

TÉZISFÜZET

**Csomószerítőban - mozgatórugók feltárása a  
kereskedelmi és mobilitási hálózatokban**

*Szerző:*

DÉNES KISS

*Témavezető:*

Prof. Dr. habil. Zsolt Tibor KOSZTYÁN



PANNON EGYETEM

Gazdálkodás- és Szervezéstudományok Doktori Iskola  
Kvantitatív Módszer Intézeti Tanszék

2026. február 1.

## 1. Bevezetés

A hálózattudomány egységes keretrendszert biztosít az egymással összekapcsolt rendszerek vizsgálatához a biológiában, a szociológiában, az IT-ban és a közgazdaságtanban Albert and Barabási (2002), Turnbull et al. (2018). Jelentősége a globalizációval, a digitalizációval és a nagyméretű adathalmazok növekedésével tovább erősödött Huang and Mayer (2023), amelyek olyan módszereket igényelnek, amelyek képesek kezelni a strukturális komplexitást és a dinamikus kölcsönhatásokat Havlin et al. (2012). Alkalmazásai a neurális térképezéstől Kasabov (2014) az ellátási láncok elemzéséig terjednek Eskandarpour et al. (2015), olyan modellalapú megközelítésekre támaszkodva, mint az Erdős–Rényi gráfok, a preferenciális csatolás és az ágens alapú szimulációk Lesne (2006), Fang et al. (2007), Abar et al. (2017). Ezek a modellek leírják a diffúziós folyamatokat Buskens (2020), a vízesés szerű jelenségeket Valdez et al. (2020) és a hubok kialakulását Borgatti et al. (2009). A biológiában, a szociológiában és a fizikában végzett párhuzamos kutatások visszatérő fogalmakra hívják fel a figyelmet, mint a klaszteresedés, a reziliencia és az emergens mintázatok Zeng et al. (2017), amelyek mind természetes módon kiterjeszthetők a közgazdaságtanra is. A hálózati ökonometria magában foglalja a strukturális függőséget Sheng (2020), az átszivárgási hatásokat Leung (2020) és a szakpolitikák közvetett hatásait Guimaraes Jr et al. (2017). A hálózatok támogatják továbbá az externáliák vizsgálatát Top et al. (2011), a piaci diffúzió elemzését Gregory et al. (2021), az oksági útvonalak feltárását VanderWeele and An (2013), a pénzügyi fertőzések vizsgálatát Galbusera and Giannopoulos (2019), a munkaerőpiaci kapcsolatok elemzését Jabbar et al. (2020) és az innovációs kapcsolatok tanulmányozását Nieto and Santamaría (2007). Az ilyen elemzések minősége és hatóköre a teljes körű, nyílt hozzáférésű adatbázisoktól függ Arzberger et al. (2004), amelyek lehetővé teszik a reprodukálhatóságot, a globális összehasonlítást, valamint a kereskedelmi Kurt and Kurt (2020) és mobilitási Kwan and Schwanen (2016) adatok integrációját. A nyílt adathalmazok elősegítik az interdiszciplináris kutatást, a szakpolitikai értékelést és a rendszerszintű változások nyomon követését Turnes and Ernst (2015), Schultz et al. (2021). Ebben a kontextusban az Erasmus mobilitási hálózat és a BACI kereskedelmi hálózat két olyan empirikus rendszer, amelyet gyakran vizsgálnak hálózati mutatók segítségével. Az Erasmus kutatások a centralitási mintázatokra, a klaszteresedésre és a mobilitási áramlások változásaira összpontosítanak Derzsi et al. (2011), Bruggeman et al. (2012), míg a BACI alapú elemzések kereskedelmi hubokat, regionális blokkokat és a globális kereskedelmi struktúra átalakulásait azonosítják De Benedictis et al. (2014), Liang et al. (2019). Mindkét hálózat kis világ és skálafüggetlen tulajdonságokat mutat, ami azt jelenti, hogy a központi csomópontokat érő zavarok széles körű hatásokat válthatnak ki. A kiterjedt szakirodalom ellenére több hiányosság is fennmarad. A hálózati indikátorok időbeli alakulását gyakran csak részlegesen modellezik. A külső hajtóerők és a strukturális változások közötti oksági kapcsolatok alulkutatottak. Számos elemzés aggregált egységekre támaszkodik, ami korlátozza a termékszintű kereskedelmi mintázatok vagy

a regionális mobilitási dinamikák megértését. A változók, módszerek, valamint a térbeli vagy intézményi egységek közötti összehasonlító modellezés korlátozott, és a sokkok vagy válságok terjedése a kereskedelmi vagy mobilitási hálózatokon keresztül nincs teljes körűen feltárva. E hiányosságok kezelése hozzájárul az összefonódások, a strukturális változások és a globális kereskedelmi és akadémiai mobilitási rendszerekben megfigyelhető dinamikák pontosabb megértéséhez.

## 2. Kutatási kérdések

A téma jelentőségét és a korábban megfogalmazott célkitűzéseket figyelembe véve a disszertáció az alábbi kutatási kérdések megválaszolására törekszik:

**RQ1.** Hogyan változnak a kereskedelmi hálózati indikátorok időbeli dinamikái és oksági kapcsolatai termékek szerint, és mit tárnak fel ezek a mintázatok a sokkok, válságok és technológiai változások terjedéséről és hatásairól?

**RQ2.** Mit mutatnak a többszintű elemzések (intézményi, NUTS3 és nemzeti szint) a mobilitás kulturális és intézményi meghatározóinak következetességéről?

**RQ3.** Milyen strukturális és oksági párhuzamok léteznek a kereskedelmi és az akadémiai mobilitási hálózatok között, és miként erősítik meg ezek együttesen a globális kölcsönös függőség, alkalmazkodás és reziliencia mintázatait?

## 3. Szakirodalmi összefoglaló

A hálózattudomány a gráfelméletből és a statisztikus fizikából fejlődött ki, mint az egymással kölcsönhatásban álló egységekből felépülő rendszerek formális vizsgálati keretrendszere. A korai kutatások az összekapcsoltság absztrakt reprezentációira összpontosítottak, ahol a csomópontok és élek kontextus nélküli kapcsolatokat írtak le Albert and Barabási (2002). Az olyan klasszikus modellek, mint az Erdős–Rényi véletlen gráfok, alapvető viszonyítási pontot teremtettek a fokszámoszlások és kapcsolati mintázatok vizsgálatához Lesne (2006). A későbbi fejlemények bevezették a preferenciális csatolás mechanizmusait, bemutatva, hogy a növekedési folyamatok miként hoznak létre heterogén fokszámoszlásokat és erősen kapcsolt hubokat Fang et al. (2007). Ezek az alapvető hozzájárulások rámutattak arra, hogy számos empirikus hálózat szisztematikusan eltér a véletlen struktúráktól.

A későbbi kutatások kiterjesztették a hálózati reprezentációkat az irányítottság, a súlyozottság és az időbeliség figyelembevételével. A súlyozott és irányított hálózatok lehetővé tették az aszimmetrikus kölcsönhatások modellezését, míg az időbeli hálózatok a strukturális evolúció és a dinamikus folyamatok vizsgálatát tették lehetővé Valdez et al. (2020). Az ágens

alapú modellek tovább erősítették a mikro szintű viselkedés és a makro szintű kimenetek közötti kapcsolatot azáltal, hogy heterogén ágensek közötti interakciós szabályokat szimuláltak Abar et al. (2017). Ezek a módszertani bővítések elősegítették a hálózatelemzés diszciplínák közötti alkalmazását, és közös elemzési nyelvet hoztak létre a komplex rendszerek tanulmányozására Zeng et al. (2017).

