

OTDK-dolgozat

2025

PANNON EGYETEM
GAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR



SOKKOK, VÁLSÁGOK AZONOSÍTÁSA,
ELŐREJELZÉSE KERESKEDELMI
HÁLÓZATOK IDŐSOROS HÁLÓZATI
ELEMZÉSÉVEL
IDENTIFYING AND FORECASTING
SHOCKS AND CRISES IN TRADE
NETWORKS WITH TIME SERIES
NETWORK ANALYSIS

Szerző neve: Király Tünde

Konzulens: Dr. Kosztyán Zsolt Tibor

Kézirat lezárásának dátuma: 2023.04.25.

Tartalomjegyzék

Bevezetés.....	1
1. Szakirodalmi áttekintés	3
1.1 Nemzetközi Kereskedelem vizsgálata.....	3
1.2 Nemzetközi Kereskedelmi Hálózat.....	6
1.2.1 Hálózati mutatók	8
1.2.2 ITN vizsgálata	10
1.2.3 Központi országok, iparágak és termékek.....	12
1.3 Sokkok, válságok	16
1.3.1 Válságok a vizsgálata	18
1.3.2 Válságok előrejelzése	19
2. Adatbázis és az adatok	20
2.1 Adatbázis választás	20
2.2 CEPII/BACI adatok.....	20
3. Módszertan.....	22
4. Eredmények és elemzés	25
4.1 Hálózati struktúra vizsgálata	25
4.2 A hálózati szintű mutatók okozati összefüggései.....	37
5. Alkalmazhatóság és a 81-es termék	45
6. Összefoglalás.....	48
Felhasznált irodalom és források jegyzéke	50
Mellékletek.....	I
HS kódok jelentései.....	I
Eredmények.....	VI

Táblázatok jegyzéke:

1. táblázat: Központi termékek meghatározása.....	13
2. táblázat: Központi iparágak.....	14
3. táblázat: Központi termékek.....	15
4. táblázat: Kereskedelmi zavarok.....	17
5. táblázat: HS főcsoportjai	21
6. táblázat: Példa a HS kódok felépítésére	22
7. táblázat: Asszortativitás klaszterei	38
8. táblázat: Hálózatba beágyazott termékek csoportjai	39
9. táblázat: Támadás esetén perifériára kerülő termékek	41
10. táblázat: Támadások ok-okozati összefüggéseiből létrejött csoportok	42
11. táblázat: Páronkénti és kölcsönösségi összefüggések klaszterei	44
12. táblázat: Be- és kifok centralitás klaszterei	46
13. táblázat: Központi termékek.....	49

Ábrajegyzék:

1. ábra: Kereskedelem a GDP százalékában	4
2. ábra: FDI alakulása.....	4
3. ábra: Kereskedelmi hálózat kialakulása	7
4. ábra: Kereskedelmi hálózat 1928-ban	7
5. ábra: GNDA módszer lépései.....	23
6. ábra: Termékcsoportok asszortativitása	26
7. ábra: Termékcsoportok asszortativitásának a tipikus karakterisztikája	26
8. ábra: Termékcsoportok sajátvektor centralitása	27
9. ábra: Sajátvektor centralitás tipikus karakterisztikája	28
10. ábra: Termékcsoportok magassága	29
11. ábra: Termékcsoportok magasságának tipikus karakterisztikája	29
12. ábra: Az 1. termékcsoport klaszterének globális klaszterezési együttthatói	30
13. ábra: Az 1. termékcsoport klaszter központjának karakterisztikája	31
14. ábra: A 2. termékcsoport klaszterének globális klaszterezési együttthatói	31
15. ábra: A 2. termékcsoport klaszter központjának karakterisztikája.....	32
16. ábra: A 3. termékcsoport klaszterének globális klaszterezési	32

17. ábra: A 3. termékcsoporthoz tartozó klaszter központjának karakterisztikája.....	33
18. ábra: Termékcsoporthoz tartozó rezilienciája	34
19. ábra: Termékcsoporthoz tartozó rezilienciájának tipikus karakterisztikája	34
20. ábra: Az 1. klaszter a termékcsoporthoz tartozó reciprocitásának	35
21. ábra: Az 1. klaszter a termékcsoporthoz tartozó reciprocitásának tipikus karakterisztikája.....	36
22. ábra: Az 2. klaszter a termékcsoporthoz tartozó reciprocitásának	36
23. ábra: Az 2. klaszter a termékcsoporthoz tartozó reciprocitásának tipikus karakterisztikája.....	36
24. ábra: Az UBCG hálózat asszortativitása	38
25. ábra: A véletlenszerű támadások okozati összefüggései.....	40
26. ábra: A szisztematikus támadások okozati összefüggései.....	40
27. ábra: Bilaterális aszimmetria ok-okozati összefüggése.....	43
28. ábra: Reciprocitás ok-okozati összefüggése.....	44
29. ábra: Befok centralitás karakterisztikái	46
30. ábra: Kifok centralitás karakterisztikái.....	47

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Dr. Kosztyán Zsolt Tibornak, aki szakértelmével, hasznos magyarázataival és a konzultációk során biztosított elengedhetetlen tanácsaival hatalmas segítséget nyújtott a dolgozatom elkészülésében.

Köszönöm még Harta Péternek és Szigetvári Zsoltnak, PhD hallgatóknak a dolgozat készítése során adott hasznos ötleteiket és jó tanácsaikat.

Bevezetés

Különböző hálózatok vannak körülöttünk és mi magunk is, mint különálló egyének egy társadalmi-kapcsolati hálózatnak a részei vagyunk, vagy egy összetett biológiai rendszer eredménye, amely a biokémiai reakciók hálózatából épül fel. E két példa alapján is a hálózatok lehetnek fizikai (kézzelfogható) és nem fizikai értelemben vett hálózatok. Az euklideszi térben hálózatnak tekintjük az autópályákat, elektromos hálózatokat (huzalokat), internetet és neurális hálózatokat, míg az absztrakt térben a közösségi hálózatokat és az egyének közötti kapcsolatokat (Boccaletti, 2006). Ezeknek a kapcsolatoknak a tanulmányozása a Leonhard Euler féle gráfelméletből (1736) és az 1920-as években megjelent közösségi hálózatok elemzésekből továbbfejlődött komplex hálózatok az elmúlt két évtizedben nagy jelentőséget kaptak. Számos neves kutató, mint Garlaschelli (2004), Fagioli (2010), De Benedict (2011) és Newman és Barabási (Newman, 2006) egy olyan komplex hálózati struktúrát kutatnak, amelyek szerkezete szabálytalan, összetett és időben folyamatosan változik. Vagyis dinamikusan fejlődő valódi hálózatokat térképeznek fel komplex topológiákon keresztül és modelleznek, amelyek segítségével kimutatták, az egyes csomópontok (egyének, közösségek) közötti kapcsolódás fontosságát a hálózat robusztusságára és a külső zavarokra (véletlenszerű hibákra, vagy célzott támadásokra) való reagálásra. Erre a hálózatelemzés tudománya épül, amely az interdiszciplináris jellegéből adódóan könnyen adaptálhatóak más tudományterületekre, mint genetikai hálózatok (Kauffman, 1992), neuronhálózatok felépítése (Strogatz, 2001), ökoszisztémák felépítése (Alon, 2003), állatok mozgása (Vicsek, 1995), pletykák terjedése (Szvetelszky & Bodor-Eranus) és társadalmi hálózatok (Karaivanov, 2020), digitális kommunikáció (Hallikas, 2008), nemzetközi kereskedelem (Garlaschelli & Loffredo, 2005), közlekedés (Zhang M. H., 2022) és pénzügyi piacok (Anderson, 2018).

Bár maga a rendszer igen strukturált és bonyolult, mégis helyi és globális sokkok, válságok könnyen zavart okozhatnak. World Economic Forum (2017) alapján ilyen hatást a gazdasági és pénzügyi válságok, a politikai instabilitás, a környezeti katasztrófák és járványok váltanak ki. Köszönhetően az ellátási lánc szinten történő sokkterjedésnek (Baldwin, 2020), ezek a sokkok/válságok hullámszerű hatásként (Ivanov D. D., 2017) befolyásolják az eltérő országok termelését és károsítják azok exportját és/vagy importját, kihatva ezzel is a hétköznapi fogyasztók vásárlási szokásaira. Mértékük igen erősen függ az egyes hálózati struktúrák különbségeitől, például a sűrűségtől és központi jellegtől (Greening, Disruptions and supply networks: a multi-level, multi-theoretical relational perspective, 2011). Ezenkívül a

kereskedelmi hálózatok alakja folyamatosan változik a szolgáltatások egyre növekvő szerepe következtében Carvalho (2014) és (OECD, 2018) és az automatizálás fejlődése miatt, veszélyeztetve a világkereskedelmi rendszer stabilitását Carvalho (2014).

A különböző sokkok és válságok terjedése készteti a kutatókat, hogy teljeskörűen vizsgálják a kereskedelmi hálózatok, hogy azokból tanulva a következő válságokra fel tudjunk készülni, vagy akár előrejelzési javaslatok, módszerek segítségével elkerülni. Ellátási lánc szinten a kereslet előrejelzésére már vannak módszerek, mint Belhadi (2021) tanulmánya, sőt az Eurostat kifejlesztett egy konkrét Korai Figyelmeztető Rendszert (Early Warning System – EWS), amely a multinacionális vállalatokat (MNE) adatait figyeli különböző bankokkal összehangolva (Eurostat, Early Warning System, 2023). Viszont a legjobb tudomásom szerint nincs olyan tanulmány, amely a termék kereskedelemről kiindulva hálózatelemzési módszerekkel próbál előrejelzési módszer javaslatokat tenni.

