



**MULTIDISZCIPLINÁRIS KIHÍVÁSOK
SOKSZÍNŰ VÁLASZOK**

GAZDÁLKODÁS- ÉS SZERVEZÉSTUDOMÁNYI FOLYÓIRAT

**MULTIDISCIPLINARY CHALLENGES
DIVERSE RESPONSES**

JOURNAL OF MANAGEMENT
AND BUSINESS ADMINISTRATION

Online folyóirat

FŐSZERKESZTŐ: Vágány Judit Bernadett, PhD

Borító: FLOW PR

Kiadja: Budapesti Gazdaságtudományi Egyetem
1055 Budapest, Markó utca 29-31.

Felelős kiadó: Prof. Dr. Andor György

ISSN 2630-886X

2026.

JELENLEGI ÉS JÖVŐBELI EGYETEMI PUBLIKÁCIÓS EGYÜTTMŰKÖDÉSEK IDŐSOROS VIZSGÁLATA

A TIME SERIES ANALYSIS OF CURRENT AND FUTURE UNIVERSITY PUBLICATION COLLABORATIONS

HARTA Péter – KIRÁLY Tünde

Kulcsszavak: *egyetemi együttműködési hálózat, idősoros klaszterezés, publikációs teljesítmény,
optimalizáció, gravitációs modell*

Keywords: *university collaboration network, timeseries clustering, publication performance, optimization,
gravity modell*

JEL-kód: C53, C61, O18, O43, O52

<https://doi.org/10.33565/MKSV.2026.01.01>

ABSZTRAKT

Napjainkban az egyetemi együttműködések alapvetően meghatározzák az egyetemek publikációs teljesítményét. Tanulmányunkban a magyarországi egyetemi hálózat publikációs teljesítményét vizsgáljuk a 2015-2025 közötti időszakban. Hálózati mutatók és idősoros klaszterezés segítségével elemeztük az egyetemek közötti jelenlegi együttműködési szerkezetét. Ezt követően gravitációs modell segítségével meghatároztuk az egyetemek publikációs potenciáljait, majd a gravitációs potenciálok és ETS előrejelzés tükrében optimális együttműködési hálózatot javasoltunk 2026-ra vonatkozóan. Eredményeink szerint a jelenlegi egyetemi hálózat centralizált. A nagyobb publikációs teljesítményű egyetemek alapvetően meghatározzák az együttműködések szerkezetét és idősorosan is azonos klaszterekbe tartoznak, valamint együttműködésük stabilizáló hatású a hálózatra nézve. A jövőbeli optimális együttműködések tekintetében ezen egyetemeknek továbbra is érdemes egymással együttműködniük, ugyanakkor a kisebb publikációs teljesítményű egyetemek célja is az, hogy a nagyobb teljesítményű egyetemekkel együttműködve felzárkózhassanak. Az elemzés rámutatott arra, hogy a publikációs teljesítmény maximalizálása érdekében érdemes az együttműködési kapcsolatokat támogató stratégiákat alkalmazni.

ABSTRAKT

Nowadays, university collaborations fundamentally determine the publication performance of universities. In our study, we examine the publication performance of the Hungarian university network in the period between 2015 and 2025. Using network indicators and time series clustering, we analyzed the current collaboration structure between universities. Subsequently, with the help of a gravity model, we determined the publication potentials of the universities, and then, in light of the gravity potentials and ETS forecasting, we proposed an optimal collaboration network for the year 2026. According to our results, the current university network is centralized. Universities with higher publication performance fundamentally determine the structure of collaborations and also belong to the same clusters over time, and their collaborations have a stabilizing effect on the network. Regarding future optimal collaborations, it is still advisable for these universities to collaborate with each other, while universities with lower publication performance also aim to catch up by collaborating with the higher-performing universities. The analysis highlighted that, in order to maximize publication performance, it is worthwhile to apply strategies that foster collaboration among institutions.

SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az egyetemek együttműködési helyzete

Napjainkban a regionális innovációs törekvéseknek köszönhetően a tudományos tudástermelés egyre inkább kooperatív és dinamikusan változó hálózatokban valósul meg (Chen és mtsai., 2022; Köhler és mtsai., 2022; Kálmán, 2019). Ilyen hálózatok lehetnek például az innovációs klaszterek vagy az innovációs ökoszisztémák (Adner, 2006; Grandstand, 2020; Adner-Kapoor, 2010). A Triple Hélix modell (Cai és Amaral, 2022; Birkner és mtsai., 2017) például az innovációs ökoszisztémákat úgy értelmezi, mint egyetemek, vállalatok és állami szereplők együttműködési hálózata a tudás előállításának, terjedésének és hasznosításának érdekében. Ez a megközelítés hangsúlyozza, hogy a tudásáramlás nem egyirányú, hanem iteratív és többirányú folyamat.

Ezekben az együttműködési rendszerekben az egyetemek kiemelt jelentőséggel bírnak, mivel egyszerre töltenek be tudástermelő és tudástranszfer szerepet (Kruger és Steyn, 2024; Horváth, 2022; Birkner és mtsai., 2017). Az egyetemek itt olyan intézmények, amelyek főként a kutatások mögötti tudást biztosítják, és őket támogatják az ipari és kormányzati szereplők az infrastruktúra, az ipari hasznosítás vagy termékesítés révén. Így az egyetemek már nem elszigetelt egységekként működnek, hanem összetett és dinamikus együttműködési hálózatok tagjaként (Kosztyán, 2024), ezzel fontos szerepet játszva az innováció alakításában. Bár az innovációs ökoszisztémákat a fenti három szereplő alkotja a Triple-Hélix modell szerint, azonban a magyarországi egyetem-ipar kapcsolat problémái miatt a tudás termelésének feladata gyakran magukra az egyetemekre hárul. Az egyetemek a már meglévő infrastruktúrájukat felhasználva és egymással együttműködve végzik el a kutatási és publikálási feladatokat, amellyel kialakultak az úgynevezett vállalkozó egyetemek. Így az egyetemek közti együttműködések kritikusan tekinthetőek a nemzeti tudástermelés folyamatában, amely jelenleg a szakirodalomban kevésbé kutatott terület.

Magyarországon az egyetemek együttműködési lehetőségei különösen nagy különbségeket mutatnak, mivel az együttműködési lehetőségeik és így a teljesítményük is nagyban függenek az egyetemek földrajzi helyzetétől (Sebestyén és mtsai., 2024; Bajmócy és Kanó, 2009). A fővárosban található egyetemeknek jóval nagyobb esélyük van együttműködési kapcsolatokat kialakítani és jelentősebb szerepet is játszanak a nemzeti tudástermelésben a fővárostól eltérő intézményekhez képest (Balázs és Leydesdorff, 2008). Ez részben a főváros koncentrált erőforrás- és infrastruktúra-ellátottságával magyarázható, amely

kedvez az innovációs kapcsolatok kialakulásának. A szakirodalom széles körben elemzi az egyetemek és más innovációs szereplők közti együttműködési hálózatot a földrajzi elhelyezkedéseik tükrében (Sebestyén és mtsai., 2024; Sebestyén és mtsai., 2021; Juhász, 2019; Ponds és mtsai., 2009). Azonban az egyetemi együttműködési kapcsolatok vizsgálata összetett feladat azok magas komplexitása miatt (Stundziene és mtsai., 2024; Pichlak, 2016; Leydesdorff és mtsai., 2013). A szakirodalomban ezért elterjedt gyakorlat olyan indikátorok alkalmazása, amelyek jól tükrözik az együttműködést (Stundziene és mtsai., 2024; Buzási és Jelen, 2023). Az egyetemeken esetében a tudományos publikációk száma az egyik legszélesebb körben használt indikátor együttműködések mérésére (Sebestyén és mtsai., 2021; Waltman és Noyons, 2018; Rotolo, 2017). A tudományos publikációk mennyisége, minősége és idézettsége jól közelíti az intézményi tudástermelés volumenét. Emellett a társszerzőségi mintázatok információt hordoznak az együttműködések intenzitásáról és az intézmények együttműködési hálózatban elfoglalt pozíciójáról (Waltman és Noyons, 2018). Éppen ezért úgy gondoljuk, hogy legegyszerűbben az egyetemi publikációk mennyiségi változóként történő felhasználásával modellezhetjük az egyetemeken közti együttműködések és az egyetemeken publikációs potenciáljait. Viszont, fontos megjegyezni, hogy a társszerzőségi kapcsolatok nem fednek le minden egyetemeken közti tudományos együttműködést. Jelen tanulmányban a modell bonyolultsága miatt figyelmen kívül hagyjuk a publikációk minőségi besorolását és a tudományterületek szerinti elválasztást, ezzel az együttműködést a tudományos publikációk mennyiségével vizsgálva.