### 3.1. Modellezés egyéb tudományterületeken

A hálózati modelleket széles körben alkalmazzák a biológiában az anyagcsere utak, a fehérje kölcsönhatások és az ökológiai rendszerek reprezentálására Sweetlove and Fernie (2005), Delmas et al. (2019). Ezek az alkalmazások a robusztusságra, a billenési pontokra és az alkalmazkodásra összpontosítanak, amelyek párhuzamba állíthatók a gazdasági stabilitással és a sokkterjedéssel kapcsolatos kérdésekkel. A szociológiában a hálózatok a társas interakciókat, a bizalmi kapcsolatokat és az információ diffúzióját írják le Molina-Morales and Martínez-Fernández (2010). A kulturális diffúzióval és befolyással foglalkozó tanulmányok a modularitást, a homofiliát és az útfüggőséget hangsúlyozzák Gelfand and Jackson (2016), rávilágítva arra, hogy a strukturális korlátok miként formálják a kimeneteket.

A fizikában a komplex rendszerek elmélete a statisztikus mechanika eszköztárát alkalmazza hálózatokra, lehetővé téve a fázisátmenetek és az emergens viselkedés elemzését Zeng et al. (2017). Ezek a fogalmak hatással voltak a közgazdasági modellezésre is, különösen a pénzügyi rendszerek esetében, ahol a válságok inkább rendszerszintű átmenetként, mintsem elszigetelt eseményekként jelennek meg Bardoscia et al. (2021). A diszciplínák között olyan közös mérőszámok, mint a centralitás, a klaszteresedés és az assortativitás, következetes eszközöket biztosítanak a struktúra leírására, miközben teret engednek az adott területhez kötődő értelmezésnek Lee and Wilkinson (2019).

### 3.2. Hálózatok a közgazdaságban

A gazdasági rendszerek eleve hálózatos szerkezetűek, ahol az ágensek kereskedelmen, pénzügyi kapcsolatokon, munkaerőpiacokon és intézményeken keresztül kapcsolódnak egymáshoz Gao et al. (2012). A hagyományos ökonometriai modellek gyakran függetlenséget vagy homogén interakciókat feltételeznek, ami korlátozza a tovagyrúzó hatások és visszacsatolások megragadását Spanos (1995). A hálózati ökonometria közvetlenül beépíti a strukturális függőséget, lehetővé téve a közvetett hatások és a szakpolitikai transzmissziós csatornák becslését Sheng (2020). Ezt a keretrendszert alkalmazták externáliák vizsgálatára Top et al. (2011), innovációk diffúziójára Gregory et al. (2021) és regionális szakpolitikai átszivárgások elemzésére Leung (2020).

A hálózatos környezetben végzett oksági következtetés kezeli a beavatkozásmentességi feltétel megsértését az interakciók explicit modellezésével VanderWeele and An (2013). Ezek a megközelítések megkülönböztetik a közvetlen, közvetett és teljes hatásokat, árnyaltabb

értelmezést adva a szakpolitikai kimeneteknek Guimaraes Jr et al. (2017). A hálózatképződési modellek strukturális becslése további lehetőséget nyújt a megfigyelt kapcsolatok mögött álló mechanizmusok feltárására Platt (2022). Az alkalmazások kiterjednek a munkaerő közgazdaságtanra, az iparági szervezetre és az innovációkutatásra Ebbes and Netzer (2022), Álvarez et al. (2009), Nieto and Santamaría (2007).

### 3.3. Kereskedelmi hálózatok

A nemzetközi kereskedelmi hálózatok az országokat csomópontokként, a kereskedelmi áramlásokat pedig irányított, súlyozott élekként modellezik. A korai tanulmányok dokumentálták a globális kereskedelem erősen centralizált jellegét, azonosítva a domináns hubokat és regionális közösségeket De Benedictis et al. (2014). A hálózati mutatók olyan függőségeket és sérülékenységeket tártak fel, amelyek a kétoldalú kereskedelmi statisztikák alapján nem megfigyelhetők Ducruet and Beauguitte (2014). A későbbi kutatások a strukturális evolúciót vizsgálták, kiemelve a globalizációval, a technológiai változásokkal és a geopolitikai átrendeződésekkel összefüggő elmozdulásokat Liang et al. (2019).

A BACI adatbázis részletes empirikus elemzéseket tett lehetővé harmonizált, kétoldalú, termékszintű kereskedelmi adatok biztosításával De Benedictis et al. (2014). A BACI adataira épülő tanulmányok a kereskedelem koncentrációját, diverzifikációját és regionális klaszteresedését vizsgálták Hung (2021). A termékszintű elemzések azt mutatják, hogy a sokkok egyenlőtlenül terjednek a hálózatban, a termékspecifikusság és a hálózati pozíció függvényében Cook et al. (2010). Ugyanakkor az irodalom jelentős része leíró vagy statikus jellegű marad, korlátozott mértékben integrálva az időbeli modellezést és az oksági következtetést finom aggregációs szinteken.

### 3.4. Mobilitási hálózatok

Az akadémiai mobilitást széles körben vizsgálták az Erasmus programon keresztül, amely intézményeket, régiókat és országokat kapcsol össze csereáramlások révén Derzsi et al. (2011). A hálózatalapú elemzések kis világ és skálafüggetlen tulajdonságokat azonosítanak, ahol néhány erősen kapcsolt intézmény hubként működik Bruggeman et al. (2012). A közösségetektálás feltárja a földrajz, a nyelv és az intézményi együttműködés által formált klasztereket Gadár et al. (2022).

Az időbeli elemzések perzisztenciát és útfüggőséget dokumentálnak a mobilitási mintázatokban a programciklusok között Teichler (1996). Bár ezek a tanulmányok leírják a strukturális stabilitást és a fokozatos változást, az ökonometriai modellezés kevésbé fejlett. Az olyan külső tényezőket, mint a kulturális távolság, a bűnözés és a kutatási együttműködés, gyakran külön vizsgálják, ami korlátozza közös hatásuk megértését hálózati kontextusban. Emellett a legtöbb kutatás nemzeti vagy intézményi szintre összpontosít, kevés figyelmet fordítva a regionális vagy egyéni szintű dinamikákra.

### 3.5. Adatok elérhetősége

A nagyléptékű hálózatok vizsgálata átfogó és átlátható adatforrásokra támaszkodik Arzberger et al. (2004). A nyílt hozzáférésű adatbázisok támogatják a reprodukálhatóságot, az országok közötti összehasonlítást és az interdiszciplináris kutatást. A kereskedelemelemzésben a teljes lefedettség elengedhetetlen a közvetett függőségek és a globális tovagyrúzó hatások megragadásához Kurt and Kurt (2020). A mobilitáskutatásban a teljes adathalmazok lehetővé teszik az intézményi hierarchiák, a regionális egyenlőtlenségek és a mikro szintű mintázatok elemzését Kwan and Schwanen (2016). A részleges vagy zárt adatokra épülő tanulmányok torzítással, aggregációs problémákkal és összehasonlíthatósági korlátokkal szembesülnek Olteanu et al. (2019).