Így az itt bemutatott tanulmány célja, hogy országszinten vizsgálja a Nemzetközi Kereskedelmi Hálózatokat (International Trade Network – ITN) és a köztük létrejött bilaterális kereskedelmet a legfontosabb iparágak termékféleségeinek és azok exportáló/importáló országainak kimutatásával, illetve a komplex hálózatok módszerből ismert hálózati mutatók segítségével különböző minták és klaszterek feltárásával. Az elemzéshez a CEPII/BACI adatbázist adataiból dolgozunk.

Kutatásom során olyan kérdésekre keresem a választ, mint hogy 1) milyen karakterisztikái vannak a termékek/országok kereskedelmi hálózati mutatóinak az időben, 2) ezek a mutatók hogyan függnek össze egymással, vagy hogy 3) milyen termékcsoportokban történő változások játszanak legfontosabb szerepet egy gazdasági válság kialakulásában, sokkterjedésében. A tanulmány legnagyobb ereje a válságok kialakulásának és előrejelzésének jobb megértése lenne könnyen hozzáférhető adatok felhasználásával.

A Szakirodalmi áttekintés részben olvasható a nemzetközi kereskedelem vizsgálata, a hálózatelemzési módszer előnyei, központi termékek és iparágak, különböző zavarforrások, válság előrejelzési módszerek. Az adatok, adatbázis részben az általunk használt adatbázis kerül bemutatásra és az előnyei a többihez képest. Majd a Módszertanban részletezem a használt eljárást. Míg az Eredmények és elemzés részben pedig bemutatásra kerülnek az eredmények, amelyből következtetéseket vonok le. Majd az Összefoglalóban összegzem a tanulmányban megismerteket.

1. Szakirodalmi áttekintés

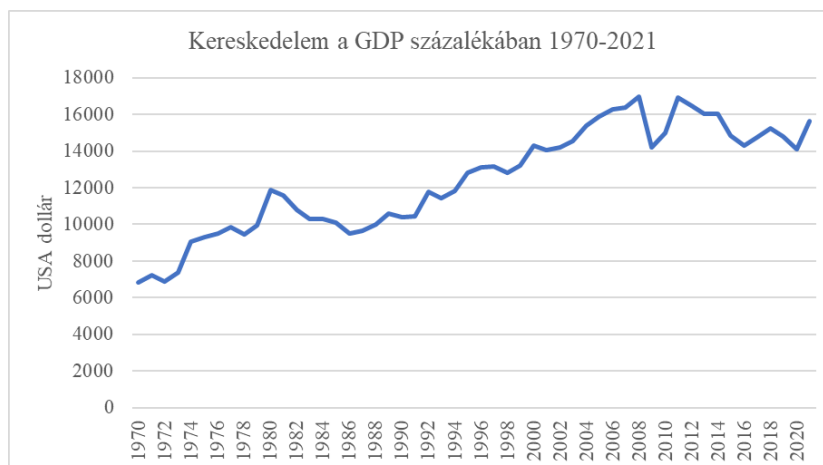
A kutatáshoz felhasznált tanulmányokat a Kosztyán-féle SIMILAR-módszer (2021) alapján határoztam meg. A módszert követve a témában legfontosabb szakirodalmakat kezdetben a Scopus segítségével kerestem meg (metastruktúra-keresés), majd a releváns tanulmányok hivatkozáslistáját felhasználva megnéztem a hivatkozási kapcsolatokat (idézettségi hálózat feltérképezése). Az eddig összegyűjtött tanulmányok közül szelektáltam az irreleváns tanulmányokat a cím, az absztrakt és az előre meghatározott kulcsszavak (komplex hálózatok, ITN/WTW/WTN, kereskedelem, válság) alapján (relevancia-vizsgálat), majd az összes tanulmányt felülvizsgáltam, hogy illeszkedik-e a metastruktúrához (osztályozás). Így sikerült a hivatkozási hálót feltérképeznem, amely segítségével sikerült a fontosabb szakirodalmakat azonosítani.

Ezek alapján olyan tanulmányokat határoztam meg, amelyek leírják a komplex hálózatok fejlődését, vizsgálják a nemzetközi kereskedelmi hálózatokat különböző szempontok alapján és elemzik a lehetséges zavarokat a hálózaton belül. Így a Szakirodalmi áttekintés fejezetben a következők olvashatóak: Nemzetközi Kereskedelmi Hálózat felépülése és vizsgálására szolgáló hálózatelemzési módszer (középpontjában az ITN), központi termékek és iparágak az elmúlt évtizedekben, és felmerülő zavarok és válságok szerepe.

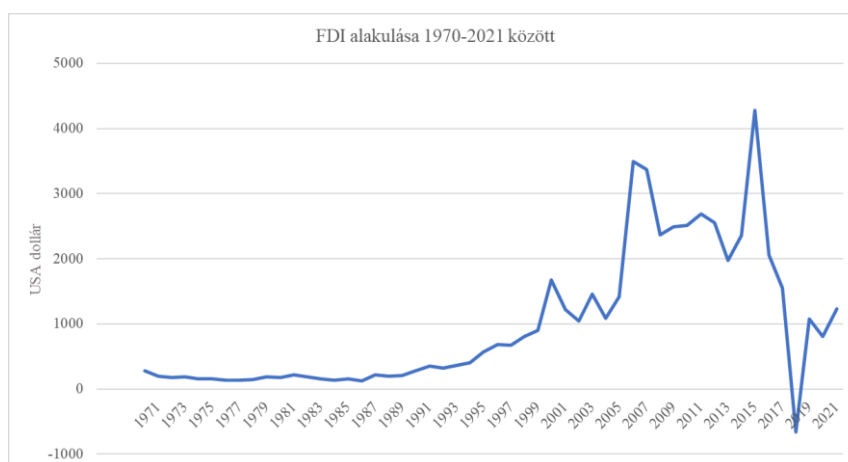
1.1 Nemzetközi Kereskedelem vizsgálata

A nemzetközi kereskedelem egyre növekvő szerepe miatt érdemes különböző elemzéseket végezni, hogy a kialakulását és a fejlődését megismerjük. Ehhez ez a fejezet rész nyújt segítséget, amelyben bemutatásra kerül a nemzetközi kereskedelem és az elemzésére felhasznált adatok, módszerek.

A nemzetközi kereskedelem a definícióját tekintve olyan közvetítő eszköz, amely az országok között létrejött export és import kapcsolatokon keresztül összeköti a világ összes gazdaságát (Krugman, 1995) és a globalizáció révén a kialakult kapcsolatokat elmélyíti, ezáltal az országok között nagyobb függőséget és összetettséget kialakítva (Christopher, 2011). A globalizáció kimutatására a szakirodalom a világkereskedelem GDP-hez viszonyított százalékos arányát és az FDI áramlások tendenciáinak megfigyelését javasolja.



1. ábra: Kereskedelem a GDP százalékában
Forrás: (WorldBank, Merchandise trade (% of GDP), 2023)



2. ábra: FDI alakulása
Forrás: (WorldBank, 2023)

A két ábra bemutatja, hogy a kereskedelem folyamatosan bővül, egyre több szereplővel rendelkezik, viszont a válságok erőteljesen kifejtik a hatásait különböző visszaesésekkel (lásd 2008-as és 2019/20-as válság esetén). Ezért is fontos a kereskedelem részletes vizsgálatával foglalkozni, amely segít megérteni a globális események, mint sokkok és válságok következményeit, esetlegesen az előzményeit.

Az elemzésekhez számos ingyenesen elérhető adatbázis, mint The World Bank (2023), Eurostat (2023), UN Comtrade Adatbázis (2023), CEPII/BACI adatbázis (2023) szolgáltat különböző, országszintű adatokat, mint export-import, GDP, népesség számának alakulásával. Bár számos tanulmány a kereskedelem elemzésére az országonkénti GDP-t, államadósságot, magánfogyasztásokat, munkaerőhiányt, trade flow-t, vagy FDI-ket használja (OECD, 2021) mégsem írják le olyan jól a nemzetközi kereskedelmet. Hiszen egy ország nem tekinthető kizárólagosan egy adott termék egyedüli beszállítójának vagy vevőjének (Koopman, Powers,

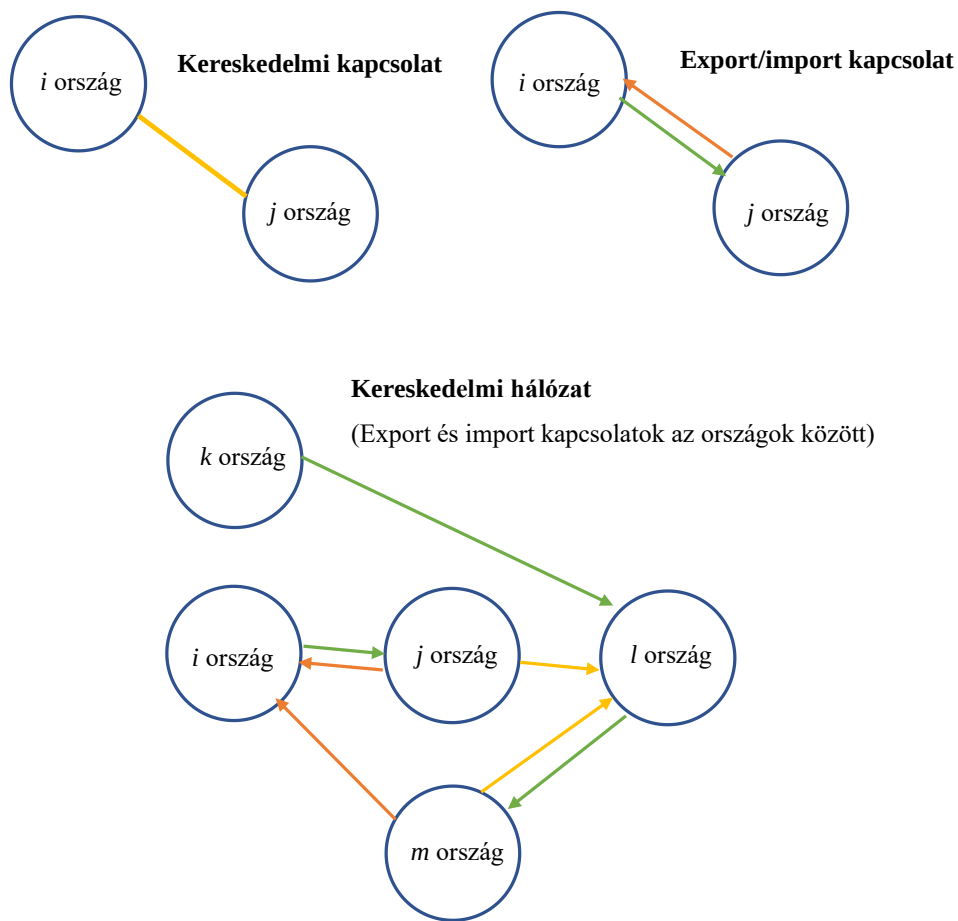
Whang, & Wei, 2010), (Escaith, 2014) (De Benedictis L. N., 2014), ezért célszerűbb az export-import adatokkal foglalkozni. Erre számos módszert fejlesztenek és használnak a kutatók, például CONCOR algoritmust Smith és White (1992), Heckscher-Ohlin modellt Baskaran (2011), SNA-módszert (Social Network Analysis) Herczeg és Vastag (2010), gravitációs modellt Squartini, Fagioli és Garlaschelli (2011) és a Komplex Hálózatelemzési módszereket (Complex Network Analysis) (Fagiolo G. , 2013).