A tudományos publikációk mennyisége és a társszerzősége azonban időben változnak. Intézményi reformok, finanszírozási változások, vezetői stratégiák és külső gazdasági sokkok egyaránt befolyásolhatják a kutatási aktivitás alakulását (Pedraja-Rejas és mtsai., 2025; AlMalki és Durugbo, 2023). Ennek megfelelően az egyszerű keresztmetszeti összehasonlítások csak korlátozott információt nyújtanak az egyetemeken közti együttműködésekről. Ezzel szemben az idősoros megközelítés lehetővé teszi a trendek és struktúrák azonosítását, valamint annak vizsgálatát, hogy az egyetemeken saját és közös publikációs teljesítményei mennyire hasonlóak vagy különbözőek. Így megmagyarázhatjuk, hogy egyes egyetemeken melyik évben működtek együtt, vagy a publikációs teljesítményük hasonló trendet követett-e. A szakirodalomban az együttműködések keresztmetszeti vizsgálatára hálózatelemzési módszereket használnak (Sebestyén és mtsai., 2024; Ponds és mtsai., 2009), az idősoros struktúrák azonosítására pedig az idősoros klaszterezés a legelterjedtebb módszer (Lin és mtsai., 2022; Servia-Rodríguez és mtsai., 2015).

Idősoros klaszterezés esetén, ha több intézmény hasonló dinamikát mutat az arra utalhat, hogy hasonló intézményi környezetben működnek, vagy köztük valamilyen együttműködés figyelhető meg.

Az idősoros vizsgálat további lehetőséget nyújt arra, hogy előre jelezzük az egyetemek várható publikációs teljesítményét és azokat a potenciális együttműködések is, amelyekkel növelhetők az egyetemek publikációs teljesítményei. Az ilyen együttműködések révén csökkenthetők a regionális különbségek okozta eltérések és növelhető az egyetemek versenyképessége.

Bár az egyetemek együttműködési hálózatait már korábban vizsgálták hálózatelemzési módszerekkel, ezek túlnyomórészt az innovációs ökoszisztémák ipari és kormányzati szereplőit is bevonták, valamint statikus képet adnak. Az együttműködések időbeli dinamikájának és a publikációs teljesítmények együtt mozgásának együttes vizsgálata azonban kevésbé feltárt terület, különösen a vállalkozó egyetemek rendszerében.

Így jelen kutatás célja, hogy idősoros publikációs adatokat használva, hálózati-, idősorelemzési- és előrejelző módszerek kombinálásával feltárja a magyar egyetemek közötti mintázatokat, illetve egyetemi együttműködések alapján maximalizálja a jövőbeli publikációk számát. Eredményeink javaslatokat tesznek az egyetemi innovációs kapacitás regionális kiegyenlítésére és növelésére. Ezért jelen kutatás a következő kérdésekre keresi a választ:

KK1: Hogyan írhatók le és különíthetők el a magyarországi egyetemek publikációs teljesítménye hálózati és idősoros vizsgálattal a 2015-2025 közötti időszakban, és milyen intézményi klaszterek azonosíthatók ezen jellemzők mentén?

KK2: Milyen idősoros modellekkel jelezhető előre az egyetemek publikációs teljesítménye, és ezek alapján milyen potenciális együttműködési mintázatok azonosíthatók?

ADATOK ÉS AZ ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

Mintaelemszám és adatbázis

A kutatás során az elemzési egységünk alapját a Times Higher Education ([timeshighereducation.com](https://www.timeshighereducation.com), 2026) és a Quacquarelli Symonds ([topuniversities.com](https://www.topuniversities.com), 2026) egyetemi rangsorok 13 legnagyobb pontszámú magyarországi egyeteme alkotja, amelyeknek a publikációs adatai elérhetőek voltak a vizsgált, 2015-2025 közötti időszakban. Mindkét rangsor figyelembe veszi az egyetemek kutatási és oktatási minőségét, valamint az ipari potenciáljukat és nemzetközi jelenlétüket is. Eszerint az elemzésbe bevont magyarországi egyetemek: Budapesti Corvinus Egyetem (BCE), Budapesti Gazdasági Egyetem

(BGE), Budapesti Műszaki- és Gazdaságtudományi Egyetem (BME), Debreceni Egyetem (DE), Eötvös Lóránd Tudományegyetem (ELTE), Miskolci Egyetem (ME), Óbudai Egyetem (OE), Pannon Egyetem (PE), Pázmány Péter Katolikus Egyetem (PPKE), Pécsi Tudományegyetem (PTE), Semmelweis Egyetem (SE), Szegedi Tudományegyetem (SZTE), Széchenyi István Egyetem (SZE). Az adatbázisunkat a Magyar Tudományos Művek Tára (MTMT) adatbázisából származó intézményi publikációs adatokból építettük fel a 2015-2025 közötti időszakra vonatkozóan. Mivel sok magyarországi kutatási eredmény konferenciaközlönyökben vagy hazai folyóiratokban jelenik meg, amelyek sok esetben nem jelennek meg a nemzetközi adatbázisokban (Google Scholar, Scopus, WoS stb.), így az MTMT adatbázis megfelelő alapját szolgáltatja a mi adatbázisunknak. Az MTMT adatbázisból az egyes egyetemekhez rendelt évenkénti publikációs adatokat gyűjtöttük ki 2015-2025 között, majd ezeket intézményi szinten is aggregáltuk. Az adatgyűjtés során az MTMT intézményi lekérdező felületét használtuk, ahol az egyes publikációkat a szerzők által megadott intézményi affiliációk alapján rendeltük az egyetemekhez. Többszörös affiliáció esetén a publikációt minden érintett intézményhez hozzászámítottuk, valamint ezek képezték az intézmények közötti közös publikációkat. Az intézményváltásokból fakadó torzítások csökkentése érdekében kizárólag a publikáció megjelenésének évében rögzített affiliációkat vettük figyelembe. Az egyetemek közötti közös publikációk számát azonos publikációk több intézményhez történő egyidejű hozzárendelése alapján határoztuk meg, majd ezeket intézménypárok szerint aggregáltuk a vizsgált időszakra. Itt az egyetemek közötti együttműködés egyik mérőszámaként a közös publikációk számát használtuk. Ezt azzal indokoljuk, hogy a kutatási együttműködések különböző formái (pl. közös projektek, pályázatok vagy kutatások) tipikusan közös tudományos kimenetekben, elsősorban publikációkban jelennek meg, így azok száma széles körben alkalmazott mérőszámként szolgál az együttműködések intenzitásának mérésére (Wang és mtsai., 2024; Bikard és mtsai., 2018; Lebeau, 2008). Ennek megfelelően feltételezzük, hogy az együttműködés erőssége pozitív kapcsolatban áll a közös publikációk számával. Így létrehoztunk egy adattáblát, amely az intézményi publikációs adatokat idősorosan, a vizsgált évekre lebontva tartalmazza, valamint egy másik adattáblát, ahol az egyes intézmények aggregált publikációinak számát és a közös publikációikat tároltuk a vizsgált időszakra nézve. A kutatás során így 13 egyetem 11 évet felölelő idősor alapú publikációs teljesítményét vizsgáltuk. Az együttműködési mátrixot a 11 évre aggregált publikációs adatokkal töltöttük fel (1. ábra). A mátrix i . sorában és j . oszlopában található érték az i . és j . egyetem

közös publikációinak száma, a főatlóban pedig az adott egyetemnek a 11 évre vonatkozó összes publikációinak számát tároltuk el.

	PE	SZTE	BCE	BME	ME	PTE	BGE	DE	ELTE	OE	PPKE	SE	SZE
PE	15247	188	151	185	61	139	473	355	445	81	64	100	181
SZTE		73804	184	562	289	2392	44	1331	2982	240	220	2495	159
BCE			19535	282	112	290	284	182	1581	184	63	269	143
BME				38600	260	272	80	306	2370	272	170	909	484
ME					31773	207	94	315	821	45	50	208	79
PTE						66855	109	971	2234	117	317	2194	336
BGE							9137	81	410	114	40	20	223
DE								53140	2204	104	109	1289	132
ELTE									141951	246	1779	2384	931
OE										18157	27	202	175
PPKE											21416	487	43
SE												48830	102
SZE													20628

1. ábra. A 13 egyetem 2015-2025 közti publikációinak és a közös publikációiknak mátrixa

A mátrix főatlójában az egyetemek összes publikációi, egyéb celláiban az egyetemek közti közös publikációkat ismertetjük.