### 3.6. Hiányosságok

A kereskedelmi és mobilitási hálózatokról szóló kiterjedt szakirodalom ellenére több hiányosság továbbra is fennáll. Az időbeli dinamikák gyakran alulmodellezettek, különösen termék- és regionális szinten. A hálózati indikátorok és a külső meghatározó tényezők közötti oksági kapcsolatok feltárása továbbra is korlátozott. Az aggregáció elfedi az elemzési egységek közötti heterogenitást, miközben a modellezési stratégiák összehasonlító értékelése ritka. Végül a sokkok és válságok terjedése az összekapcsolt kereskedelmi és mobilitási hálózatokon keresztül nem került szisztematikus elemzésre egységes ökonometriai keretrendszerben. Ezek a hiányosságok olyan megközelítéseket indokolnak, amelyek integrálják az időbeli hálózatelemzést, az oksági következtetést és a finom felbontású, nyílt hozzáférésű adatokat a globális rendszerek strukturális változásainak és kölcsönös függőségeinek vizsgálatához.

## 4. Kutatási feltételezések

Az alábbi feltevések rögzítik azokat az elemzési kiindulópontokat, amelyek keretében a kutatási kérdések vizsgálatra kerülnek.

- RA1** A kereskedelmi hálózatoktól elvárható, hogy egymást követő strukturális elmozdulásokat mutassanak a technológiai változásokra, a geopolitikai nyomásra és a válságeseményekre adott válaszként, ahol az assortativitásban megjelenő korai változásokat a reziliencia és a centralizáció késleltetett reakciói követik.
- RA2** Amennyiben a kulturális és intézményi változók strukturális hajtóerők, és nem adathalmaz-specifikus artefaktumok, ugyanazon meghatározó tényezőknek több elemzési szinten is szignifikánsnak kell maradniuk, miközben az együttműködés stabilizáló mechanizmusként, a bűnözés pedig a célválasztást szelektíven korlátozó tényezőként működik.
- RA3** Mindkét rendszer hierarchikus szerveződést és preferenciális csatolást mutat, ami azt implicálja, hogy a domináns szereplők szűk köre oksági hajtóerőként funkcionál, viselkedésük pedig befolyásolja a teljes hálózat alkalmazkodóképességét és sérülékenységét.

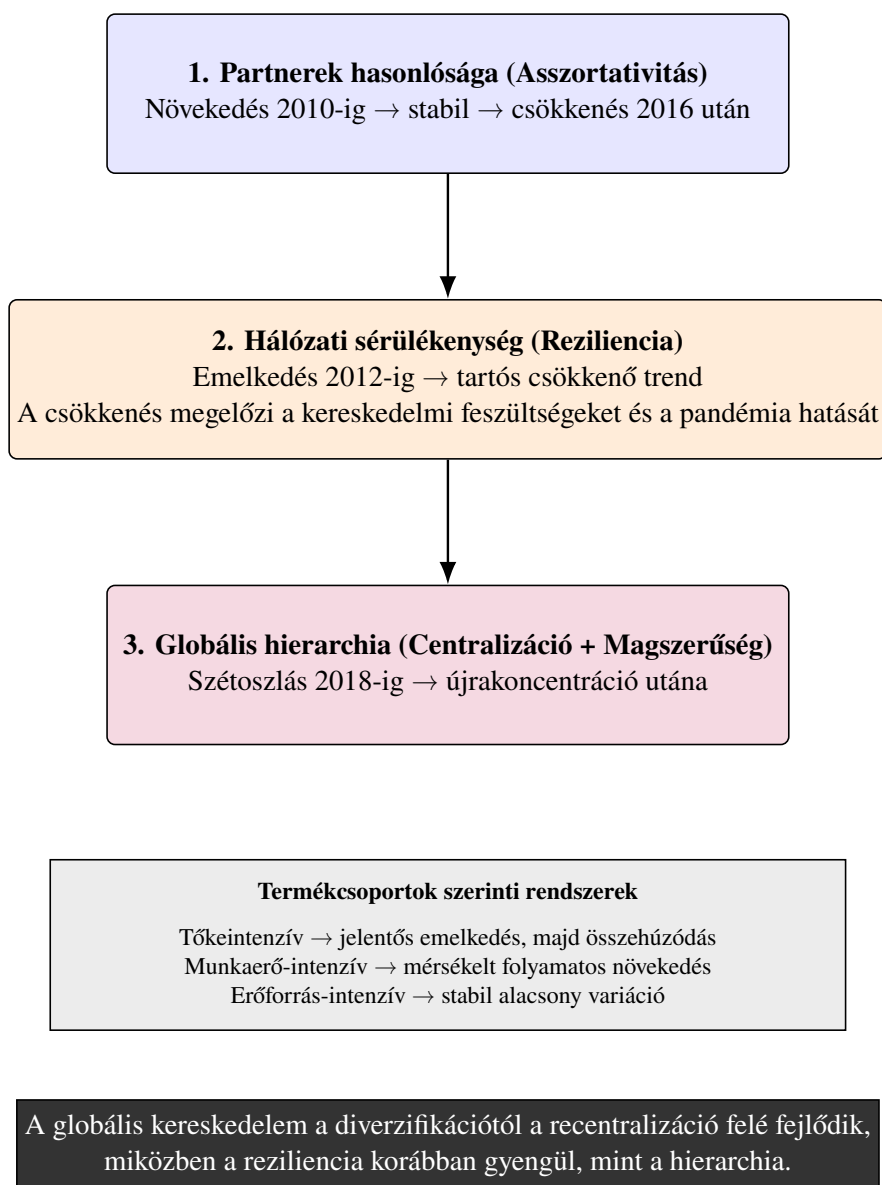
## Eredmények és a kutatási kérdésekhez való illeszkedés

Az empirikus eredmények következetes strukturális mintázatokat tárnak fel mind a kereskedelmi, mind az akadémiai mobilitási hálózatok esetében. Az időbeli klaszterezés, az oksági kapcsolatok azonosítása és a többváltozós modellezés együttes alkalmazásával az elemzés közvetlen empirikus válaszokat ad mindhárom kutatási kérdésre. Az alábbi alfejezetek összefoglalják ezeket az eredményeket, miközben explicit módon kapcsolják őket a megfelelő kutatási kérdésekhez, és megőrzik az eredmények vizuális struktúráját.

## RQ1: A globális kereskedelmi hálózatok strukturális evolúciója

A strukturális indikátorok időbeli alakulása azt mutatja, hogy a globális kereskedelmi hálózatok a termékcsoportok között korlátozott számú, szinkronizált pályát követnek. Ezeket a pályákat a globalizáció, a technológiai változások és a geopolitikai sokkok alakítják.

### A globális kereskedelmi hálózat integrált strukturális dinamikája



1. ábra. A globális kereskedelmi hálózat integrált strukturális dinamikája.