Mindegyik módszer alkalmazható a kereskedelem elemzésére, viszont a kutatásom szempontjából a legjobbnak mégis a Komplex Hálózatelemzés bizonyult, a következőkben bemutatott előnyei miatt. Ahogy a Bevezetésben említésre került a komplex hálózatelmélet széles körű elterjedésével egyre több kutató érdeklődik a komplex hálózatelmélet nemzetközi kereskedelemre való alkalmazása iránt világszerte. Az implementáláshoz Garlaschelli (2004), Fagioli (2010), De Benedict (2011) és Newman és Barabási (Newman, 2006) munkásságuk is nagy mértékben hozzájárult és bizonyítják, hogy a Hálózatelemzés (továbbiakban NA) alkalmazásával feltárható az országok közötti kapcsolat és a kereskedelmi országok több közösségre, klaszterre oszthatók és a különböző hálózatelemzési eszközök használatával (lásd később) az egyes országok szerepe és a kereskedelmi országok státusza, központi jellege is kimutatható (Fan Y. R., 2014). Ez azt jelenti, hogy a központi országok megmutatják, hogy melyek azok az országok, amelyek nagymértékben kapcsolódnak (közvetlenül és közvetve egyaránt) egymáshoz és befolyásolják a kereskedelmi hálózatot, és fordítva, azok az országok, amelyek gyenge kapcsolatokat mutatnak más országokkal, azoknak kevésbé befolyásos a szerepük a hálózaton belül. Az NA további előnye, hogy elemzi a nemzetközi kereskedelmi hálózat alakulását és ezáltal megkönnyíti a nemzetközi kereskedelem megértését, mivel ez a módszer képes dinamikusan elemezni a nemzetközi kereskedelmi hálózatot a maga egészében vagy részekre bontva (Iapadre, 2014) és képes magát a növekedést is kimutatni (Sbardella, 2018). Illetve a globális kereskedelemben lévő potenciális sokkok következményeinek teljesebb feltárását is lehetővé teszi, szemben az országszintű klasszikus kereskedelemelméleti elemzésekkel vagy a gravitációs modellekkel (Korniyenko, Pinat, & Dew, 2015). Utóbbit nagy számban használják a kereskedelem elemzésére, viszont a gravitációs modell ellen szól az az érv, hogy nem képes az kereskedelem szerkezetét olyan jól reprodukálni (Mastrandrea, 2014). Összességében a komplex hálózatelemzési módszert választom, mert a tanulmányomban a kereskedelmet szeretném vizsgálni különböző hálózati mutatókkal és segítségükkel feltárni, illetve előre jelzési javaslatot tenni a sokkok, válságok lehetséges kialakulására.

1.2 Nemzetközi Kereskedelmi Hálózat

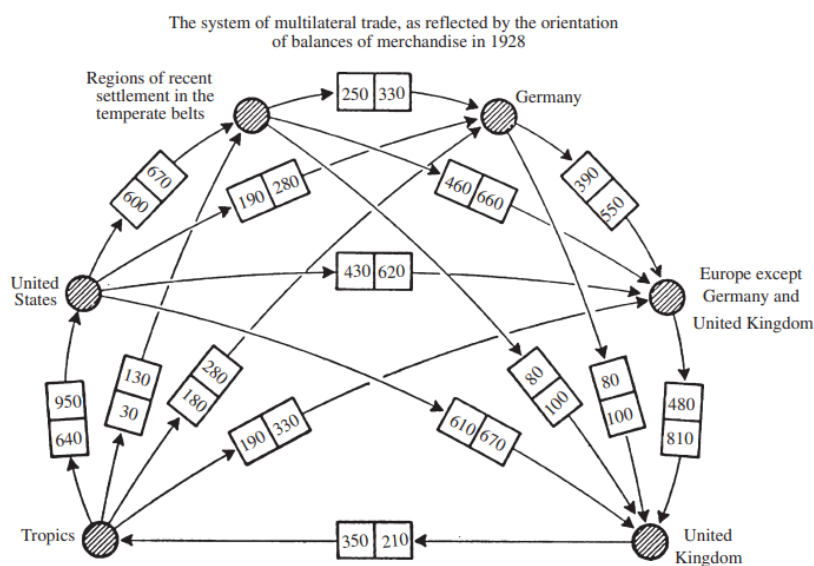
Számos tanulmány foglalkozott a nemzetközi kereskedelemmel, mint komplex hálózati rendszerrel, ahol magát a nemzetközi kereskedelmet a következőképpen határozták meg. A nemzetközi kereskedelem egy olyan hálózat, amely csomópontokból (a kereskedelmi egységekből, pl. országokból) és csúcsokból (a kereskedelmi forgalomból) áll (De Benedictis L. &, 2011), (Carvalho & Tahbaz-Saleh, 2019). Mint komplex hálózatot, Nemzetközi Kereskedelmi Hálózatnak (International Trade Network – ITN) (Fagiolo G. , 2013), vagy másnéven Világkereskedelmi Hálózatnak (World Trade Network – WTW) nevezzük (The Network of World Trade, 1942) és (Garlaschelli & Loffredo, Structure and evolution of the world, 2004). Másik szempontból kiindulva a nemzetközi kereskedelem szereplői és a köztük kialakult kapcsolat a következőképp határozható meg: adott i -edik ország (csúcspont) termékeket importál j -edik országból t -edik évben, akkor a köztük lévő (i,j) kapcsolat (él) a két ország közti export-import viszonyt határozza meg (De Benedict & Tajoli, 2011). A csúcspontok közötti kapcsolatot lehet bináris vagy súlyozott, ahol a hangsúly a bináris kapcsolat esetén a kereskedelmi kapcsolatok ontológiáján (partnerek száma) van, függetlenül azok mértékétől; míg a súlyozott kapcsolat esetén maga a kapcsolat intenzitása, súlya (export/import mennyisége, értéke) a lényeges (De Benedict & Tajoli, 2011). Ebben a modellben az országok közti kereskedelem egy irányított hálózat, ahol élek iránya megegyezik a termékek áramlásának irányával (Merza, és mtsai., 2016). Ezek alapján a nemzetközi kereskedelem könnyen leírható strukturált hálózatokként (Zhang H. Y., 2014), (Vidmer, Prediction in complex systems: The case of the international trade network., 2015) és ábrázolható a belső rendszere gráfokkal (Serrano & Boguñá, 2003), (Garlaschelli & Loffredo, Patterns of Link Reciprocity in Directed Networks, 2004)

A következő ábrán két fiktív ország és a köztük létrejött kapcsolatok és a belőlük kialakult kereskedelmi hálózat (adott évben) láthatók (2013) alapján:



3. ábra: Kereskedelmi hálózat kialakulása
Forrás: Saját szerkesztés Fagiolo (2013) alapján

A következő képen egy konkrét kereskedelmi hálózat látható, amely a 2. Világháború előtti, 1928-as nemzetközi kereskedelmet szemlélteti (Hilgerdt, 1942).



4. ábra: Kereskedelmi hálózat 1928-ban
Forrás: Hilgerdt (1942)

Ahogy az ábrák is mutatják, a csomópontok az adatok ontológiáján alapulva kapcsolódnak egymáshoz, kialakítva ezáltal a hálózatot. A gráfokból következtetni lehet a csomópontok közötti kapcsolatra, például hierarchiára, klaszterre, típusra stb. Általában az elemzésekor a gráfok a gráfon belüli csomópontok közötti kapcsolatot veszik figyelembe és a gráf egy része (a csomópontok és a hozzájuk tartozó élek egy részhalmaza) vesz részt egy adott következtetésben.

1.2.1 Hálózati mutatók

A nemzetközi kereskedelmi hálózat, mint komplex rendszer fejlődésének és az eltérő sokkhatások következményeinek megértéséhez és elemzéséhez a következőkben bemutatott hálózati mutatók segítenek.