Forrás: Saját szerkesztés

Végül az intézmények földrajzi koordinátáit a Google Maps geokódolási szolgáltatás segítségével határoztuk meg. Az adatbázis építése, az adatfeldolgozás és aggregáció Microsoft Excel környezetben történt. Az intézmények normalizált összes publikációit az egyes intézmények vizsgált időszakban aggregált publikációinak száma alapján határoztuk meg, majd lineáris min-max normalizációval skáláztuk a vizuális elemek ábrázolása és az egyetemek összehasonlíthatósága miatt. Formálisan az i . intézmény publikációs teljesítménye:

$$P_i = \frac{p_i - \max_j p_j}{\max_j p_j - \min_j p_j}, p_i \in p_j$$

ahol:

- p_i az intézmény aggregált publikációinak száma
- p_j az intézmények aggregált publikációinak száma

Az intézmények közötti normalizált együttműködések egy szimmetrikus együttműködési mátrixban (C) reprezentáltuk, ahol c_{ij} az i és j intézmények közös publikációinak száma a vizsgált időszakban.

Keresztmetszeti és idősoros vizsgálatok

A KK1 megválaszolásához az intézményi együttműködési hálózatot egy $G(V, E)$ súlyozott, irányítatlan gráfként definiáltuk, ahol a csomópontok (V) az intézményeket, az élek (E) pedig a közös publikációkon alapuló együttműködéseket reprezentálják. A gráf éleinek súlyai (w_{ij}) $w_{ij}=c_{ij}$, a gráf csomópontjainak értékei (W_{ij}) pedig $W_i = P_i$.

A hálózat szerkezeti jellemzésére több, a szakirodalomban használt gráfmutatót alkalmaztunk, beleértve az átlagos úthosszt, az asszortativitást, a modularitást, valamint különböző centralitási mérőszámokat, mint a köztességi centralitást és a sajátvektor centralitást (1. táblázat). Ezek célja, hogy meghatározzák az egyetemi együttműködési hálózatok főbb tulajdonságait, hogy van-e központi csoport vagy kiugróan magas teljesítményű egyetemek, illetve, hogy meg tudjuk mondani az egyes egyetemek szerepét a hálózatban.

1. táblázat. A hálózatelemzés során használt főbb hálózati mutatók

Gráf tulajdonság	Matematikai formula	Értelmezése
Csúcsok száma	$N = V $	A $G(V,E)$ gráf összes csúcsa
Élek száma	$M = E $, teljes gráf esetén $M = \frac{N(N-1)}{2}$	A $G(V,E)$ gráf összes éle
Átlagos úthossz	ahol $L = \frac{1}{N(N-1)} * \sum_{i \neq j \in V} d_{ij}$ $d_{ij} = \min \sum_{(u,v) \in P_{ij}} \frac{1}{w_{uv}}$	A hálózat csomópontjainak elérhetősége
Asszortativitás	ahol $r_w = \frac{\sum_{ij \in E} (s_i - \mu)(s_j - \mu)}{\sum_{ij} (s_i - \mu)^2}$ $s_i = \sum_k w_{ik}, \mu = \frac{1}{2 E } \sum_{ij \in E} (s_i + s_j)$	Hasonló csomópontok összekapcsoltsága
Modularitás	ahol $Q_w = \frac{1}{2w} \sum_{ij} \left(w_{ij} - \frac{s_i s_j}{2w} \right) \delta(c_i c_j)$ $2w = \sum_{i,j} w_{ij}, \delta(c_i c_j) = \begin{cases} 1, & \text{ha } c_i = c_j \\ 0, & \text{különben} \end{cases}$	Közösségi struktúra erőssége, Leiden algoritmussal

Forrás: Saját szerkesztés

Szintén a KK1 megválaszolásához az intézményi publikációs aktivitás időbeli mintázatainak feltárására klaszterelemzést alkalmaztunk az intézmények éves publikációs idősorai alapján (Henderi és Sofiana, 2025; Liao, 2005). Lévén, hogy az idősoraink rövid idősoroknak tekinthetők, így az idősoros klaszterezést három különböző távolságdefinícióval és módszerrel is elvégeztük:

- Euklidészi távolság (Berthold és Höppner, 2016),
- Korreláció alapú távolság (Berthold és Höppner, 2016),
- Dynamic Time Warping (DTW) (Berndt és Clifford, 1994)

Szintén a rövid idősorok indokolták több előrejelző módszer alkalmazását.

Előrejelzés és optimalizálás módszerei

A KK2 megválaszolásához az intézményi publikációs idősorok 2028-ig történő előrejelzésére panelregressziós módszert, ETS modellt és lineáris regressziós modellt alkalmaztunk. Ezekkel jórészt elkerülhetők a túlillesztési problémák (ARIMA és XGBoost nem alkalmazható az idősorok rövidsége miatt).

Az intézmények közötti együttműködések potenciálját a gravitációs modell logaritmizált változatával (Silva és Tenreiro, 2006) vizsgáltuk, amely képes egyszerre kezelni a publikációk mennyiségét és a gazdaságföldrajzi interakciókat. Ez a mi esetünkben azt jelenti, hogy két egyetem között egyfajta szinergikus hatást feltételezünk, amely függ az egyetemek publikációinak számától és a köztük lévő távolságoktól. Fontos, hogy a gravitációs modell áramlást feltételez, a mi esetünkben viszont potenciált, azaz skalármennyiséget számolunk vele. Tehát az így számolt potenciál értéke megadja, hogy két egyetem milyen mértékben erősítheti egymás publikációs teljesítményét.

A potenciálokat a következő egyenlettel számoljuk:

$$\log P_{ij} = \alpha + \beta_1 \log P_i + \beta_2 \log P_j - \beta_3 \log D_{ij}$$

ahol P_{ij} az intézmények közti együttműködési potenciál, amely egyenesen arányos az egyetemek eddigi publikációs teljesítményével és fordítottn a köztük lévő távolsággal, α konstans, P_i és P_j a két, egymástól eltérő ($i \neq j$) intézmény publikációs teljesítményének normalizált értéke és D_{ij} az intézmények közti távolság, $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ pedig arányossági tényezők.

A gravitációs potenciálok, mint szinergikus tényezők felhasználásával egy iteratív, genetikusan alapuló csoportosítási eljárást dolgoztunk ki. A módszer megadja a jövőbeli optimális együttműködéseket, célfüggvényként maximalizálva az összes intézmény publikációs teljesítményét a 2026-os évre a megadott k darab csoport esetén. Így eredményként megkapjuk a 2026-s év optimális egyetemi együttműködéseit, a várható egyetemi saját és egyetemek közti közös publikációk száma. Az eljárás a következő lépésekből áll:

1. Az intézmények publikációs idősorai alapján előrejelzést készítünk a 2026. évre. Itt előre jelző módszerként ETS-t használtunk, amely rövid idősorokon a legstabilabb előre jelzési módszer.
2. Véletlenszerűen inicializált csoportokat hozunk létre előre meghatározott k darab egyetemmel.
3. A csoportokban az együttműködésekkel korrigáljuk a 2026-s előrejelzések értékeit, úgy, hogy az i -dik egyetem 2026-s korrigált publikációs száma:

$$\text{korrigált, } pub_i^{2026} = pub_i^{2026} + \left(pub_i^{2026} * \sqrt[n]{\prod_{i,j} P_{ij}} \right)$$

4. Kiszámoljuk az összes egyetem, korrigált publikációinak számát 2026-ra.
5. A csoportokat genetikusan segítségével módosítjuk (mutáció) és a 3. és 4. lépést újra számoljuk. Ha az új lépésben a 4. lépés szerinti összes publikációs szám nagyobb, mint bármely azt megelőző lépésben, akkor megtartjuk az új eredményt, egyébként elvetjük.
6. Az algoritmus akkor áll meg, ha öt egymást követő iterációban nem sikerül javítani a célfüggvény értékét.