A fenti ábra az assortativitás klaszterközpontját mutatja az összes termékcsoport esetében. Egyetlen domináns időbeli mintázat azonosítható. Az assortativitás folyamatosan növekszik körülbelül 2010-ig, ami a hasonló kereskedelmi partnerek közötti specializáció

erősödését tükrözi. 2010 után a növekedés megtorpan, majd 2016 után markáns visszaesés következik. Ez a fordulat egybeesik a globalizáció lassulásával és a kereskedelmi konfliktusok eszkalációjával, különösen az Egyesült Államok és Kína közötti kereskedelmi háborúval.

A centralizáció és a coreness hasonló pályát követ, azonban késleltetett reakcióval. Az eigenvektor-alapú centralizáció csökkenése és a coreness növekedése 2018-ig a kereskedelmi dominancia fokozatos szétterülését jelzi. 2018 után ez a trend megfordul, ami az újbóli koncentrációra utal. Az assortativitás és a centralizáció közötti időbeli eltolódás azt jelzi, hogy a partneri hasonlóság változásai megelőzik a globális hierarchiában megfigyelhető elmozdulásokat.

A reziliencia mintázatai tovább erősítik ezt az értelmezést. A kereskedelmi hálózat 2012 előtt volt a legellenállóbb. Ezt követően a reziliencia tartósan csökken, a kereskedelmi háborúk időszakában felgyorsulva, és megelőzve a COVID-19 sokkot. Ez arra utal, hogy a strukturális sérülékenység jóval a pandémia előtt felhalmozódott.

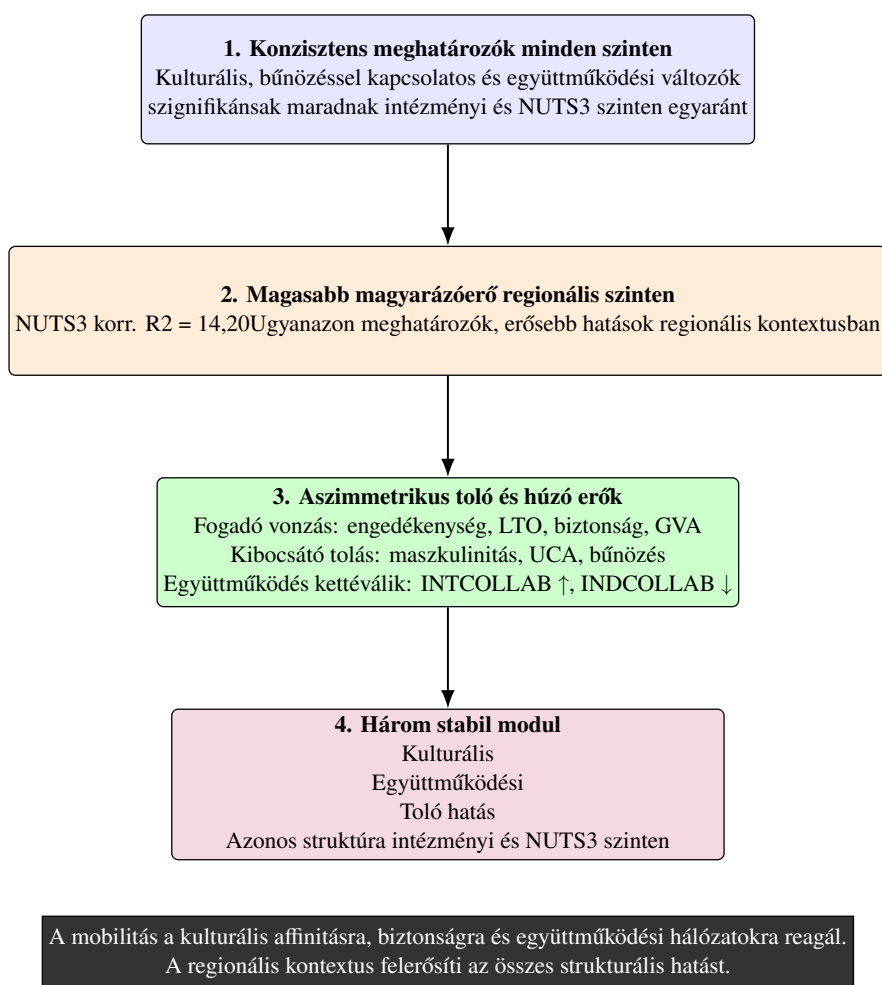
A termékszintű heterogenitást a globális klaszterezési mintázatok ragadják meg. Az eredmények három jól elkülöníthető klaszterre szimmet azonosítanak, amelyek a tőkeintenzív, a munkaintenzív és az erőforrásintenzív termékekhez kapcsolódnak. A tőkeintenzív termékek mutatják a legerőteljesebb 2018 előtti klaszternövekedést, amelyet éles visszaesés követ, míg a munkaintenzív termékek viszonylag stabilak maradnak. Az erőforrásintenzív termékek minimális strukturális változást mutatnak.

Összességében ezek az eredmények azt mutatják, hogy a globális kereskedelem a diverzifikáció irányából az újraközpontosítás felé mozdult el, miközben a reziliencia már a nagy válságok előtt erodálódott. A strukturális változás szekvenciálisan zajlik: először az assortativitás reagál, ezt követi a reziliencia, végül pedig a centralizáció.

## RQ2: A kulturális és intézményi meghatározók többszintű következetesége

A gravitációs modellek eredményei azt mutatják, hogy a kulturális, bűnözéssel kapcsolatos és együttműködési változók szisztematikusan befolyásolják az Erasmus mobilitást mind intézményi, mind regionális szinten.

### Az Erasmus mobilitás integrált meghatározói Gravitációs modell és korrelációs modulok



2. ábra. Integrált infografika az Erasmus mobilitás gravitációs modell meghatározóiról.

Az eredmények szerint a NUTS3 szintű modell lényegesen nagyobb magyarázóerőt ér el, mint az intézményi modell, ami arra utal, hogy a regionális kontextus hatékonyabban ragadja meg a mobilitási viselkedést. A nagyságrendi különbségek ellenére ugyanazok a meghatározók maradnak szignifikánsak mindkét szinten.

Intézményi szinten a fogadó intézmények élvezetessége és hosszú távú orientációja domináns vonzó tényezőként jelenik meg, míg a kibocsátó oldalon a maszkulinitás és a bizonytalanságkerülés taszító korlátként működik. Az együttműködési változók kettős szerepet

mutatnak: a nemzetközi együttműködés növeli a mobilitást, míg a túlzott ipari együttműködés csökkenti azt.