A hálózati mutatókat alapvetően két főcsoportba lehet sorolni: csomópont alapú és hálózat-szintű mutatók, attól függően, hogy milyen szinten szeretnénk a vizsgálatokat elvégezni (Zhu, 2023). A mutatók általános leírásában a hálózat elemzés magyar iskolájának neves tagjainak tanulmányait veszem alapul: Barabási-Albert László (Behálózva: A hálózatok új tudománya: hogyan kapcsolódik minden egymáshoz, és mit jelent ez a tudományban, az üzleti és mindennapi életben, 2003) (A hálózatok tudománya: 2006), (Villanások – a jövő kiszámítható, 2010). Albert Réka (Emergence of Scaling in Random Networks, 1999), Bollobás Béla (Graph Theory: An Introductory Course, 1979), Lovász László (Large Networks and Graph Limits, 2012), Csermely Péter (A rejtett hálózatok ereje, 2005), Kertész János (Clustering in complex networks, in Complex Networks, 2004).

Csomópont alapú mutatók, amely a vizsgálat során használatra kerülnek:

- Csomópont aszimmetria (Node Asymmetry): Azt méri, hogy egy adott csomópont a hálózaton belül mennyire hasonlít más csomópontokra azáltal, hogy összehasonlítja a csomópont tulajdonságait az átlagos tulajdonságokkal.
- Közösségi centralitás (Betweenness Centrality): Azt méri, hogy egy adott csomópont mennyire fontos a hálózatban a különböző közvetítő szerepei miatt. A közvetítő szerep azt jelenti, hogy egy adott információ milyen gyorsan jut el (milyen rövid úton ér el) egy másik csomóponthoz.
- Legrövidebb Utak (Shortest Paths): A leggyorsabb, vagyis a legrövidebb út hosszát méri, amelyen egy csomópont elérheti egy másik csomópontot a hálózatban.

- Harmonikus Centralitás (Harmonic Centrality): Azt méri, hogy egy adott csomópont mennyire központi szerepű a hálózatban azáltal, hogy az összes többi csomóponthoz mérten mennyi időbe telik eljutni az adott csomópontra.
- Sajátvektor centralitás (Eigenvector Centrality): Azt méri, hogy mennyire fontos egy adott csomópont a hálózatban, figyelembe véve azon csomópontok fontosságát, amelyekkel a csomópont közvetlenül kapcsolódik. Az sajátvektor centralitás azoknak a csomópontoknak ad magas értéket, amelyek magas fontossággal rendelkeznek, és amelyekkel sok más fontos csomópont van kapcsolatban.
- Csomópont Magasság (Node Coreness): Azt méri, hogy egy adott csomópont mennyire kapcsolódik közvetlenül a hálózat legfontosabb csomópontjaival, vagyis a magas csomópontmaggal rendelkező csomópontokkal.

Hálózat-szintű mutatók:

- Skála független hatás (Scale Free Property): Azt méri, hogy a hálózat mennyire követi a skála-független tulajdonságokat. Ez azt jelenti, hogy a hálózatban található csomópontok száma egyre több csomóponthoz kapcsolódik, kialakítva a stabilitást a nagy mértékű robusztusságon keresztül, vagyis a kereskedelmi biztonságot mutatja meg a hatékony összeköttetés fenntartásával (De Benedictis L. &., 2011).
- Asszortativitás (Assortativity): Azt méri, hogy a hálózatban található csomópontok mennyire kapcsolódnak azonos vagy eltérő tulajdonságokkal rendelkező csomópontokhoz.
- Összekapcsoltság (Connectivity): Azt méri, hogy a hálózatban található csomópontok mennyire és hogyan összekapcsolódnak egymáshoz.
- Klaszterezettség (Clustering): Azt méri, hogy mennyire összetett a hálózat, vagyis, hogy a csomópontok csoportokba rendeződnek-e a hálózaton belül. A magas klaszterezettség azt jelenti, hogy a hálózatban található csomópontok nagyobb valószínűséggel kapcsolódnak egymáshoz, mint más csoportokban találhatóakhoz.
- Reziliencia/Rugalmasság (Resilience): Azt méri, hogy a hálózat mennyire ellenálló a változásokkal szemben. A magas reziliencia azt jelenti, hogy a hálózat képes ellenállni a zavaroknak, mint a csomópontok kiesésének vagy a hálózat struktúrájának változásának. Fordított esetben pedig mennyire nem ellenálló a zavarokkal szemben.
- Robusztusság (Robustness): Azt méri, hogy a hálózatban található csomópontok mennyire kapcsolódnak egymáshoz, vagyis mennyire képeznek csoportokat.

- Centralizáció (Centralization): A csomópontok (vagy csomópontok csoportjai) fontosságát méri a hálózatban. A centralitás értéke azt mutatja meg, hogy mennyire fontos vagy befolyásos egy adott csomópont a hálózatban.
- Magasságrend/ magassági fokszám (Coreness): Azt méri, hogy a hálózatban található csomópontok mennyire kapcsolódnak a magas csomópontmaggal rendelkező csomópontokkal.
- Aszimmetria (Assimetry): Azt jelenti, hogy a hálózatban lévő csomópontok vagy kapcsolatok nem egyenlőek vagy nem szimmetrikusak. Két fajtát különböztetünk meg: bilaterális (kétoldalú) vagy multilaterális.
 - o Bilaterális: két csomópont közötti kapcsolat irányított, és az egyik csomópontnak van egy másik csomóponttal való kapcsolata, míg a másik csomópontnak nincs.
 - o Multilaterális: két csomópont közötti kapcsolat több irányba is mutat, és az egyik csomópontnak van egy másik csomóponttal való kapcsolata, míg a másik csomópontnak is van egy másik csomóponttal való kapcsolata.
- Reciprocitás/Kölcsönösség (Reciprocity): Azt mutatja meg, hogy a kapcsolatok mennyire kölcsönösek a hálózatban. Magas reciprocitás esetén a kapcsolatok jelentős része kölcsönös, míg alacsony reciprocitás esetén a kapcsolatok többsége pedig irányított. Másképp kifejezve, a hálózati kölcsönösség a hálózati struktúrákon keresztül történő együttműködés fokozására utal. Ez kétféleképpen értelmezhető: a fontos pozíciókat betöltő alanyok együttműködőbbek, mint mások (Molesti, 2017) és/vagy az alanyok kooperatív klasztereket alkotnak, hogy elkerüljék a dezertálók behatolását (Melamed, 2018).

1.2.2 ITN vizsgálata

A komplex hálózatelemzésen alapuló korábbi tanulmányok inkább a kereskedelmi hálózat szerkezeti jellemzőit és fejlődési mintáit tárták fel (Garlaschelli & Loffredo, 2005) és (Grassi, 2023). (Garlaschelli & Loffredo, Fitness-Dependent Topological Properties of the World Trade Web, 2004), (Fagiolo G. , 2021) és (Piccardi & Tajoli, 2018) tanulmányaikban elemezték a globális kereskedelem topológiai jellemzőit: fokszám eloszlást, klaszterezettséget és kölcsönösséget. (Fagiolo G. R., In the topological properties of the world trade web: A weighted network analysis, 2008) , (De Benedict & Tajoli, 2011) és (Fagiolo G. R., 2010) kutatásaikban alkalmazták a fok-centralitást, közelségi-centralitást és a köztességi- centralitást a kereskedelmi minták és a hálózaton belül az országok helyzetének meghatározására. Ezekből

és más szakirodalmakból kiderül, hogy minden gazdaság növelte az export és import kapacitását és ezáltal köztük lévő kereskedelmi forgalom is nőtt. Az ITN kapcsolatai folyamatosan növekszik, bár 2013 után kissé csökkenésnek indult (Liu, 2022), mégis a korábbiakban centralizált országok maradtak ugyanúgy a hálózat középpontjában. Viszont az ITN az idővel sűrűbbé vált, mégis csak néhány ország körül van a legtöbb kereskedelmi kapcsolat. Ez a skálafüggetlenség hálózati tulajdonságot bizonyítja, amely erős robusztusságot mutat az országok között (Barabási, Albert, & Jeong, Error and attack tolerance of complex networks, 2000).

Az elemzések során változó méretű klaszterek, csoportok jönnek létre, amelyekbe olyan országok tartoznak, amelyek egymás közti kereskedelem jóval nagyobb, mint az, amit a klaszteren kívüli országokkal bonyolítanak (Merza, és mtsai., 2016). Ezek a csoportosulások gazdasági egyensúlytalanságot, aszimmetriát alakítanak ki, amelyek kialakulásában a történelmi, társadalmi, földrajzi okok mellett a sokkok, válságok hatására kialakuló, eltérő sokkterjedés is fontos szerepet játszanak (Iloskovics & Sebestyén, 2021). Tehát a gazdasági hálózat jellemzően aszimmetrikus vagy magas centralitású hálózatként tekinthető, amely középpontjában egy, vagy néhány vezető ország áll (Kano, 2018). Ezek az aszimmetriák gyakran tükröződnek a kétoldalú kereskedelmi egyensúlytalanságokban, amelyek befolyásolják az egyes országok kereskedelmi helyzetét (Duenas & Fagiolo, 2013) és bár a kereskedelempolitikai döntéshozók próbálják ezen sűrűségeket mérsékelni, mégis zavarokat tudnak okozni a hálózaton belül. Ezek a zavarok, támadások igen könnyen tovább tudnak terjedni egy instabil hálózaton belül (Baldwin, 2020) és ha az inputáramlási hálózat aszimmetrikus, akkor a sokkok nem oszlanak el jól a rendszer egészében és minden résztvevőre kihathat (Acemoglu, 2012), így inkább az országok sokkot terjesztő vagy elnyelő tulajdonságai erősödnek csak fel (Iloskovics & Sebestyén, 2021). Így a központi országok közvetlen és közvetett kapcsolatai nagy szerepet játszanak a világgazdaság további alakulásában (Criscuolo & Timmis, 2018), hiszen a „szomszédos” országok közvetlen sokk-átadó hatása válság idején erőteljesen fokozódik (Grant & Yung, 2017).