A genetikusan algoritmus főbb egységei:

- Célfüggvény: $\max \sum_{i=1}^n \text{korrigált, } pub_i^{2026}$
- Populációméret: 100 ($k = 2$ esetén 80)
- Rekombinációs operátor = 0.84
- Mutációs operátor = 0.12
- Elit egyedek száma = 2
- Kromoszóma: együttműködési vektor
- Példa kromoszóma: [1, 2, 1, 3, 3, 4, 3, 2, 2, 4, 3, 4, 1], ekkor az 1., a 3., és a 13. egyetem kerül az első együttműködési csoportba, a 2., a 8. és a 9. egyetem kerül a második csoportba, a 4., az 5., a 7. és a 11. egyetem kerül

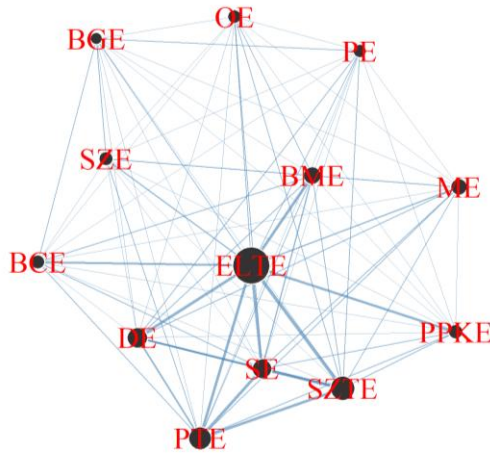
a harmadik csoportba, valamint a 6., a 10. és a 12. egyetem kerül a negyedik csoportba

Mivel a genetikus algoritmus Pareto-optimális megoldást képes adni, így minden k esetében 100-szor lefuttattuk, így összesen 400 futtatást értékeltünk ki. A 2.2 és 2.3 fejezetben ismertetett összes módszert az R 4.5.0 verziójával készítettük el. A következőkben az ebben a fejezetben bemutatott módszerek alkalmazásával kapott eredményeket ismertetjük.

EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

Hálózati tulajdonságok

A KK1 (*Hogyan írható le és különíthető el a magyarországi egyetemek publikációs teljesítménye keresztmetszeti és hosszanti vizsgálattal a 2015–2025 közötti időszakban, és milyen intézményi klaszterek azonosíthatók ezen jellemzők mentén?*) keresztmetszeti vizsgálaton alapuló megválaszolásához elsőként a 13 magyar egyetem közös publikációs hálózatát gráfként ábrázoltuk a 2. ábrán. Itt a gráf csomópontjai az egyes egyetemeket, élei pedig az egyetemek közti kapcsolatokat reprezentálják. A csomópontok méretei az egyetemek összes publikációjával, az élek vastagsága pedig az egyetemek közös publikációinak számával arányosak. Megfigyelhetjük, hogy a publikációk számával kifejezett publikációs teljesítményt nem kizárólag a földrajzi elhelyezkedés befolyásolja. Ezt jól példázza a DE vagy a PTE, amely egyetemek nem a budapesti régió egyetemei, mégis magas publikációs teljesítményt nyújtanak. További megfigyelés, hogy az ELTE, a DE, a SE, a SZTE és a PTE egy erős központi magot alkot a gráfban. A súlyozott fokszámok alapján az 5 legtöbb publikációval rendelkező egyetem rendre az ELTE, a SZTE, a SE, a PTE és a DE. A sajátvektor centralitások alapján pedig a központi szereplők, rendre az ELTE, a SZTE, a SE, a PTE és a DE. Ezek alapján a magas publikációs számmal rendelkező egyetemek egyben erősebb kapcsolatokkal is rendelkeznek. Ez feltehetően azzal magyarázható, hogy ezen egyetemek erős mérnöki és orvosi kutatócsoportokkal rendelkeznek. Mind a mérnöki mind pedig az orvosi kutatásokhoz elengedhetetlen a fejlett infrastruktúra és a nagyméretű csapatok azok magas komplexitása miatt. Éppen ezért a magas minőségű kutatásokhoz ezen egyetemeknek fontos együttműködniük. További erősítő szempont, hogy az ipari kutatások is azt szorgalmazzák, hogy ezen egyetemek együttműködve biztosabb háttérrel szolgáltassanak az ipari innovációkhoz.



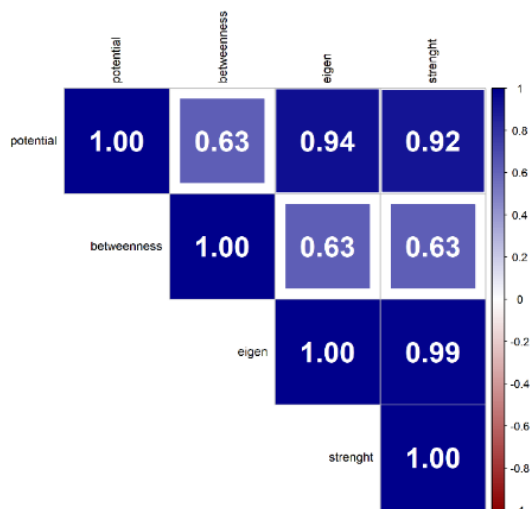
2. ábra. A magyarországi 13 vizsgált egyetem publikációs gráfja a 2015-2025 közötti publikációk alapján.

Minél nagyobb egy egyetemet ábrázoló csomópont mérete, annál több az összes publikációja. Hasonlóan, minél vastagabb két egyetem közti él, annál többet publikáltak együtt.

Forrás: Saját szerkesztés

Az élek száma ($M=78$) jól mutatja, hogy teljes gráfról van szó (teljes gráfban: $M=(N*(N-1))/2$), ami azt jelenti, hogy jellemzően a 13 egyetem mindegyikének van olyan része, amely biztosítja a közös publikációkat. Ilyen lehet egy olyan orvosi publikáció is, amelyhez szükséges gazdaságtudományi tudás, ezért például a SE és a BGE is tudnak együttműködni. Mivel egy súlyozott, teljes gráfról van szó, az átlagos súlyozott úthossz ($L=4.3009$) arra utal, hogy bár a hálózat formálisan teljes, az együttműködések intenzitása heterogén, és sok kapcsolat alacsony súlyú. Ez arra utal, hogy sok esetben a közös publikációs munka csak rövid távon valósul meg, de nem egy hosszútávú stratégia része. A gyenge negatív asszortativitás ($r_w = -0.0833$) jelzi, hogy a nagyobb és kisebb méretű csomópontok keverten kapcsolódnak a hálózatban, míg a gyenge, pozitív modularitás ($Q_w = 0.0543$) a jól elkülönülő közösségek hiányára utal. Összevetve az asszortativitás és modularitás értékeit a G gráf szerkezetével (2. ábra) azt figyelhetjük meg, hogy az ELTE, a SZTE, a SE, a PTE és a DE alkotta közösségen kívül a többi egyetem nem alkot közösséget, hanem köztük a kapcsolat jellemzően gyenge. Ez tovább erősíti azt a feltevésünket, miszerint a

magyarországi egyetemek közti együttműködés jellemzően gyenge, azok sokszor egyedi jelleggel, jellemzően közös projektek során valósulnak meg. Emellett kiszámoltuk a G súlyozott gráfra vonatkozó főbb centralitási mutatókat, úgymint sajátvektor centralitást, köztességi centralitást és súly alapú centralitást, majd az ezek közti Spearman-korrelációt (3. ábra). Itt elsősorban a korrelációk értelmezése az alacsony elemszám ($n = 13$) miatt feltáró jellegű. Mivel a hálózat teljes, a centralitási mutatók elsősorban publikációs különbségeket, nem pedig topológiai elérhetőséget tükröznek. A sajátvektor centralitás szinte tökéletesen korrelál az élek súlyával ($\rho = 0,99$), amely megmutatja, hogy a hálózati struktúra súly vezérelt a csomópontokhoz rendelt él-súly-alapú mutatóval (továbbá pozitív modularitás, közel nulla asszortativitás), azaz az egyetemek helyzete a hálózatban függ a közös publikációiktól. A csomópontok erőssége pozitív és erős korrelációt ($\rho = 0,94$) mutat a sajátvektor centralitással, amely arra utal, hogy van egyfajta hierarchikus differenciálódás a hálózaton belül. A csomópontok erőssége pozitív összefüggést mutat az élek súlyával ($\rho = 0,92$), ami megmutatja, hogy aki sokat publikál az általában másokkal együtt is sokat publikál. A pozitív és közepes korrelációs kapcsolat a csomópontok erőssége és a köztességi centralitás ($\rho = 0,63$), valamint a sajátvektor centralitás és a köztességi centralitás között jól mutatja, hogy a hálózat nem csillag topológiát követ és a nagy publikációs teljesítménnyel rendelkező egyetemek sok mindenkivel publikálnak, nem elsősorban hasonlókkal. Ez az állítás összhangban van az alacsony asszortativitással. Az együttműködési hálózat globális szerkezetét tehát nagyban meghatározzák a magas publikációs teljesítménnyel rendelkező egyetemek, amelyek között erősebb együttműködések jönnek létre. Mégis a kisebb publikációs teljesítményű egyetemek is betölthetnek közvetítői szerepeket és így erősíthetik a hálózat összekapcsoltságát.