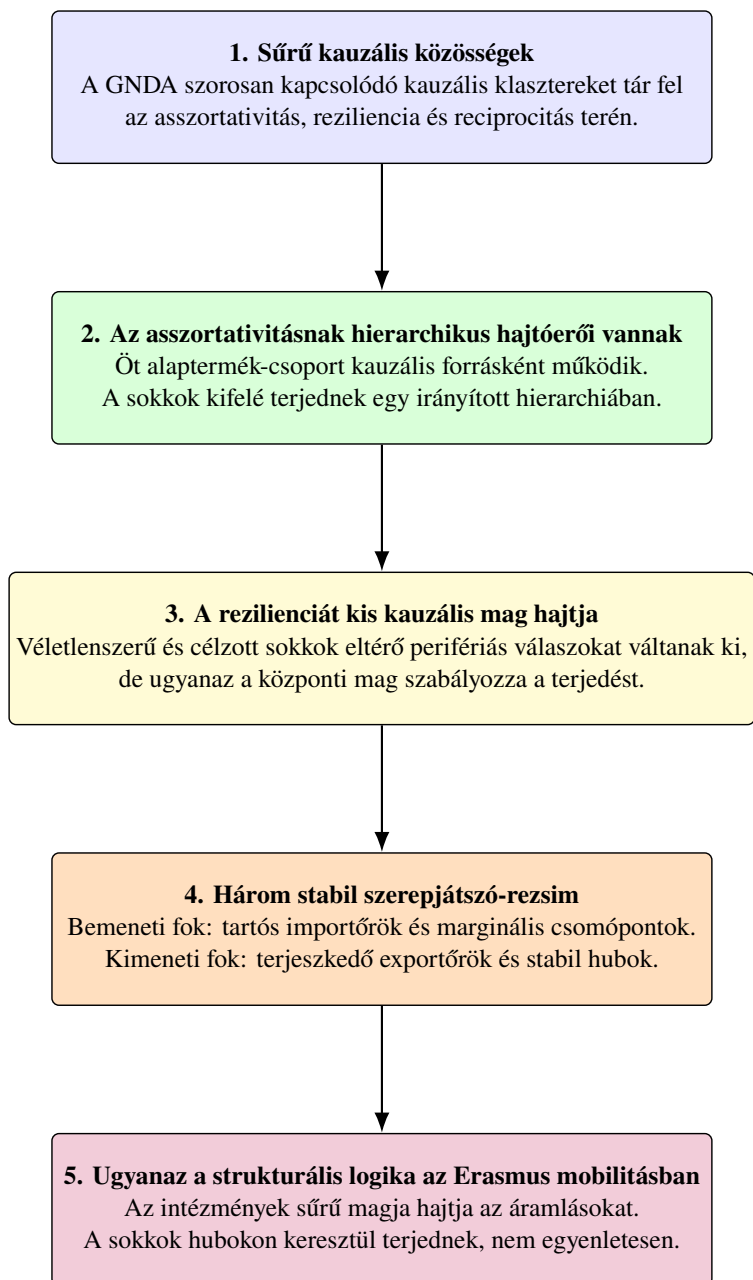
NUTS3 szinten a bűnözési indikátorok erős céloldali meghatározóként jelennek meg, megerősítve, hogy az észlelt biztonság fontosabb a fogadó helyszínen, mint a kibocsátó oldalon. A kulturális indikátorok megőrzik magyarázóerejüket, következetes előjelekkel az évek és a szakmák között.

A klaszterezett korrelációs gráfok tovább erősítik a strukturális következetességet. Mindkét szinten három stabil modul figyelhető meg: kulturális változók, együttműködési változók, valamint kimenet-távolság változók.

A meghatározók stabilitása az aggregációs szintek között azt mutatja, hogy a kulturális és intézményi hatások a mobilitási rendszer strukturális tulajdonságai, nem pedig a modell specifikációjából fakadó artefaktumok.

## RQ3: Strukturális és oksági párhuzamok a kereskedelmi és mobilitási hálózatok között

### A kereskedelmi és akadémiai mobilitási hálózatok kauzális szerkezete



Egy kis kauzális mag irányítja mind a kereskedelmet, mind az akadémiai mobilitást.  
A hálózat-szintű hatások hierarchikus terjedésből erednek.

3. ábra. Integrált infografika a kereskedelmi és mobilitási hálózatok kauzális dinamikájáról.

Az oksági elemzés azt mutatja, hogy hasonló mechanizmusok irányítják mind a kereskedelmi, mind az akadémiai mobilitási hálózatokat. A Granger-okságra épülő GNDA sűrű oksági közösségeket az assortativitás, a reziliencia és a reciprocitás esetében.

Az assortativitás által vezérelt oksági csoportokban néhány termékcsoporthoz strukturális hajtóerőként működik. Az ezekben bekövetkező változások tovaterjednek más csoportokra, ami hierarchikus függőségi struktúrát jelez.

A reziliencia még erősebb oksági összefonódást mutat. A termékcsoporthoz eltérően reagálnak a véletlen és célzott sokkokra, azonban mindkét esetben egy szűk központi mag határozza meg a hálózatszintű kimeneteket.

A szereplőrezsim-elemzés tovább erősíti ezeket a párhuzamokat. A 81-es termékcsoporthoz esetében az ország szintű indegree és outdegree centralitások három stabil rezsimbe rendeződnek, feltárva a tartós importőrököt, a bővülő exportőrököt és a marginális szereplőket.

Ugyanez a hierarchikus logika jelenik meg az Erasmus mobilitásban is, ahol intézmények és régiók szűk köre működik tartós hubként, amelyeket az együttműködés intenzitása és a kulturális nyitottság hajt. Mindkét rendszerben a sokkok a sűrűn kapcsolt magokon keresztül terjednek, nem pedig egyenesen a teljes hálózaton.

## **Integrált értelmezés**

A kereskedelem és az akadémiai mobilitás esetében a hálózatok szinkronizált strukturális ciklusokon keresztül fejlődnek, amelyeket a korai diverzifikáció, a késleltetett koncentráció és a csökkenő reziliencia jellemez. A kulturális, intézményi és együttműködési tényezők strukturális hajtóerőként működnek, nem pusztán kontextuális zajként. A központi szereplők szűk köre következetesen alakítja a rendszerszintű kimeneteket, miközben a válságok a meglévő sérülékenységeket erősítik fel, nem pedig újakat hoznak létre.

Ezek az eredmények együttesen megerősítik, hogy a globális kereskedelmi és az Erasmus mobilitási hálózatokat a hierarchia, a kölcsönös függőség és a késleltetett sokkterjedés közös elvei irányítják, egységes empirikus alátámasztást nyújtva mindhárom kutatási kérdéshez.

## 5. Kutatási tézisek

A kutatási kérdésekkel összhangban, az empirikus eredmények gondos mérlegelésével három kutatási tézis került megfogalmazásra.

**RT<sub>1</sub>** Összességében a globális kereskedelmi hálózat egy reziliens, diverzifikált struktúrából egy polarizált, függőségekre épülő rendszerré alakult át, amelyben a technológiai felgyorsulás és az ismétlődő válságok együttesen erősítik az instabilitást. Kosztyán et al. (2024)

**RT<sub>2</sub>** Az olyan kulturális meghatározók, mint az élvezetesség, a hosszú távú orientáció, a maszkulinitás és a bizonytalanságkerülés következetesen befolyásolják a mobilitást intézményi, regionális és nemzeti szinten egyaránt, igazolva, hogy a kulturális hatások strukturális jellegűek, nem pedig kontextusfüggők. Kosztyán et al. (2023)

**RT<sub>3</sub>** A globális kereskedelmi és az akadémiai mobilitási hálózatok alapvetően hasonló strukturális logikát követnek, amelyet hierarchikus szerveződés, preferenciális csatolás és a központi szereplők szűk körének dominanciája jellemez. Kosztyán et al. (2023, 2024)

## 6. Összegzés és következtetések

### 6.1. Hozzájárulás a szakirodalomhoz

Ez a disszertáció a szakirodalomhoz azzal járul hozzá, hogy a globális kereskedelmi hálózatokat és az akadémiai mobilitási rendszereket strukturálisan összehasonlítható, hálózatos környezetekként vizsgálja, amelyekben a válságok, a technológiai változások és az intézményi jellemzők mérhető hatást gyakorolnak az összekapcsoltságra, a centralizációra, az assortativitásra és a rezilienciára. A munka két olyan területet kapcsol össze, amelyeket ritkán elemeznek együtt: a termékszintű világgazdasági kereskedelem strukturális indikátorainak alakulását (BACI adatok felhasználásával) és az Erasmus mobilitás meghatározó tényezőit intézményi és regionális szinteken. Ennek révén a disszertáció bemutatja, hogy mindkét rendszer hasonló kölcsönös függőségi, sérülékenységi és alkalmazkodási mechanizmusok mentén formálódik, annak ellenére, hogy eltérő gyakorlati kontextusokban működnek.