A központi országok növekvő szerepe és a hálózaton belüli sokkterjedés miatt igen fontossá vált az olyan módszerek kifejlesztése, amelyek a hálózaton belül előre jelzési javaslatok tesznek különböző hálózati topológiai tulajdonságok megbecsülésére (Tuninetti, 2017), vagy idősoroskapcsolati előrejelzésre (Huang & Lin, 2008), (Distefano, 2020), vagy jövőbeni növekedés előrejelzésére (Hidalgo & Hausmann, 2009). Kutatók különböző módszereket hasonlítanak össze, hogy melyik lehet jobb a hálózati előrejelzésekben (Distefano, 2020), például a hálózati

forgalom előrejelzésére, a jövőbeli kapcsolatok előrejelzésére és a jelentős csomópontok azonosítására (Liao, 2017), vagy szimulációs technikákat fejlesztenek, hogy könnyebben és gyorsabban fel lehessen tární pl. egy járványnak a rövid és hosszú távú hatásait (Ivanov D. , 2020), és meghatározzák a legkritikusabb forgatókönyveket a hálózaton belül (Manrique-de-Lara-Peñate, 2022). Zhu (2023) a szakpolitikai hatásokat elemzi a hálózaton belül, míg Korniyenko, Pinat és Dew (2015) módszertana alkalmazható az exportörök természeti katasztrófákból és politikai instabilitásból vagy konfliktusból adódó negatív hatásainak megbecsülésére. Yang, Lee és Chang (2023) tanulmánya az export és importalapú gazdaságok kereskedelmének előrejelzését mutatja be. Az exportkosarak jövőbeni alakulására is vannak becslések, hogy melyek lehetnek azok a termékek, amelyeket az adott ország nagyobb valószínűséggel exportálni fog (Hidalgo, Klinger, Barabási, & Hausmann, 2007), (Vidmer, 2015). A kereskedelmi adatok és azok hálózatként történő elemzése pedig a strukturális gyengeségek és a kockázatos termékek azonosítására is alkalmas (Reiter, 2023).

1.2.3 Központi országok, iparágak és termékek

Az előbb említett tanulmányok részben a központi országok és termékek azonosításával foglalkozik, így 6 olyan tanulmányt azonosítottam, amelyek komplex hálózat elemzési módszerek segítségével határozták meg, azokat a termékcsoportokat, amelyek központi szerepet játszanak a kereskedelemben: Foerster, Starte és Watson (Sectoral versus Aggregate Shocks: A Structural Factor Analysis of Industrial Production, 2011), Criscuolo és Timmis (GVCS and centrality: Mapping key hubs, spokes and the periphery, 2018), Squartini, Fagioli és Garlaschelli (Randomizing world trade. I. A binary network analysis, 2011), Korniyenko, Pinat és Dew (Assessing the Fragility of Global Trade: The Impact of Localized Supply Shocks Using Network Analysis, 2015), Reiter (Assessing the importance of risky products in international trade and global value chains, 2023), OECD (Global Value Chains: Efficiency and Risks in the Context of COVID-19, 2021) és Barigozzi, Fagiolo és Garlaschelli (Multinetwork of international trade: A commodity-specific analysis, 2010) tanulmányaik.

A következő táblázat az előbb említett kutatások által meghatározott központi termékcsoportokat foglalja össze, kezdve az 1970-es évektől egészen 2019-ig. A táblázatban a termékcsoportok kódja a HS rendszerből származnak, amelyek részletes megnevezése a Mellékletben olvashatók.

1. táblázat: Központi termékek meghatározása

	1972-83	1984-2007	1995	2003	2003-2014	2005	2010	2011	2016	2019
1.	27	27	27	27	39	30	84	27	30	30
2.	39	29	28	29	40	61	85	28	61	39
3.	49	39	29	30	73	72	87	29	72	84
4.	72	49	49	39	84	73	90	49	73	85
5.	73	73	84	72	85	87		71	85	88
6.	74	84	85	84	87	85		84	87	90
7.	84	85		85	88			85		
8.	85	87		87	93					
9.	87	88		90						
10.				93						

Forrás: Saját szerkesztés Foerster, Starte és Watson (2011), Criscuolo és Timmis (2018), Squartini, Fagioli és Garlaschelli (2011), Korniyenko, Pinat és Dew (2015), Reiter (2023), OECD (2021) és Barigozzi, Fagiolo és Garlaschelli (2010) alapján

Megfigyelhető, hogy a 1970-es és 80-as évektől kezdve a 27- Ásványi tüzelőanyagok, ásványi olajok és desztillációs termékek (olaj, gáz) , 30- Gyógyszerészeti termékek , 49- Nyomtatott könyvek, újságok, képek és egyéb nyomdai termékek, 61- Textíliák, 84- Atomreaktorok, kazánok, gépek és mechanikus berendezések; ezek részei, 85- Elektromos gépek és berendezések és ezek alkatrészei; hangrögzítők, 87- Járművek; a vasúti vagy villamosvasúti járművek kivételével, valamint alkatrészei és 88- Repülőgép, űrhajó és ezek részei termékcsoportok egészen 2019-ig központi szerepet töltenek be. Oka, hogy ezek globálisan felhasználható termékek, amelyek a globalizáció előrehaladtával növekvő szerepűek.

A 3. táblázat a fentebb felsorolt termékcsoportokkal foglalkozik részletesebben. Minden termékcsoportnál meghatározásra került 5-5 ország a kereskedelmi nagyságuk (export + import) szerint, vagyis az a top 5 ország szerepel, amelyek a legtöbbet kereskedtek az adott termékekkel (De Benedict & Tajoli, 2011), (Eurostat, Globalisation patterns in EU trade and investment, 2017) (Amador, 2018) és (Criscuolo & Timmis, 2018), (Barigozzi, 2010) és (Kali, 2010) alapján. Továbbá az US SIC besorolás (2008) alapján és a termékek komplexitása (McKinsey&Company, 2019) szerint látható a táblázatban. Ezek a tanulmányok alapján a központi országok a világkereskedelemben a következők: USA, Németország, Kína, Japán,

Oroszország, amely a (Amador, 2018) cikket is igazolja, viszont 2011-hez képest feltörekedni látszik Franciaország, Hollandia és Olaszország.

A termékcsoportok komplexitását nézve, inkább a tőke/technológia intenzívebb termékek kerülnek központi helyre és azok az országok kereskednek velük, amelyeknek magas a kutatás-fejlesztési kiadásai és nagy számú kereskedelmi kapcsolatokkal rendelkeznek (Liu, 2022). De emellett az erőforrás és a munkaerő-intenzívebb termékek is megjelennek. Ezeknek a termékeknek majd az ipari gyártói meghatározásra kerültek az US SIC (2008) alapján. és különböző szakirodalmakat azonosítottam, amelyek a fejlődésüket és hálózati tulajdonságaikat összegzik.

2. táblázat: Központi iparágak

Tanulmány	Kiadás	Vizsgált iparág	Vizsgált időszak	Oka
(Cingolani, 2018)	2018	Textilipar és elektronikai ipar	2007 és 2014	2008-as válság következtében milyen változások történtek a hálózaton belül
(Du, 2017)	2017	Olajipar	2022-2013	Olajipar fejlődése
(Hernández García, 2022)	2022	Áruszállítás	2017	Az egyre növekvő szerepe miatti speciális hálózati struktúra feltárása
(Ramani, 2022)	2022	Autóipar	2010-2021	Covid-19 pandémia és a chiphiány következtében kialakult válság hatása az autóiparra
(Kim, 2013)	2013	Textilipar és élelmiszeripar (búza)	1992-2000	Hálózati struktúra feltérképezése

Forrás: Saját szerkesztés

Itt a legtöbbet tárgyalt iparágakra mutattam példákat, vagyis az élelmiszeriparra, textiliparra, olajiparra, autóiparra és elektronikai iparra. Ezekből a tanulmányokból kiderült, hogy ezek azok a központi iparágak, amelyekben belül, ha zavar történik, vagy külső hatásra probléma merül fel, akkor sokkok, vagy akár válságok is kialakulhatnak. Például Ramani (2022) tanulmánya alapján, a chiphiány az egész autóiparra nagy hatással van és ha a chiphez szükséges fémek elfogynak, akkor akár az egész autóipari termelés leállhat.

3. táblázat: Központi termékek

HS kódok	Jelentésük		Ország	Iparág (US SIC)			Komplexitás
27	Ásványi termékek	Ásványi tüzelőanyagok, ásványi olajok és desztillációs termékek (olaj, gáz)	SA, RUS, AU, UAE, IQ	B	06	Nyersolaj és földgáz kitermelése	Erőforrás-intenzív
28	Kémiai anyagok / termékek	Szervetlen vegyszerek; nemesfémek szerves és szervetlen vegyületei	USA, DEU, CHN, BE, NL	C	20	Vegyí anyagok és vegyipari termékek gyártása	Tőke-intenzív
29	Kémiai anyagok / termékek	Szerves vegyszerek			21	Gyógyszerek, gyógyászati vegyi és növényi termékek gyártása	
30	Kémiai anyagok / termékek	Gyógyszerészeti termékek					
39	Műanyagok és gumi	Műanyagok és ezekből készült áruk	USA, CHN,DEU, FR, JP		22	Gumi és műanyag termékek gyártása	Regionális működésű
40	Műanyagok és gumi	Gumi és ebből készült áruk					
49	Papír áruk	Nyomtatott könyvek, újságok, képek és egyéb nyomdai termékek	USA,CHN, DEU, CA, FR	C J	17 18	Papír és papírtermék gyártása Nyomtatás és sokszorosítás rögzített adathordozókon	
61	Textíliák	Ruházat és ruházati kiegészítők; kötött vagy hurkolt termékek	CHN, USA, DEU, JP, FR	C	13	Textilgyártás	Munkaerő-intenzív
71	Értékes fémek	Természetes, tenyésztett gyöngy; drágakövek; nemesfémek, nemesfémből készült termékek	CHN, USA, DEU, IT, FR	C	24	Alapfémek gyártása	Erőforrás-intenzív
72	Fémek	Vas és acél	CHN, CH, DEU, USA, HK				
73	Fémek	Vas- vagy acéltermékek	CHN, USA, DEU, IT, FR				
74	Fémek	Réz és ebből készült áruk					
84	Gépek	Atomreaktorok, kazánok, gépek és mechanikus berendezések; ezek részei	USA, CHN, DEU, JP, NL		28	Máshova nem sorolt gép, berendezés gyártása	Tőke-intenzív
85	Gépek	Elektromos gépek és berendezések és ezek alkatrészei; hangrögzítők	CHN, USA, DEU, MX, JP		27	Elektromos berendezések gyártása	
87	Szállítás, közlekedés	Járművek; a vasúti vagy villamosvasúti járművek kivételével, valamint alkatrészei	USA, DEU, JP, MX, CA		29	Gépjárművek, pótkocsik és félpótkocsik gyártása	
88	Szállítás, közlekedés	Repülőgép, űrhajó és ezek részei	FR, DEU, CHN, USA, UK		30	Egyéb közlekedési eszközök gyártása	
90	Műszerek	Optikai, fényképészeti, operatőr, orvosi eszközök	CHN, HK, USA, SG, KR		26	Számítógép, elektronikai és optikai termékek gyártása	
93	Fegyverek	Fegyverek és lőszer; alkatrészei és tartozékai	USA, RUS, FR, DEU, CHN			25	