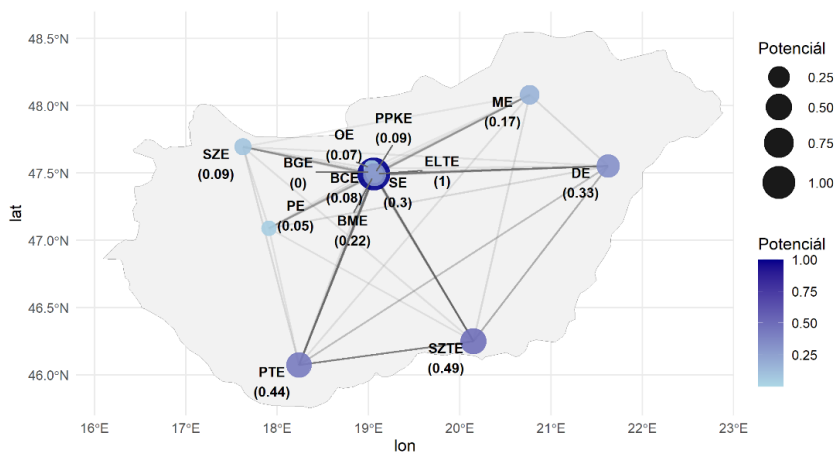
3. ábra. A G gráfra jellemző centralitások közti Spearman korrelációs értékek korrelogramja.

potential – az egyetemek/kutatóintézetek publikációinak száma 2015-2025 között,
 betweenness – köztességi centralitás, eigen – sajátvektor-centralitás, strength – a
 csúcsok erőssége.

Forrás: Saját szerkesztés

A min-max normalizációval skálázott, normalizált publikációs adatokat és a geokódokat felhasználva a 4. ábrán szemléltetjük az egyetemek közti G gráfot. Itt szintén elmondható, hogy a csomópontok nagysága az egyetemek publikációjával, míg az élek az intézmények közös publikációival arányosak.

A közös publikációs hálózat térbeli vizualizációja rávilágít a magyarországi intézményi együttműködés statikus szerkezetére, feltárva mind a sűrű regionális klasztereket (budapesti régió), mind a földrajzi közelségen túlnyúló kapcsolatokat. Bár ez az ábrázolás az összes évre vonatkozó publikációs erősséget ragadja meg, eredendően keresztmetszeti marad. A pusztán strukturális, keresztmetszeti vizsgálaton túllépve célunk az intézményi szintű publikációs teljesítmény időbeli elemzése. Így az intézmények idősorokként történő modellezésével célunk a hálózati hatásoktól független dinamika számszerűsítése és a jövőbeli publikációs teljesítmények előrejelzése.



4. ábra. A magyar egyetemek közti G gráf térképes ábrázolása

A függőleges tengely (lat) a földrajzi értelemben vett szélességi fokot, a vízszintes tengely (lon) pedig a hosszúsági fokot jelenti.

Forrás: Saját szerkesztés

Idősorok vizsgálata

A KK1 hosszanti vizsgálatához elemeztük az intézmények publikációs teljesítmények idősorait. Az 5. ábra a 13 vizsgált egyetem 2015-2025 közti publikációit idősorban mutatja. Ezek az idősorok szezonalitástól mentesek, viszont különböző trendekkel jellemezhetőek. Szemléletes a 2025-s év negatív teljesítménye minden intézmény esetén, továbbá a 2020-s év, amikor egy negatív kilengést mutatnak az idősorok (ez alól csak a PPKE és az SZE kivétel). Mind a 2020-s, mind a 2025-s évi alacsony értékek a G gráf sajátosságával és annak elemzése útján levont következtetésekkel magyarázhatóak. Ugyanis mindkét időszak jellemzője az Európai Unió és ipari projektek számának drasztikus csökkenése és így a források megvonása. Itt ugyanis a projektek számának visszaesése a közös kutatások számának visszaesését eredményezte. Ezt tovább erősíti az a jelenség, miszerint a magasabb minőségű publikációk magasabb értéket is képviselnek, ám ezekhez a publikációkhoz és a publikációk alapjául szolgáló kutatásokhoz több idő szükséges és a bírálati idejük is jellemzően több időt vesz igénybe. Ez változatlan kutatói létszám mellett a publikációk számának csökkenéséhez vezet.



5. ábra. A vizsgált egyetemek publikációs számának alakulása 2015-2025 közötti időszakban

Forrás: Saját szerkesztés

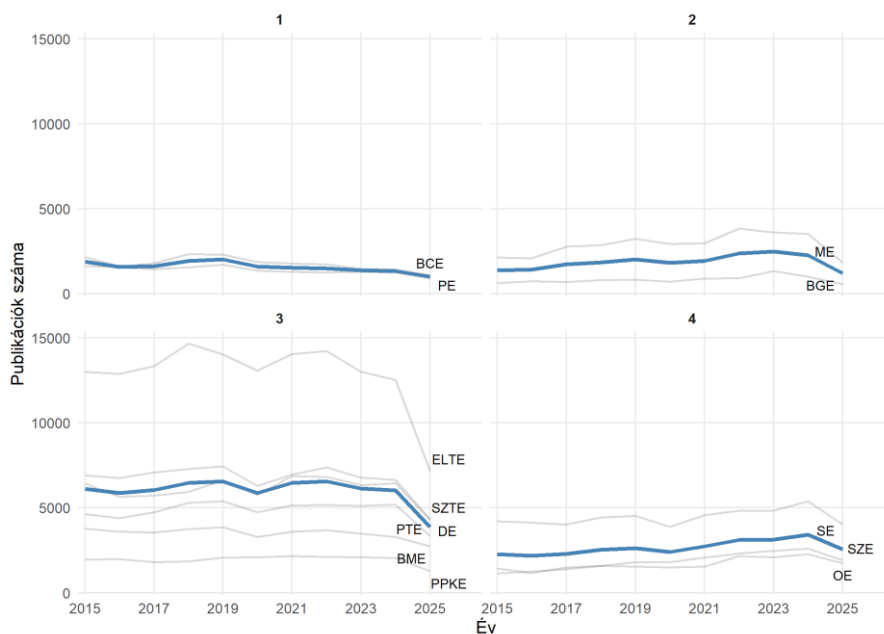
Mivel az intézmények publikációs teljesítményének idősorai bizonyos hasonlóságokat mutatnak, így klaszterezhetők. A klaszterekből megmondható, hogy mely egyetemek publikációs teljesítménye alakult hasonlóan, azaz mely egyetemek mutatták ugyanazt a tendenciát, függetlenül a publikáció számától. A 2. táblázatban az euklidészi távolságon alapuló, a Dynamic Time Warping (DTW) módszeren alapuló és a korrelációs kapcsolatokon alapuló módszerek eredményeit mutatjuk be. Az eredmények azt mutatják, hogy mindhárom idősor-klaszterezési módszer hasonló eredményt ad. Egyedül a DTW esetén figyelhető meg, hogy a SE és a BME egy másik klaszterbe jobban beleillik, mint a másik két módszer esetén. Ennek ellenére nincs szignifikáns különbség (párunkénti t-próba: $p = 0.454$) a három módszer eredménye között, így az egyetemek idősor klaszterei azonosíthatók.

2. táblázat. A vizsgált egyetemek/kutatóintézetek idősor klaszterezési eredményei

Klaszterezés	Egyetem												
	BCE	BGE	BME	DE	ELTE	ME	OE	PE	PPKE	PTE	SE	SZE	SZTE
Euklidészi	1	2	3	3	3	2	4	1	3	3	4	4	3
DTW	1	2	1	3	3	2	4	1	3	3	2	4	3
Korrelációs	1	2	3	3	3	2	4	1	3	3	4	4	3

Forrás: Saját szerkesztés

Mivel szignifikáns különbség nem volt a klaszterezés eredményei között, így a 6. ábrán nem csak az idősorokat ábrázolhattuk klaszterenként, hanem klaszterhatásokat is megállapíthattunk és az egyes klasztereket egy átlagos idősorral is jellemezni tudtuk. Az egyetemi publikációs idősorok jelentős heterogenitást mutatnak mind a publikációk mennyiségének szintje, mind növekedési mintázata tekintetében. A BCE és PE által reprezentált 1. klaszter viszonylag stabil, de publikációs mennyiségben csökkenő tendenciát mutat. A 2. klaszter az ME és a BGE részvételével pozitív trendet feltételez, különösen a 2020-s évek után. A 3. és legnagyobb elemszámú klaszter (ELTE, SZTE, DE, PTE, BME, PPKE) 2025-ig egészen konstans, majd 2025-ben hirtelen meredeken zuhan. Itt érdekes megfigyelés, hogy a 3. klaszterbe tartozó egyetemek közül négy egyetem is a legnagyobb sajátvektor centralitással rendelkező egyetemek közé tartozik (és a BME és PPKE is erősen kapcsolódnak hozzájuk). Ebből arra következtethetünk, hogy ezen egyetemek együttműködése erős és így, a közös publikációk révén képesek stabilizálni egymás teljesítményét. A 4. klaszter elemei az SE, SZE és OE erősen pozitív trendet mutatnak a publikációk számának változásában.