Az első hozzájárulás a globális kereskedelmi hálózatok időbeli mintázatainak azonosítása és rekonstruálása. Az eredmények szinkronizált ciklusokat mutatnak az assortativitás, a centralizáció, a coreness és a reziliencia esetében, egyértelmű fordulópontokkal, amelyek olyan eseményekhez köthetők, mint a 2008-as pénzügyi válság, az USA és Kína közötti kereskedelmi konfliktus, valamint a COVID-19 pandémia. Ezek a strukturális változások nem véletlenszerűen jelennek meg, hanem szekvenciálisan bontakoznak ki az egyes indikátorok mentén, késleltetett rendszerszintű reakciókra utalva. Az empirikus eredmények azt mutatják, hogy az assortativitás csökkenése jelenik meg elsőként, ezt két-hat éves késéssel követi

a reziliencia hanyatlása, míg a centralizáció csak azt követően fordul meg, hogy a fragmentáció már megkezdődött. Ez egy olyan folyamatot tár fel, amelyben a globális hálózatok a diverzifikáció irányából az újbóli függőség felé mozdulnak el.

A második hozzájárulás az akadémiai mobilitás meghatározó tényezőire irányul. Több-szintű modellezés segítségével, intézményi, regionális (NUTS3) és nemzeti szinteken az elemzés kimutatja, hogy a kulturális, bűnözési és együttműködési változók minden aggregációs szinten megőrzik magyarázóerejüket. Az élvezetesség és a hosszú távú orientáció vonzó tényezőként működik, míg a maszkulinitás és a bizonytalanságkerülés taszító korlátként jelenik meg. A bűnözés elsősorban a fogadó oldalon számít, az együttműködés pedig bővíti a részvételt. Ugyanezek a változók következetes iránnyal és szignifikanciával térnek vissza, ami arra utal, hogy hatásuk strukturális jellegű, nem pedig kontextusfüggő.

A harmadik hozzájárulás az oksági elemzés integrálása. A Granger-okság és a GNDA alkalmazásával a disszertáció azonosítja azokat a termékcsoportokat, amelyek strukturális hajtóerőként működnek a kereskedelmi hálózatok evolúciójában. Ezek a csoportok oksági közösségeket alkotnak, és a sokkok először ezekben terjednek végig, majd csak ezt követően érik el más szektorokat. Hasonló dinamika figyelhető meg az akadémiai mobilitásban is, ahol a magas együttműködési intenzitással és kulturális nyitottsággal rendelkező intézmények horgonyozzák le a határokon átnyúló cseréket. Ez a párhuzam azt mutatja, hogy a hierarchikus befolyás és a preferenciális csatolás mindkét rendszerben jelen van. A változásokat a központi szereplők szűk köre vezérli, és viselkedésük az egész hálózat alkalmazkodóképességére kihat.

1. A globális kereskedelmi hálózatok egy diverzifikált struktúrából egy inkább függőségekre épülő rendszer irányába fejlődtek. Ez az átalakulás az assortativitás, a reziliencia és a centralizáció egymást követő változásaiban válik láthatóvá, amelyek összhangban állnak a történelmi válságokkal és a technológiai felgyorsulással.
2. A mobilitás kulturális és intézményi meghatározói intézményi, regionális és nemzeti szinten is következetesek, megerősítve, hogy ezek a változók strukturális hajtóerőként működnek, nem pedig adatspecifikus artefaktumokként.
3. A kereskedelmi és az akadémiai mobilitási hálózatok összehasonlítható rendszerszintű mechanizmusokat követnek. Mindkét rendszerben a befolyás egy korlátozott számú szereplőn koncentrálódik, a sokkok késleltetett strukturális alkalmazkodáson keresztül hatnak, és a stabilitás inkább a diverzifikációból, mint a centralizációból fakad.

## 6.2. Következmények

Az eredmények azt mutatják, hogy a globálisan összekapcsolt rendszerek, legyen szó áruk vagy személyek cseréjéről, hasonló strukturális korlátok között működnek. Mindkét környezetben a hatékonyság és a reziliencia nem egyszerre fejlődik. A hatékonyság növekedése jellemzően koncentrációval jár együtt, míg a reziliencia újraelosztás és diverzifikáció révén

erősödik. Elemzési és szakpolitikai szempontból ez azt jelenti, hogy a növekedést, specializációt vagy központi kontrollt előtérbe helyező beavatkozások nagy valószínűséggel növelik a sérülékenységet, míg a redundanciát, alternatív útvonalakat vagy elosztott együttműködést támogató intézkedések erősítik a stabilitást.

### **6.3. Gyakorlati implikációk**

Az eredmények alapján a rendszerek teljesítményének javítása megköveteli a hatékonyság és a reziliencia közötti átváltás felismerését. Azok a politikák, amelyek a specializációt, az áramlások koncentrációját vagy néhány domináns csomópontra való támaszkodást ösztönzik, rövid távon növelhetik a hatékonyságot, de strukturális törékenységet hoznak létre. Ezzel szemben a reziliencia akkor jelenik meg, amikor a hálózatok diverzifikálják partnereiket, elosztják a kapcsolódásokat, és fenntartják az alternatív útvonalakat. Ennek megfelelően a döntéshozóknak és intézményi vezetőknek olyan beavatkozásokat kell tervezniük, amelyek tudatosan egyensúlyozzák a hatékonysági célokat a redundancia eszközeivel. A kereskedelemben ez másodlagos ellátási útvonalak kialakítását, a koncentrációs kockázatok monitorozását és a regionális diverzifikáció támogatását jelenti. A mobilitási programok esetében pedig a hagyományos hubokon túli partnerségek bővítését, az együttműködési hálózatok erősítését és a fogadó intézmények szűk körétől való függőség csökkentését.

### **6.4. Korlátok**

Az empirikus elemzés egyik korlátja az elérhető adatszerkezetekre való támaszkodás. A BACI továbbra is a kereskedelem legteljesebb adatbázisa, azonban ágazati felbontása korlátozza az altermékszintű technológiai elmozdulások vizsgálatát. Az Erasmus adatok lehetővé teszik az intézményi és regionális modellezést, de nem ragadják meg az egyéni döntéshozatalt vagy a kockázateszlelést. Az oksági következtetés továbbá az észlelhető indikátorokra korlátozódik, és nem képes teljes mértékben figyelembe venni az informális, nem rögzített áramlásokat vagy azokat a politikai döntéseket, amelyek a mérhető hatásokat megelőzik.