1.3 Sokkok, válságok

Sokkok és válságok mindig is voltak és mindig is lesznek. Definíciójukat szerint olyan előre nem látható eseményeket értünk alattuk, amelyek veszélyeztetik az érdekelt felek (pl. országok) lényeges elvárásait az egészséggel, biztonsággal, környezetvédelemmel és gazdasági kérdésekkel kapcsolatosan, és amelyek komolyan befolyásolhatják a rendszer teljesítményét (Coombs, 2021). Mivel nem mindennap alakul ki sokk, válság egy gazdaságon belül, ezért nehéz velük naprakész kutatásokat megállapítani.

A válságra adott válaszok elemzéséhez megkerülhetetlen a válság okainak részletes feltérképezése. Egy erős válság kialakulását természetesen nem lehet egyetlen okra visszavezetni. A válsághoz vezető folyamat összetettsége és bonyolultsága miatt egyáltalán nem mindegy, hogy a hálózat résztvevői hogyan készülnek fel és reagálnak a problémákra (rossz reakció következtében akár súlyosbodhatnak is), ezért a kutatók inkább a kiváltó okait próbálják feltárni és különböző szempontok alapján elemezni.

A szakirodalom kiváltó okként a következő táblázatban szereplő tényezőket állapította meg, kiegészítve a természeti katasztrófákkal (pl. földrengések, hurrikánok, aszályok), környezeti balesetekkel (pl. szennyezés) (Gunessee, 2018) és járvány kitörésekkel (pl. Covid-19 pandémia) (Ivanov D. , 2020). A kockázati tényezőket két nagy csoportba sorolhatjuk, attól függően, hogy hol és milyen körülmények között alakulhatnak ki: vállalati, vagy ország szinten.

Ezek alapján főként olyan szektorok az érintettek, amelyeknek hatalmas a beszállító köre van és olyan termékeket gyártanak, amelyek központi szerepeket töltenek be. Tehát gyártásuk leállása termelési és logisztikai problémák miatt hatalmas zavarokat kelthetnek. Ilyen iparágak az autóipar, elektronikai ipar és élelmiszeripar. Ezenkívül még a pénzügyi szektor is nagy hatással van a gazdasági válságokra. Például a hitelválság és a bankok csődjei komoly hatást gyakorolhatnak a többi iparágra (Lai, 2023).

Vállalati szintű zavarok	Országsszintű zavarok
<u>Beszállítói problémák</u> Egyik leggyakoribb ok, ha a beszállítók valamilyen okból nem tudják az elvárt minőségű és mennyiségű termékeket, vagy szolgáltatásokat szállítani, ilyenkor alternatív beszállítókkal kell helyettesíteni a meglévőket (Sarkar, 2015). (Durugbo, 2022).	<u>Gazdasági túlfűtöttség</u> Ha az áruk és szolgáltatások iránti kereslet meghaladja azokat a termelési és szolgáltatási kapacitásokat, amelyek rendelkezésre állnak, a gazdaság túlfűtött lehet. A túlfűtött gazdaságban növekedhetnek az árak, bérék, az államháztartás deficitekbe kerülhet, és a gazdasági buborékok kialakulhatnak. Amikor ezek a buborékok lassan kiürülnek, a gazdaság hirtelen lelassulhat, aminek következtében a válság alakulhat ki. (Baghalian, 2013).
<u>Termelési problémák</u> A termelési folyamatok valamilyen okból megszakadnak vagy lelassulnak. Ez lehet géphiba, munkaerőhiány, belső szállítási probléma, sztrájk, üzemi baleset, IT meghibásodás. (Yang Y. P., 2017), (Griffith, 2019)	<u>Pénzügyi kockázatok</u> A pénzügyi rendszer instabilitása miatt alakulnak ki, oka az adósság nagy aránya, a banki rossz követelések és az árfolyam-kockázatok fokozódása okozhatja. Ezek a tényezők összegezve hozzájárulhatnak a pénzügyi válságok kialakulásához, hiszen a vállalatok csődbejelentést tesznek vagy felvásárolják őket (Lai, 2023), (Atadeniz, 2020)
<u>Minőségi problémák</u> Ha az áruk vagy szolgáltatások minősége nem felel meg az elvárásoknak, akkor nem is szállíthatóak. Ez lehet hibás termékek, rossz minőségű alkatrészek, hibás tervezés esetén visszahívásokra kerülhet sor (Ni, 2016) (Durugbo, 2022)	<u>Világgazdaság lassulása</u> Ha a nemzetközi kereskedelem visszaesik, az exportfüggő országok gazdaságai nehéz időket élhetnek át. A világgazdaság lassulása és az exportpiacok megszűnése nagy nyomást gyakorolhat a termelő és exportáló országok gazdaságára. (McKinsey&Company, 2019)
<u>Logisztikai és szállítási problémák</u> Az áruk mozgatása és a készletek kezelése során problémák merülnek fel: szállítás késése, a termékek eltűnése vagy megsérülése, a raktározási problémák, munkaeszközök meghibásodása, ütemezési hibák. (Dupont, 2018), (Fan Y. S., 2017) és (Maiyar, 2020)	<u>Politikai tényezők, terrortámadások</u> A politikai válságok, instabilitások és háborúk komoly hatást gyakorolhatnak a gazdaságra. A politikai bizonytalanság növekedése miatt az emberek visszatartják a kiadásait és befektetéseiket, ami negatív hatást gyakorolhat a gazdaságra. pl. Nemzetközi terror támadás 2001-ben (Sheffi, 2001) (Forum, 2017)

Forrás: Saját szerkesztés

A fent felsoroltak a legfontosabb kockázatok, zavarkeltő problémák, amelyek terjedése a globalizálódó világgazdaságban hatalmas veszélyt jelent. A szorosan összekapcsolt országok sérülékenyebbé válnak a lokálisan megjelenő zavarok, úgynevezett válságtünetekkel szemben

és a sűrűbben kialakult gazdasági kapcsolatrendszerek a különféle zavarok gyorsabb terjedéséhez vezethet (Iloskovics & Sebestyén, 2021). Oka, hogy a gazdaságok integráltabbá válásával a sokkok terjedését segítő csatornák erősödnek és a globális sokkok gyakrabban fordulnak elő, mint az egyéni, egy országban megjelenő sokkok (Doyle & Faust, 2005), valamint a kereskedelemről aszimmetria csak fokozza a hálózaton belüli sokk ingadozásokat (Hernández García, 2022). Bár a sokkok, zavarok ilyen széleskörű skáláját azonosították, a szakirodalom mégis azt mondja, hogy az ilyen zavarokat nehezen lehet megjósolni, hirtelen következnek be és a konkrét előrejelzésekhez inkább az adatok agilitását kellene növelni (Brintrup, 2020). A zavarok megléte, témája hasonlóak, viszont a hálózatra gyakorolt hatása eltérőek lehetnek, mivel különböző hálózati struktúrák (centralitás, sűrűség stb.) léteznek (Greening, disruptions and supply networks: a multi-level, multi-theoretical relational perspective, 2011). Így hálózat elemzés szempontból igenis fontos a különböző sokkok, válságok részletes vizsgálata.

Hálózatelemzésben a zavarkeltő problémákból a szakirodalom kétfajta különböztet meg: véletlenszerű (random) zavarok és célzott (szisztematikus) támadások. Egy kereskedelmi hálózatban a szisztematikus támadások célzott támadások formájában jelentkezhetnek, mint kereskedelmi akadályok vagy vámok, az ellátási lánc megszakadása, vagy olyan geopolitikai konfliktusok. Ezeknek a célja, a célzott termékek és országok kereskedelmében szándékosan problémát keltsen. A véletlenszerű támadásokat lehetnek természeti katasztrófák, gazdasági visszaesés vagy más, az egész hálózatot érintő események. Ha egy termék érzékenyebb a szisztematikus támadásokra, az azt sugallja, hogy a hálózat bizonyos sebezhetőségekkel vagy függőségekkel rendelkezik, amelyek miatt érzékennyé tesznek a célzott zavarokra. Például, ha egy kritikus nyersanyag csak néhány ország termel, akkor ezek az országok sebezhetőbbek lehetnek a termelésüket vagy szállításukat célzó szisztematikus támadásokkal szemben.

1.3.1 Válságok a vizsgálata

A válságok hatásainak vizsgálatára már számos tanulmány és módszer is született főként a 2008-as és 2020 válság idején és azt követően különböző témákat érintve.