6. ábra. Az intézmények publikációs idősorainak klaszterezése

Az ábrán az intézmények idősorai szürkével, míg a medián idősorok kézzel vannak jelölve.

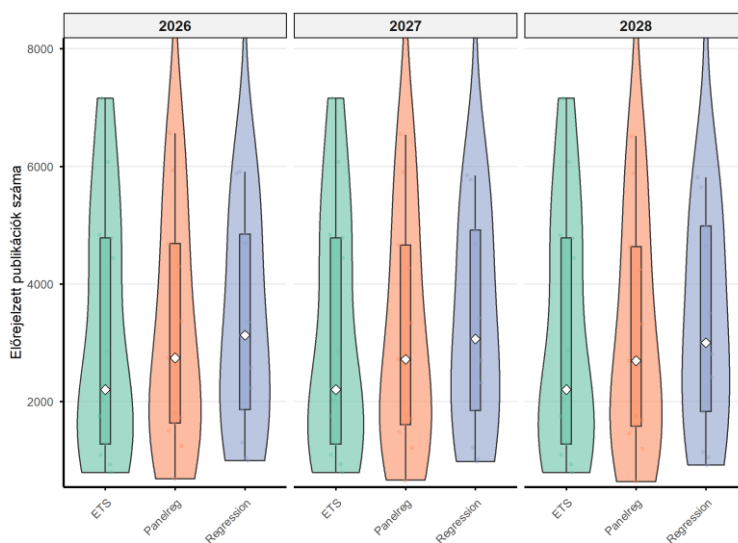
Forrás: Saját szerkesztés

Bár a leíró idősoros elemzés betekintést nyújt az publikációs dinamikába, nem foglalkozik egy központi kérdéssel: hogyan fognak ezek az eltérő pályák a közeljövőben fejlődni? Vajon erősödik a már amúgy is magas sajátvektor centralitással rendelkező egyetemek szerepe és kirekesztik a többi egyetemet a versenyből? Vagy a kisebb egyetemek képesek lesznek önálló módon működőképes és eredményes csoportokat létrehozni? Esetleg kialakulnak új kapcsolatok a magasabb publikációs teljesítmény elérése érdekében? A jövőbeli publikációs dinamika megértése nemcsak az összehasonlító értékeléshez elengedhetetlen, hanem segítségével meghatározhatjuk azokat a potenciális egyetemi együttműködéseket, amelyek a kisebb egyetemek versenyképességét és/vagy a teljes egyetemi hálózat publikációs teljesítményét fokozzák. Ez indokolja az áttérést a retrospektív elemzésről az előrejelző modellezésre.

Előrejelzés

Mivel az idősorok csak 11 megfigyelést tartalmaztak, így rövid idősorokon alapuló előrejelzéseket alkalmaztunk. A módszerek fejezetben bemutatott négy előre jelző

módszer közül rövid idősorokon az ETS bizonyul általában megbízhatóbbnak. Azonban Kruskal-Wallis teszttel kimutattuk, hogy évenként (2026: $p = 0.8986$, 2027: $p = 0.9061$, 2028: $p = 0.8937$) az egyes előre jelző módszerek eredményeiben nincs szignifikáns különbség, így jelen esetben mindhárom alkalmazható előrejelzésre a vizsgált idősorokon. A három előrejelző módszer eredményeit eloszlás diagramban ábrázoltuk (7. ábra). A diagram mutatja, hogy az egyes módszerek közel azonos módon viselkednek. Az ETS jobban képes figyelembe venni az idősorokban megfigyelhető csúcsokat és völgyeket, mint a lineáris regresszió alapuló előrejelzések. Mivel a 2020-s és a 2025-s eredmények is jelentős eltérést mutatnak a trendtől, így az ETS módszert használjuk a későbbiekben.



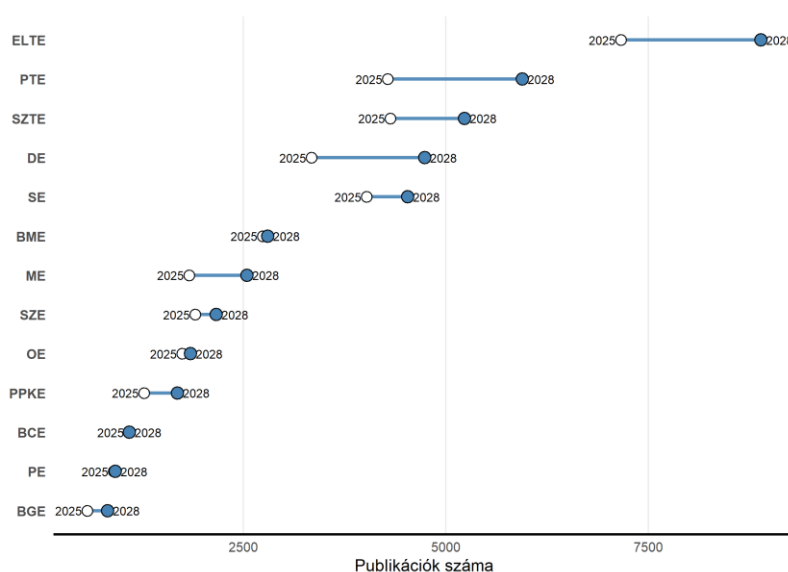
7. ábra. Az egyetemi publikációs idősorok előrejelzésére használt módszerek összehasonlítása a 2026, 2027 és 2028-as évek előrejelzései alapján

ETS: Error-Trend-Seasonality módszer, Panelreg: panelregressziós módszer, Regression: lineáris regressziós módszer

Forrás: Saját szerkesztés

Az egyes intézmények publikációs számának ETS alapú előrejelzését Dumbbell diagrammon ábrázoltuk (8. ábra), mely során látható, hogy bár a 4. és 5. ábra szerint is csökkenő tendencia figyelhető meg 2025-ben, az idősorok trendje mégis pozitív irányú eltolódást feltételez 2028-ra. Ez azzal magyarázható, hogy a 2025

előtti években nem volt akkora negatív változás, mint 2025-ben, így várhatóan a publikációk mennyisége a 2025-s mélyponthoz képest növekedni fog, hasonlóan a 2020-s évben megfigyeltékhez képest. Az (III. ábra) szerint az ELTE, a PTE és a DE publikációinak számában erős pozitív irányú növekedés várható, míg a másik szélsőséges eset a BME, az OE a BCE és a PE, ahol nem várható nagy növekedés. Ez persze az egyetemek stratégiai céljaitól erősen függhet. Ha az egyetemek továbbra is a magas minőségű publikációkat támogatják jobban, akkor a publikációk számában további csökkenés várható. Ugyanakkor a publikációs mennyiségi követelmények ezt igyekeznek majd ellensúlyozni, ami végül oda vezet, hogy szorosabb együttműködések alakulnak ki az egyetemek között, amelyek révén nagyobb számú magas minőségű publikáció születhet majd.

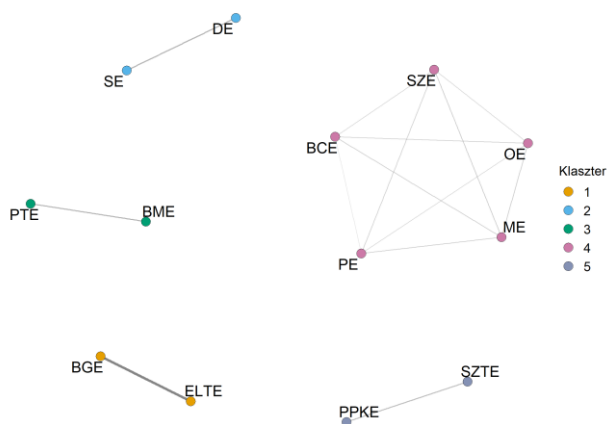


8. ábra. Az egyetemek 2028-ig előrejelzett publikációs teljesítményei

Forrás: Saját szerkesztés

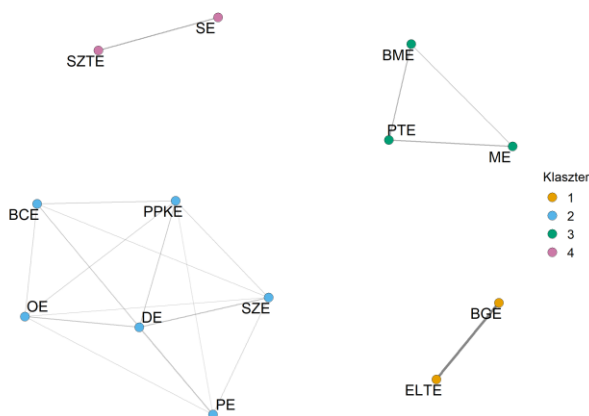
Ahhoz, hogy figyelembe vegyük az együttműködések, korábban már megfigyelt pozitív hatásait, szükséges olyan csoportok létrehozása, amelyek segítenek egymásnak a felzárkózásában és a trendek stabilitásának megőrzésében vagy azok emelésében. Várhatóan ezen csoportok lehetnek azok, amely egyetemek együttműködve növelni fogják a magas minőségű publikációk számát. Természetesen fontos figyelembe venni a földrajzi távolságokat is, hiszen sok esetben csak személyes együttműködés révén születhetnek releváns új kutatások.