E korlátok nem gyengítik az eredményeket, hanem kijelölik az elemzés határait. E határon belül a vizsgálat következetes mintázatokat tár fel: a sokkok egyenlőtlenül terjednek, a koncentráció növeli a törékenységet, és a kulturális és intézményi tényezők a gazdasági távolságtól függetlenül hatnak a mobilitásra. A kutatás kiterjesztései értékelhetik a 2020 utáni stabilizációs mintázatokat, a digitális mobilitási programokat, valamint az ellátási láncok átalakulását a Vörös-tengeri zavarokat követően, továbbá modellezhetik a hálózatok párhuzamos alkalmazkodását egyidejű geopolitikai és technológiai nyomás alatt.

## 6.5. Kutatási összefoglaló táblázat

A globális kereskedelmi hálózat elemzésének és az Erasmus mobilitási modellek empirikus eredményeihez igazodva a 1 táblázatban foglaltam össze a kutatási kérdéseimet, kutatási feltevéseimet és kutatási téziseimet.

1. táblázat. Kutatási összefoglaló

Elemek	Állítások
<b>RQ1:</b>	Hogyan változnak a kereskedelmi hálózati indikátorok időbeli dinamikái és oksági kapcsolatai termékek szerint, és mit tárnak fel ezek a mintázatok a sokkok, válságok és technológiai változások terjedéséről és hatásairól?
<b>RA1:</b>	A kereskedelmi hálózatoktól elvárható, hogy egymást követő strukturális elmozdulásokat mutassanak a technológiai változásokra, a geopolitikai nyomásra és a válságese-ményekre adott válaszként, ahol az assortativitásban megjelenő korai változásokat a reziliencia és a centralizáció késleltetett reakciói követik.
<b>RT1:</b>	Összességében a globális kereskedelmi hálózat egy reziliens, diverzifikált struktúrából egy polarizált, függőségekre épülő rendszerré alakult át, amelyben a technológiai felgyorsulás és az ismétlődő válságok együttesen erősítik az instabilitást.
<b>RQ2:</b>	Mit mutatnak a többszintű elemzések (intézményi, NUTS3 és nemzeti szint) a mobilitás kulturális és intézményi meghatározóinak következetességéről?
<b>RA2:</b>	Amennyiben a kulturális és intézményi változók strukturális hajtóerők, és nem adathalmaz-specifikus artefaktumok, ugyanazon meghatározó tényezőknek több elemzési szinten is szignifikánsnak kell maradniuk, miközben az együttműködés stabilizáló mechanizmusként, a bűnözés pedig a célválasztást szelektíven korlátozó tényezőként működik.
<b>RT2:</b>	Az olyan kulturális meghatározók, mint az élvezetesség, a hosszú távú orientáció, a maszkulinitás és a bizonytalanságkerülés következetesen befolyásolják a mobilitást intézményi, regionális és nemzeti szinten egyaránt, igazolva, hogy a kulturális hatások strukturális jellegűek, nem pedig kontextusfüggők.
<b>RQ3:</b>	Milyen strukturális és oksági párhuzamok léteznek a kereskedelmi és az akadémiai mobilitási hálózatok között, és miként erősítik meg ezek együttesen a globális kölcsönös függőség, alkalmazkodás és reziliencia mintázatait?
<b>RA3:</b>	Mindkét rendszer hierarchikus szerveződést és preferenciális csatolást mutat, ami azt implikálja, hogy a domináns szereplők szűk köre oksági hajtóerőként funkcionál, viselkedésük pedig befolyásolja a teljes hálózat alkalmazkodóképességét és sérülékenységét.
<b>RT3:</b>	A globális kereskedelmi és az akadémiai mobilitási hálózatok alapvetően hasonló strukturális logikát követnek, amelyet hierarchikus szerveződés, preferenciális csatolás és a központi szereplők szűk körének dominanciája jellemez.

## 7. A szerző kapcsolódó publikációi

### Folyóirat cikkek

1. Kosztyán, Z. T., Kiss, D., & Obermayer, N. (2023). Investigating Erasmus mobility exchange networks with gravity models. *Cogent Social Sciences*, 9(2), 2253612. DOI: <https://doi.org/10.1080/23311886.2023.2253612>
2. Kosztyán, Z. T., Kiss, D., & Fehérvölgyi, B. (2024). Trade network dynamics in a globalized environment and on the edge of crises. *Journal of Cleaner Production*, 465, 142699. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142699>

### Konferencia előadások

1. Kosztyán Z. T. & Kiss, D. (2025). OGIK 2025, Debrecen, Debreceni Egyetem, Hungary.
2. Kiss, D., & Kosztyán Z. T. & Király T. & Fehérvölgyi B. (2025). Trade Network Dynamics in a Globalized Environment and on the Edge of Crises. Presentation. EcoNet NetWorkShop, Pécs, Hungary.
3. Kiss, D., & Kosztyán Z. T. & Obermayer N. (2022). A személyiség típusok szerepe a szoftver projektek tervezésében. Poster. OGIK 2022, Salgótarján, Somoskő, Hungary.

## Felhasznált Irodalom

- Abar, S., Theodoropoulos, G. K., Lemarinier, P., and O'Hare, G. M. (2017). Agent based modelling and simulation tools: A review of the state-of-art software. *Computer Science Review*, 24:13–33.
- Albert, R. and Barabási, A.-L. (2002). Statistical mechanics of complex networks. *Reviews of modern physics*, 74(1):47.
- Álvarez, I., Marin, R., and Fonfría, A. (2009). The role of networking in the competitiveness of firms. *Technological forecasting and social change*, 76(3):410–421.
- Arzberger, P., Schroeder, P., Beaulieu, A., Bowker, G., Casey, K., Laaksonen, L., Moorman, D., Uhler, P., and Wouters, P. (2004). Promoting access to public research data for scientific, economic, and social development. *Data Science Journal*, 3:135–152.
- Bardoscia, M., Barucca, P., Battiston, S., Caccioli, F., Cimini, G., Garlaschelli, D., Saracco, F., Squartini, T., and Caldarelli, G. (2021). The physics of financial networks. *Nature Reviews Physics*, 3(7):490–507.
- Borgatti, S. P., Mehra, A., Brass, D. J., and Labianca, G. (2009). Network analysis in the social sciences. *science*, 323(5916):892–895.
- Bruggeman, J., Traag, V., and Uitermark, J. (2012). Detecting communities through network data. *American Sociological Review*, 77(6):1050–1063.
- Buskens, V. (2020). Spreading information and developing trust in social networks to accelerate diffusion of innovations. *Trends in Food Science & Technology*, 106:485–488.
- Cook, W. D., Liang, L., and Zhu, J. (2010). Measuring performance of two-stage network structures by dea: a review and future perspective. *Omega*, 38(6):423–430.
- De Benedictis, L., Nenci, S., Santoni, G., Tajoli, L., and Vicarelli, C. (2014). Network analysis of world trade using the baci-cepii dataset. *Global Economy Journal*, 14(03n04):287–343.
- Delmas, E., Besson, M., Brice, M.-H., Burkle, L. A., Dalla Riva, G. V., Fortin, M.-J., Gravel, D., Guimarães Jr, P. R., Hembry, D. H., Newman, E. A., et al. (2019). Analysing ecological networks of species interactions. *Biological Reviews*, 94(1):16–36.
- Derzsi, A., Derzsy, N., Káptalan, E., and Néda, Z. (2011). Topology of the erasmus student mobility network. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 390(13):2601–2610.
- Ducruet, C. and Beauguitte, L. (2014). Spatial science and network science: review and outcomes of a complex relationship. *Networks and Spatial Economics*, 14(3):297–316.
- Ebbes, P. and Netzer, O. (2022). Using social network activity data to identify and target job seekers. *Management Science*, 68(4):3026–3046.
- Eskandarpour, M., Dejax, P., Miemczyk, J., and Péton, O. (2015). Sustainable supply chain network design: An optimization-oriented review. *Omega*, 54:11–32.
- Fang, J.-q., Bi, Q., and Li, Y. (2007). Advances in theoretical models of network science. *Frontiers of Physics in China*, 2:109–124.
- Gadár, L., Kosztyán, Z. T., Telcs, A., and Abonyi, J. (2022). Cooperation patterns in the erasmus student exchange network: an empirical study. *Applied Network Science*, 7(1):74.