Van olyan általános elemzés, amely a hasonlóságuk alapján csoportosítja a válságokat, főként a valószínűségük és hatásuk alapján egy 2-szer 2 mátrixban (OECD, 2023). Ahol a magas valószínűség és hatás egy kulcsfontosságú beszállító elvesztése, míg mindkét esetben az alacsony érték valamilyen negatív kimenetű természeti történés.

Hálózatelemzési módszerek segítségével is lehet vizsgálatokat végrehajtani. A 2008-as válságot követően (Glasserman, 2016) és (Jackson, 2017) meghatározták bankközi hitelezési hálózat központi bankjait, vagyis azonosították a kockázatos bankokat, amely segítségével javaslatot tudnak tenni, hogy mely bankok igényelhetnek mentőcsomagot a pénzügyi válság elkerülése érdekében. Illetve kimutatták, hogy az ITN sűrűbben kapcsolódik, mint a Nemzetközi Pénzügyi Hálózat (International Financial Network – IFN), vagyis a pénzügyi eszközök kereskedelmének nagy része néhány, csomópont szerepű országon keresztül zajlik. Ez a fajta struktúra magyarázatot ad arra, hogy a 2008-as pénzügyi válság miért terjedt el gyorsan a fejlett országok között, míg a feltörekvő piacokat csak a második szakaszában érte el. (Schiavo, 2010). A COVID-19 pandémiát követően a szimulációs technikák indultak fejlesztése indult nagy fejlődésnek, hogy hogy könnyebben és gyorsabban fel lehessen tární pl. egy járványnak a rövid és hosszú távú hatásait (Ivanov D. , 2020)

A szakirodalom megjegyzi, hogy főként a pénzügyi és a gazdasági válságokban a pénzügyi válságok csődeljárás alá vonulnak, hogy különböző okok miatt védelmet kapjanak (Li H, 2012), például a globális értékesítési összeomlás és jelentős értékesítési visszaesés az autók esetében a 2008-2009-es globális finanszírozási válság idején (Domański B, 2013), vagy a termékárak csökkenése az olaj- és gázárak esetében 2014 nyarától és azóta is (Koilo V, 2019).

1.3.2 Válságok előrejelzése

A válságok konkrét előrejelzésére igen kevés tanulmány készült, hiszen ahhoz túl kevés válság tört ki, amelyből következtetéseket levonva konkrét módszereket lehessen készíteni. A szakirodalmak jobbra előrejelzési technikákat javasolnak, mint (Elhoseny, 2022) munkássága, ahol OD-PODNN modellt fejlesztett ki, amely segít meghatározni egy cég vagy vállalat pénzügyi helyzetét és olyan optimalizálási modellt javasol, ami segíthet egy pénzügyi válság előrejelzésében. Vagy Hu (2018) és Malagrino (2018) tanulmánya, amelyben egy módszert javasolnak a tőzsdei mozgások irányának előrejelzésében, míg Lu (2021) kombinálja a befektetői hangulatot a tőzsdei válság előrejelzésére.

Samitas (2020) elemzi, hogy a globális pénzügyi rendszer hálózatként történő modellezésén alapuló fertőzési (tovább terjedő) kockázati intézkedések korai figyelmeztető mutatóként szolgálhatnak-e, és ha igen, akkor javíthatják-e a standard válság-előrejelzési modellek teljesítményét. Vagy (Ivanov D. , 2020) , amely a Covid-19 terjedési forgatókönyvekből próbálja megmondani a következő gócpontokat.

Ellátási lánc szinten a kereslet előrejelzésére már vannak módszerek, mint (Belhadi, Manufacturing and service supply chain resilience to the COVID-19 outbreak: Lessons learned from the automobile and airline industries, 2021), sőt az Eurostat kifejlesztett egy konkrét Korai Figyelmeztető Rendszert (Early Warning System – EWS), amely a multinacionális vállalatokat (MNE) adatait figyeli különböző bankokkal összehangolva (Eurostat, Early Warning System, 2023). Viszont a legjobb tudomásom szerint nincs olyan tanulmány, amely a termék kereskedelemről kiindulva hálózatelemzési módszerekkel próbál előrejelzési módszer javaslatokat tenni.

2. Adatbázis és az adatok

A kutatás során a CEPII/BACI (2023) adatbázisból kinyerhető adatokkal dolgozunk és számunkra bejövő és kimenő élek összes értéke lesz a fontos, vagyis az export és import adatok. A nemzetközi áruforgalmi statisztikák az egyik országból exportált és egy másik országba importált áruk értékének és mennyiségének rögzítésével foglalkozik országonként (vagy országcsoportokként/övezetként), ezért is releváns számunkra az adatbázis.

2.1 Adatbázis választás

A korábban bemutatott adatbázisok közül a BACI adatbázist választom, mivel számos előnye van a többihez képest: könnyebb a kezelhetősége, ez az adatbázis tartalmazza a legtöbb ország adatait (globális szinten) a legtöbb időszakkal (Hernández García, 2022), egyedülálló a termék részletezettsége, széleskörű a földrajzi lefedettsége és a megadott adatok is megbízhatóak (De Benedictis L. N., 2014). Bár készült olyan tanulmány, amely a BACI adatok használhatóságát megkérdőjelezi (Shen & Lovric, 2022), mégis az adatokból készült tanulmányok száma és eredményei nem ezt bizonyítják.

A BACI adatbázissal korábban készült elemzések a hálózati mutatók segítségével: (Korniyenko, Pinat, & Dew, 2015), (De Benedictis L. N., 2014), (Baskaran, 2011), (Sbardella, 2018), (Türkcan & Saygili, 2018), (Cingolani, 2018).

2.2 CEPII/BACI adatok

Az adatbázisban a nemzetközi kereskedelemben forgalmazott termékek osztályozása és az adatok országok általi jelentése a Harmonizált Rendszeren (Harmonized System - HS) keresztül történik, amely a legátfogóbb termékosztályozásnak számít, 6 számjegyből áll, és 5012 terméket tartalmaz. A HS 1989 óta van használatban, és sok ország még mindig a korábbi rendszerben jelentett osztályozásról, a Standard Nemzetközi Kereskedelmi Osztályozási

Rendszerről (Standard International Trade Classification - SITC), amely 4-5 számjegyű szintjén csak mintegy 1241 terméket foglal magában. A HS a nemzetközi kereskedelem szabványos nomenklatúrája, és amelyet a legtöbb vámhatóság használ a termékek meghatározására és a Comtrade által megadott metaadatok alapján készítették el (CEPII, Description of BACI, 2023). Továbbá a BACI-ban használt 3 számjegyű ISO-kódokat társítják az országok teljes neveihez és az ISO-kódok más változataihoz (3 és 2 betűsekhez). Ezek is a Comtrade által megadott metaadatok alapján állították össze.

A HS kódok olyan termékspecifikus kódok, amelyek 21 fő kategóriába sorolhatóak:

5. táblázat: HS főcsoportjai

1.	Állati termékek	12.	Lábbeli és fejfedő
2.	Növényi termékek	13.	Kő és üveg
3.	Állati és növényi biotermékek	14.	Értékes fémek
4.	Élelmiszerek	15.	Fémek
5.	Ásványi termékek	16.	Gépek
6.	Kémiai anyagok/termékek	17.	Szállítás, közlekedés
7.	Műanyagok és gumik	18.	Műszerek
8.	Állatbőr	19.	Fegyverek
9.	Fa termékek	20.	Egyéb/vegyes
10.	Papíráruk	21.	Művészetek és régiségek
11.	Textíliák		

Forrás: Saját szerkesztés a HS rendszer alapján

Ezek a kategóriák tovább bonthatóak, részletezhetőek mert a főkategóriát kiegészítik még további 2, vagy 4 számjeggyel, attól függően, hogy milyen részletezettséggel szeretnénk látni az adatokat. Tehát minél több számjegyből áll a kód, annál pontosabban van megadva az adott termék. A következő táblázatban egy példa látható, de a Melléklet részben az összes termékcsoporthoz megnevezése megtalálható növekvő sorrendben.

6. táblázat: Példa a HS kódok felépítésére

Főkategória	Főcsoport	Alcsoportok		Megnevezés
17.				Szállítás
	88			Repülőgép, űrhajó és ezek részei
	88	04		Ejtőernyők
	88	04	00	Ejtőernyők és ezek tartozékai

Forrás: Saját szerkesztés a HS rendszer alapján

Viszont, mint minden áruforgalmi statisztikában vannak olyan termékek, amelyek fizikailag bár átléphetik az országhatárokat, mégsem jelennek meg a kereskedelemben. Ilyen például a monetáris arany és a fizetőeszközök, a bizonyos feltételek mellett ideiglenes használatra szánt áruk, a javításra szánt áruk és az internetről letöltött szoftverek.

3. Módszertan

A kereskedelmi hálózat szerkezetének megértése jobban megmagyarázhatja az aggregált ingadozásokat, valamint megmutatja, hogy hogyan lehet felkészülni a kedvezőtlen sokkokra, amelyek megzavarják a kereskedelmi forgalmat, és hogyan lehet azokból viszonylag nyereségesen kijönni. Az egyes termékek hálózati jellemzőit vizsgáljuk, hogy azonosítsuk a kritikus árukat, amelyek kitehetik az országot a különböző sokkoknak. A kutatáshoz a Kosztyán féle (2022) Nagy dimenziójú, alacsony mintaméretű adatkészletek hálózatalapú dimenziócsökkentési (Network-based dimensionality reduction analysis- NDA) módszert használjuk, amely az egyes áruk hálózati vizsgálatával azonosítja a globális kereskedelem központi termékeit, nyomon követi a legjelentősebb exportőröket és importőröket, vizualizálja az egyes hálózati mutatók értékeit, amelyek segítségével akár előrejelzési javaslatokat is lehet tenni.