Így az intézmények publikációs teljesítményei és a köztük lévő távolság függvényében kiszámoltuk az intézmények közti gravitációs potenciálokot a módszer fejezetben leírtak szerint, majd klasztereztük őket, célfüggvényként maximalizálva az összes publikációs számot. A 9. ábra, a 10. ábra, a 11. ábra és a 12. ábra ezeket az együttműködéseket ábrázolja rendre $k = 5, 4, 3, 2$ esetekben, ahol k a klaszterszámot jelöli.



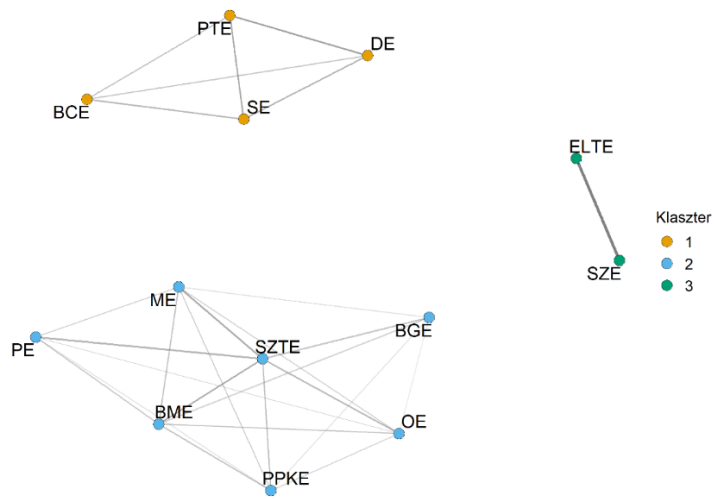
9. ábra. Egyetemi együttműködések maximális publikációs számra optimalizálva, $k = 5$ esetén

Forrás: Saját szerkesztés



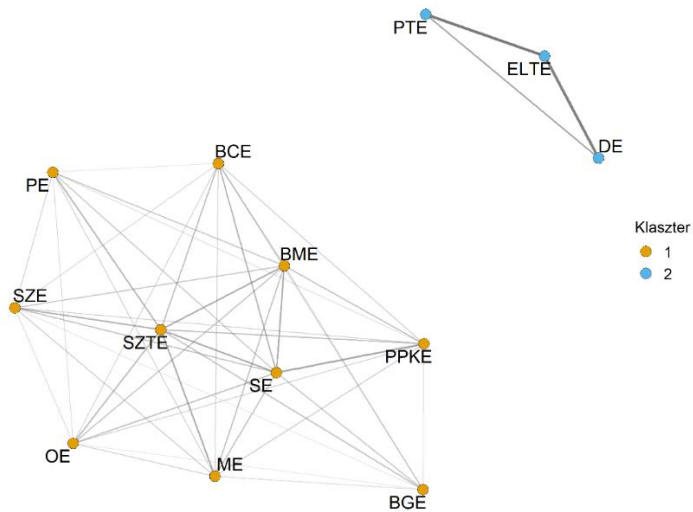
10. ábra. Egyetemi együttműködések maximális publikációs számra optimalizálva, $k = 4$ esetén

Forrás: Saját szerkesztés



11. ábra. Egyetemi együttműködések maximális publikációs számra optimalizálva, $k = 3$ esetén

Forrás: Saját szerkesztés



12. ábra. Egyetemi együttműködések maximális publikációs számra optimalizálva, $k = 2$ esetén

Forrás: Saját szerkesztés

A csoportosítás eredményei egyértelműen mutatják, hogy a publikációs előrejelzés szerint gyenge vagy semmilyen növekedést nem mutató intézményeknek érdemes minél több kapcsolatot kialakítaniuk annak érdekében, hogy publikációs teljesítményüket fokozzák. Ezzel szemben azon egyetemek, akik feltételezhetően magasabb publikációs teljesítménnyel fognak rendelkezni már 2026-ban (ELTE, DE, PTE), nekik kevesebb kapcsolat szükséges, viszont inkább egymással fognak szívesen együttműködni. Ez az eredmény hasonlóságot mutat például a jól ismert Barabási-Albert féle növekedési modellel (Barabási és Albert, 1999), ahol a magasabb potenciálú (nagyobb fokszerű) csomópontok vonzási képessége nagyobb. Így tehát elmondható, hogy külső beavatkozás nélkül a jobb teljesítményű egyetemek tovább erősítik egymást, viszont a kisebb egyetemeknek magasabb kollaborációs hálózatra lesz szükségük a versenyképességük fenntartásának érdekében.

ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen tanulmány egy átfogó képet ad a magyarországi 13 legrangosabb egyetem publikációs teljesítményéről a 2015-2025 időszakban. Az egyetemek közti együttműködési hálózatot gráfként ábrázolva és a gráf tulajdonságait megvizsgálva meghatároztuk az egyetemi publikációs teljesítményeket és együttműködéseküket. A keresztmetszeti vizsgálaton túl hosszanti vizsgálatot végeztünk és megvizsgáltuk az egyetemi publikációs teljesítmények idősorait a vizsgált időszakban. Mivel több egyetem publikációs idősora hasonló tulajdonságokat mutatott, így klasztereztük őket az idősoraik alapján. Megmutattuk, hogy a keresztmetszeti vizsgálatokban központi szerepet betöltő egyetemek idősorosan is ugyanazon klaszterbe tartoznak. Így arra is következtetni tudtunk, hogy ezen egyetemek közti együttműködés erős és stabilizálja a publikációs teljesítményeiket. Ugyanakkor, ha valamely ebbe a klaszterbe tartozó egyetem publikációs teljesítménye csökken, akkor várhatóan a többiek is megérik majd ezt a hatást. Ez a későbbiekben kauzális vizsgálatokkal szeretnénk bizonyítani. Az egyetemek publikációs teljesítményeit előre jeleztük, hogy meghatározzuk a jelenlegi egyetemi hálózat szerinti struktúra jövőbeli hatásait. Ebben és a publikációs teljesítményében lévő különbségek rámutattak arra, hogy szükséges lehet az idősor klaszterekhez hasonlóan az egyetemi együttműködések is optimalizálni, így létrehozva stabil klasztereket, maximalizálva vagy kiegyenlítve az összes egyetem publikációs teljesítményét. Az eredményeink rávilágítanak arra, hogy a gyengébb teljesítményű egyetemeknek továbbra is érdemes minél több kapcsolatot kialakítaniuk, hogy így nagyban növelhessék az publikációik számát. Emellett pedig a nagy publikációs

potenciállal rendelkező egyetemeknek a hálózatban stabilizáló és teljesítménynövelő hatásuk lesz, de már párokban is hatékony együttműködések hozhatnak létre. Ugyanakkor megjegyzendő, hogy szakpolitikai szempontból a tanulmány nem egyetemi vagy kutatói érdekeket képvisel, hanem fő célja az egyetemek közti együttműködések támogatása. A tanulmány fontos korlátja, hogy eredményeink kizárólag az egyetemek publikációs számán és rövid idősorokon alapulnak és ezt kizárólag a magyar egyetemekre végeztük el. Jövőbeli célunk, hogy kiterjesszük a kutatást a publikációk minőségi jellemzőivel, valamint az egyetemi oktatók és kutatók kiválósági indexeivel akár nemzetközi szintésre is, hiszen sok magyar egyetem rendelkezik jelentős külföldi együttműködésekkel.

Jelen kutatás a Kulturális és Innovációs Minisztérium 2025-2.1.1-EKÖP kódszámú Egyetemi Kutatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.