- Galbusera, L. and Giannopoulos, G. (2019). Leveraging network theory and stress tests to assess interdependencies in critical infrastructures. *Critical Infrastructure Security and Resilience: Theories, Methods, Tools and Technologies*, pages 135–155.
- Gao, J., Buldyrev, S. V., Stanley, H. E., and Havlin, S. (2012). Networks formed from interdependent networks. *Nature physics*, 8(1):40–48.
- Gelfand, M. J. and Jackson, J. C. (2016). From one mind to many: The emerging science of cultural norms. *Current Opinion in Psychology*, 8:175–181.
- Gregory, R. W., Henfridsson, O., Kaganer, E., and Kyriakou, H. (2021). The role of artificial intelligence and data network effects for creating user value. *Academy of management review*, 46(3):534–551.
- Guimaraes Jr, P. R., Pires, M. M., Jordano, P., Bascompte, J., and Thompson, J. N. (2017). Indirect effects drive coevolution in mutualistic networks. *Nature*, 550(7677):511–514.
- Havlin, S., Kenett, D. Y., Ben-Jacob, E., Bunde, A., Cohen, R., Hermann, H., Kantelhardt, J., Kertész, J., Kirkpatrick, S., Kurths, J., et al. (2012). Challenges in network science: Applications to infrastructures, climate, social systems and economics. *The European Physical Journal Special Topics*, 214:273–293.
- Huang, Y. and Mayer, M. (2023). Power in the age of datafication: Exploring china’s global data power. *Journal of Chinese Political Science*, 28(1):25–49.
- Hung, H.-f. (2021). Recent trends in global economic inequality. *Annual Review of Sociology*, 47(1):349–367.
- Jabbar, H., Cannata, M., Germain, E., and Castro, A. (2020). It’s who you know: The role of social networks in a changing labor market. *American Educational Research Journal*, 57(4):1485–1524.
- Kasabov, N. K. (2014). Neucube: A spiking neural network architecture for mapping, learning and understanding of spatio-temporal brain data. *Neural Networks*, 52:62–76.
- Koszttyán, Z. T., Kiss, D., and Fehérvölgyi, B. (2024). Trade network dynamics in a globalized environment and on the edge of crises. *Journal of Cleaner Production*, 465:142699.
- Koszttyán, Z. T., Kiss, D., and Obermayer, N. (2023). Investigating erasmus mobility exchange networks with gravity models. *Cogent Social Sciences*, 9(2):2253612.
- Kurt, Y. and Kurt, M. (2020). Social network analysis in international business research: An assessment of the current state of play and future research directions. *International Business Review*, 29(2):101633.
- Kwan, M.-P. and Schwanen, T. (2016). Geographies of mobility.
- Lee, C. and Wilkinson, D. J. (2019). A review of stochastic block models and extensions for graph clustering. *Applied Network Science*, 4(1):1–50.
- Lesne, A. (2006). Complex networks: from graph theory to biology. *Letters in Mathematical Physics*, 78:235–262.
- Leung, M. P. (2020). Treatment and spillover effects under network interference. *Review of Economics and Statistics*, 102(2):368–380.

- Liang, D., Harris, L. A., Testa, J. M., Lyubchich, V., and Filoso, S. (2019). Detection of the effects of stormwater control measure in streams using a bayesian baci power analysis. *Science of the Total Environment*, 661:386–392.
- Molina-Morales, F. X. and Martínez-Fernández, M. T. (2010). Social networks: effects of social capital on firm innovation. *Journal of small business management*, 48(2):258–279.
- Nieto, M. J. and Santamaría, L. (2007). The importance of diverse collaborative networks for the novelty of product innovation. *Technovation*, 27(6-7):367–377.
- Olteanu, A., Castillo, C., Diaz, F., and Kıcıman, E. (2019). Social data: Biases, methodological pitfalls, and ethical boundaries. *Frontiers in big data*, 2:13.
- Platt, D. (2022). Bayesian estimation of economic simulation models using neural networks. *Computational Economics*, 59(2):599–650.
- Schultz, C., Lutz, P., and Simon, S. (2021). Explaining the immigration policy mix: Countries' relative openness to asylum and labour migration. *European Journal of Political Research*, 60(4):763–784.
- Sheng, S. (2020). A structural econometric analysis of network formation games through subnetworks. *Econometrica*, 88(5):1829–1858.
- Spanos, A. (1995). On theory testing in econometrics: modeling with nonexperimental data. *Journal of Econometrics*, 67(1):189–226.
- Sweetlove, L. J. and Fernie, A. R. (2005). Regulation of metabolic networks: understanding metabolic complexity in the systems biology era. *New Phytologist*, 168(1):9–24.
- Teichler, U. (1996). Comparative higher education: Potentials and limits. *Higher education*, 32(4):431–465.
- Top, S., Dilek, S., and Çolakoğlu, N. (2011). Perceptions of network effects: Positive or negative externalities? *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 24:1574–1584.
- Turnbull, L., Hütt, M.-T., Ioannides, A. A., Kininmonth, S., Poeppl, R., Tockner, K., Bracken, L. J., Keesstra, S., Liu, L., Masselink, R., et al. (2018). Connectivity and complex systems: learning from a multi-disciplinary perspective. *Applied Network Science*, 3:1–49.
- Turnes, P. B. and Ernst, R. (2015). A framework for transparency in international trade. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 21(1):1–8.
- Valdez, L. D., Shekhtman, L., La Rocca, C. E., Zhang, X., Buldyrev, S. V., Trunfio, P. A., Braunstein, L. A., and Havlin, S. (2020). Cascading failures in complex networks. *Journal of Complex Networks*, 8(2):cnaa013.
- VanderWeele, T. J. and An, W. (2013). Social networks and causal inference. *Handbook of causal analysis for social research*, pages 353–374.
- Zeng, A., Shen, Z., Zhou, J., Wu, J., Fan, Y., Wang, Y., and Stanley, H. E. (2017). The science of science: From the perspective of complex systems. *Physics reports*, 714:1–73.