SCIENCE METRIX [2015]: *Study on Network Analysis of the 7th Framework Programme Participation*. Final Report. European Commission. Publications Office of the European Union. Luxembourg. <https://doi.org/10.2777/50633>
- WILLIAMS, R. [2016]: Global: a good national system of higher education – the lessons of the U21 rankings. *Understanding Global Higher Education*. Winter. No. 84. pp. 33–35.

Internetes források

<https://cordis.europa.eu/>
<https://www.scimagojr.com/>
<https://universitas21.com/>
<http://www.shanghairanking.com/>

Summary

Several studies deal with the collaboration networks of EU-funded framework programmes, however, only limited information is available about the changes in such networks over time. The purpose of this study is twofold. On the one hand, the authors propose a multilevel network approach for the dynamic analysis of framework programmes in order to explore the differences between subnetworks and the development of networks in the countries examined. On the other hand, they study the relationships between network indicators and rankings of the health performance, higher education system and scientific performance of the EU28 countries.