IRODALOMJEGYZÉK

1. Adner, R., 2006. Match your innovation strategy to your innovation ecosystem. *Harvard Business Review*, 84(4), 98.
2. Adner, R. & Kapoor, R., 2010. Value creation in innovation ecosystems: How the structure of technological interdependence affects firm performance in new technology generations. *Strategic Management Journal*, 31(3), 306-333. <https://doi.org/10.1002/smj.821>
3. AlMalki, H. A. & Durugbo, C. M., 2023. Systematic review of institutional innovation literature: towards a multi-level management model. *Management Review Quarterly*, 73(2), 731-785. <https://doi.org/10.1007/s11301-022-00259-8>
4. Bajmócy, Z. & Kanó, I. S., 2009. Hazai kistérségek innovációs képességének elemzése. *Tér és Társadalom*, 23(2), 45-68. <https://doi.org/10.17649/TET.23.2.1234>
5. Balázs, L. & Leydesdorff, L., 2008. A magyar gazdaság tudásalapú szerveződésének mérése: Az innovációs rendszerek szinergiáinak térbelisége. *Közgazdasági Szemle*, 55.
6. Barabási, A. L. & Albert, R., 1999. Emergence of scaling in random networks. *Science*, 286(5439), 509-512. <https://doi.org/10.1126/science.286.5439.509>
7. Berndt, D. J. & Clifford, J., 1994, July. Using dynamic time warping to find patterns in time series. In *Proceedings of the 3rd international conference on knowledge discovery and data mining* (pp. 359-370).

8. Berthold, M. R. & Höppner, F., 2016. On clustering time series using euclidean distance and pearson correlation. *arXiv preprint arXiv:1601.02213*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1601.02213>
9. Bikard, M. & Vakili, K. & Teodoridis, F., 2019. When collaboration bridges institutions: The impact of university–industry collaboration on academic productivity. *Organization Science*, 30(2), 426-445. <https://doi.org/10.1287/orsc.2018.1235>
10. Birkner, Z. & Máhr, T. & Berkes N. R., 2017. Changes in responsibilities and tasks of universities in regional innovation ecosystems. *Naše gospodarstvo/Our economy*, 63(2), 15-21. <https://doi.org/10.1515/ngoe-2017-0008>
11. Buzási, Z. & Jelen, T., 2023. Indikátorok használata az innovációs teljesítmény mérésére a magyar egyetemeken—egy empirikus felmérés tapasztalatai. *Statistikai Szemle*, 101(11), 999-1032. <https://doi.org/10.20311/stat2023.11.hu0999>
12. Cai, Y. & Amaral, M., 2022. Triple Helix model of innovation: from boundaries to frontiers. *Triple Helix*, 9(2), 107-117. <https://doi.org/10.1163/21971927-12340007>
13. Chen, H. & Song, X. & Jin, Q. & Wang, X., 2022. Network dynamics in university-industry collaboration: A collaboration-knowledge dual-layer network perspective. *Scientometrics*, 127(11), 6637-6660. <https://doi.org/10.1007/s11192-022-04330-9>
14. Granstrand, O. & Holgersson, M., 2020. Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition. *Technovation*, 90, 102098. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2019.102098>
15. Henderi, H. & Sofiana, S., 2025. Comparative study of traditional and modern models in time series forecasting for inflation prediction. *International Journal for Applied Information Management*, 5(3), 155-167. <https://doi.org/10.47738/ijaim.v5i3.108>
16. Horváth, K. G., 2022. What Are the Benefits and Pitfalls of Innovation Ecosystems?: Lessons Learned From Tunggram's Ecosystem. *Közgazdaság*, 17(3), 59-81. <https://doi.org/10.14267/RETP2022.03.05>
17. Juhász, S., 2019. Spinoffs and tie formation in cluster knowledge networks. *Small Business Economics*, 56, 1385–1404. <https://doi.org/10.1007/s11187-019-00235-9>
18. Kálmán, A., 2019. A regionális ökoszisztéma és az egyetemek szerepe az innovációs folyamatban. *Iskolakultúra*, 29(9), 51-68. <https://doi.org/10.14232/ISKKULT.2019.9.51>
19. Kosztyán, Z. T. & Csizmadia, T. & Hausz, F. & Fehérvölgyi B., 2024. Intézményi koncentráció és az innovációs hálózatok vizsgálata. *Közgazdasági Szemle*, 71(12), 1351-1380. <https://doi.org/10.18414/KSZ.2024.12.1351>
20. Köhler, J. & Sönnichsen, S. D. & Beske-Jansen, P., 2022. Towards a collaboration framework for circular economy: The role of dynamic capabilities and open innovation. *Business Strategy and the Environment*, 31(6), 2700-2713. <https://doi.org/10.1002/bse.3000>
21. Kruger, S. & Steyn, A. A., 2024. Developing breakthrough innovation capabilities in university ecosystems: A case study from South Africa. *Technological forecasting and social change*, 198, 123002. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123002>

22. Lebeau, L. M. & Laframboise, M. C. & Larivière, V. & Gingras, Y., 2008. The effect of university–industry collaboration on the scientific impact of publications: The Canadian case, 1980–2005. *Research Evaluation*, 17(3), 227-232. <https://doi.org/10.3152/095820208X331685>
Leydesdorff, L. & Rotolo, D. & de Nooy, W., 2013. Innovation as a nonlinear process, the scientometric perspective, and the specification of an ‘innovation opportunities explorer’. *Technology Analysis & Strategic Management*, 25(6), 641-653. <https://doi.org/10.1080/09537325.2013.801948>
23. Liao, T. W., 2005. Clustering of time series data – a survey. *Pattern recognition*, 38(11), 1857-1874. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2005.01.025>
24. Lin, W. & Jin, M. & Ou, F. & Wang, Z. & Wan, X. & Li, H., 2022. Institution Publication Feature Analysis Based on Time-Series Clustering. *Entropy*, 24(7), 950. <https://doi.org/10.3390/e24070950>
25. Pedraja-Rejas, L. & Rodríguez-Ponce, E. & Rojas-Miranda, P., 2025. The Impact of Organisational Learning on Innovation and Institutional Performance in Universities: A Narrative Review. *Systems*, 13(9), 743. <https://doi.org/10.3390/systems13090743>
26. Pichlak, M., 2016. The innovation adoption process: A multidimensional approach. *Journal of Management & Organization*, 22(4), 476-494. <https://doi.org/10.1017/jmo.2015.52>
27. Ponds, R. & van Oort, F. & Frenken, K., 2009. Innovation, spillovers and university-industry collaboration: an extended knowledge production function approach. *Journal of Economic Geography*, 10(2), 231–255. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbp036>.
28. Rotolo, D. & Rafols, I. & Hopkins, M. M. & Leydesdorff, L., 2017. Strategic intelligence on emerging technologies: Scientometric overlay mapping. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 68(1), 214-233. <https://doi.org/10.1002/asi.23631>
29. Sebestyén, T. & Braun, E. & Iloskics, Z. & Varga, A., 2021. Spatial and institutional dimensions of research collaboration: a multidimensional profiling of European regions. *Regional Statistics*, 11(2), 3–31. <https://doi.org/10.15196/rs110203>
30. Sebestyén, T. & Braun, E. & Iloskics, Z. & Bilicz, D., 2024. egyetemek és vállalatok kutatási együttműködése a helyi tudástermelésben. *Közgazdasági Szemle*, 71(11), 1199-1221.
31. Servia-Rodríguez, S. & Noulas, A. & Mascolo, C. & Fernández-Vilas, A. & Diaz-Redondo, R. P., 2015. The evolution of your success lies at the centre of your co-authorship network. *PLoSone*, 10(3), e0114302. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114302>
32. Silva, J. S. & Tenreyro, S., 2006. The log of gravity. *The Review of Economics and statistics*, 641-658.
33. Stundziene, A. & Pilinkiene, V. & Vilkas, M. & Grybauskas, A. & Lukauskas, M., 2024. The challenge of measuring innovation types: A systematic literature review.

Journal of Innovation & Knowledge, 9(4), 100620.
<https://doi.org/10.1016/j.jik.2024.100620>

34. timeshighereducation.com, 2026. *World University Rankings*. [online] Elérhető: <https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/latest/world-ranking>
35. topuniversities.com, 2026. *QS World University Rankings 2026: Top global universities*. [online] Elérhető: <https://www.topuniversities.com/world-university-rankings>
36. Waltman, L. & Noyons, E., 2018. *Bibliometrics for research management and research evaluation*. Leiden, Netherlands: Centre for Science and Technology Studies. Elérhető: https://www.cwts.nl/pdf/CWTS_bibliometrics.pdf (2026.02.02.)
37. Wang, J. & Frietsch, R. & Neuhäusler, P. & Hooi, R., 2024. International collaboration leading to high citations: Global impact or home country effect?. *Journal of Informetrics*, 18(4), 101565. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2024.101565>

ISSN 2630-886X

18  57

BGE