Kosztyán (2022) tanulmánya egy olyan NDA módszert javasol a nemparametrikus dimenziócsökkentés meghatározására, amely hatékonyan alkalmazható a HDLSS (High Dimension Low Sample Size – Nagy Dimenziós Alacsony Mintaméretű) adatokra, ahol a változók száma jelentősen meghaladja a megfigyeléseket. A hagyományos főkomponens-elemzéssel és főfaktormódszerrel összehasonlítva, az NDA számos előnnyel jár. Először is, a nem paraméteres jellege miatt nincs szükség a változók csoportjainak számát, vagyis a látens változók számát előre meghatározni. Ez azért lényeges szempont, mert a főkomponens-elemzés lényege, hogy egy adathalmaz, ahol a változók korrelálnak egymással, a dimenzióit csökkentse, mialatt a redukált modell az eredeti változók varianciáját (mint információt) lehetőség szerint a

legjobban megtartsa. Míg a faktorelemzés az eredeti változók közti korrelációs mátrixot reprodukálja. A két módszer lineáris kapcsolatokat feltételez a változók között, ami nem feltétlenül igaz, és akkor alkalmazzuk, ha a megfigyelések száma sokkal meghaladja a változók számát. Ezért az NDA további előnye, hogy olyan adatokat is jól tud kezelni, ahol a megfigyelések száma sokkal kevesebb, mint a változók száma.

Kosztján (2023) általánosította a módszert egy Általánosított Hálózat-alapú Dimenzió Elemzésre (Generalized Network-based Dimensionality Analysis - GNDA), amelyben a hálózati módszerek felhasználásával kibővíti az elemzést aszimmetrikus hasonlósági függvények kezelésére. Ezáltal a GNDA meghatározza a változók hasonlósági gráfját. Ebben a gráfban kerül kiszámításra a sajátvektor-centralitás, amely megmutatja az adott adat vagy változó fontosságát, beágyazottságát a hálózaton belül, amelyet súlyként felhasználva látens változókká alakítunk (magasabb beágyazottságot mutató értékek nagyobb súllyal szerepelnek). Ekkor a hasonlóság alapján már különböző modulok alakulnak ki, ami látensváltozók, mint klasztercentrumok száma lesz. A hasonlóság az NDA-ban különböző korrelációs függvények lehetnek, míg a változókon belül tetszőleges szimmetrikus vagy aszimmetrikus (nem negatív) hasonlósági függvények. A hasonlósági gráfon belül a modulok (a gráf részgráfja) olyan közösségeket határoznak meg, amelyben a csomópontok közötti kapcsolatok sűrűbbek, mint a közösségek között. Természetesen lesznek olyan elemek, amelyek nem illeszkednek a látens változóra, vagyis olyan perifériás csomópontok jelennek meg, amelyek egy közösséghez sem tartoznak. Ennek oka, hogy a kisebb súlyú változók kevésbé határozzák meg a látensváltozókat vagy klasztercentrumokat, ezáltal kevésbé is illeszkednek. Ezeket a kilógó elemeket nem feltétlenül kell elhagyni, hiszen fontos információkat is tartalmazhatnak. Esetünkben figyelembe vesszük és elemezzük is őket.

A következő folyamatra összefoglalja a módszer lépéseit:



5. ábra: GNDA módszer lépései
Forrás: Saját szerkesztés Kosztján (2023) alapján

Tanulmányunkban az adatpontok kis száma miatt Granger okozati összefüggés vizsgálatot végzünk (Granger, 1969), amely az időbeli összefüggést jobban jellemzi. Az alkalmazott Irányítatlan Bináris Klauzalitás Gráf (Undirected Binary Causality Graph -UBCG) Granger-kauzalitás grafikon mutatja az idősorok csomópont- és hálózati szintű mutatói közötti kapcsolatok irányát, ami betekintést ad a sokkok világkereskedelmi hálózaton keresztüli terjedésébe. Így a módszer előnyös tulajdonságai lehetővé teszik számunkra, hogy klaszterezést hajtsunk végre vagy dimenziócsökkentést az ok-okozati hálózatokban, vagy rövid idősorokban. A GNDA-módszer alkalmazásával egy UBCG-hálózatban a termékek és országok csoportját azonosítja, ahol az oksági kapcsolatok sűrűbbek, mint a csoportok között. Ezenkívül a GNDA minden egyes közösséghez egy klaszterközpontot ad, ahol a klaszterközpont egy országot vagy egy terméket mutat. A termék/ország klaszterközpontja jelentősen függ más termékek/ország mutatóitól. A GNDA segítségével az UBCG-n az országokat és a termékeket a függőségek alapján rangsorolhatjuk a különféle hálózati mutatók segítségével. A GNDA-t mint idősoros klaszterezést alkalmazva az idősorok idősorában a mutatók csoportját, meghatározza a termékek/országok halmazát. Ezeket a termékeket/országokat idősoros jellemzőik alapján különítjük el. Ebben az esetben a GNDA a termék/ország mutatókra jellemző időbeli jellemzőt határozza meg. Ezen túlmenően a termékeket/országokat a jellemzőtől való távolság alapján is lehet rangsorolni. A felhasznált Automatizált Jellemzőválasztás (Automated Feature Selection - AFS) segítségével a GNDA nem illeszkedő termékek/országok elhagyhatók vagy elkülöníthetők.

Összességében a hálózati mutatók változását nézi dinamikusan, amelyekből a kereskedelem különböző hálózati tulajdonságai mutathatók ki.

Ezek alapján az alábbi kutatási kérdéseket fogalmaztam meg:

RQ1: Milyen karakterisztikái vannak a termékek/országok kereskedelmi hálózati mutatóinak az időben?

RQ2: Hogyan függenek össze egymással ezek a mutatók?

RQ3: Milyen termékcsoportokban történő változások játszanak legfontosabb szerepet egy gazdasági válság kialakulásában, sokkterjedésében?

4. Eredmények és elemzés

Az elemzés során a CEPII/BACI 1995 és 2020 között elérhető termékek országszintű adataival dolgoztunk, és ebben a részben a felhasznált módszer eredményei kerülnek bemutatásra, majd elemzésre. A Hálózati struktúra vizsgálata részben az asszortativitás, sajátvektorcentralitás, klaszterezettség, reziliencia, aszimmetria és a reciprocitás kerül tárgyalásra. Míg a hálózati szintű mutatók okozati összefüggései részben ezen mutatók kapcsolatai kerülnek kimutatásra.

Az ábrákhoz tartozó magyarázat táblázatok csak az eredmények egyes részeit mutatják be, a teljes táblázat a Melléklet részben látható.

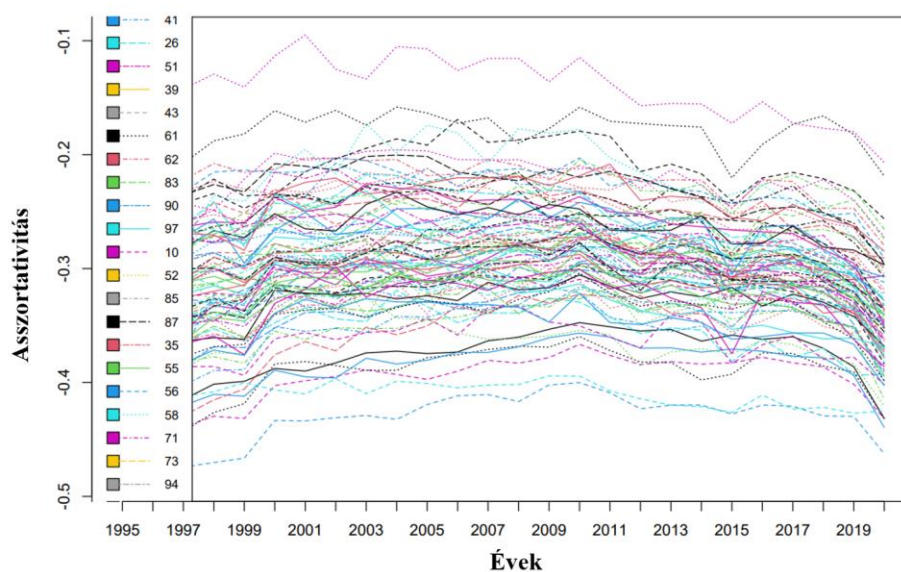
4.1 Hálózati struktúra vizsgálata

A következőkben a hálózati struktúrát leíró változók eredményei, elemzései olvashatók kiegészítve olyan szakirodalmakkal, amelyek kapcsolatban állnak az általunk vizsgált adatokkal.

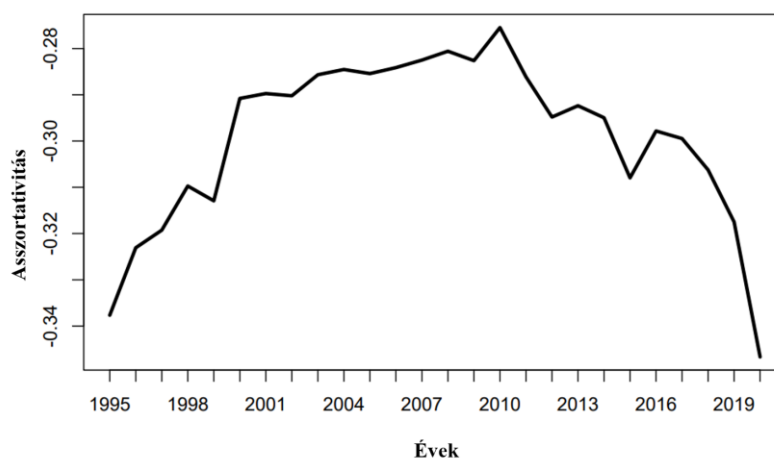
Asszortativitás

Az asszortativitás éves változása egy kereskedelmi hálózatban megmutatja, hogy a kereskedelmi partnerek közötti hasonlóság szintje hogyan változik idővel, vagyis megmutatja a gazdaságok növekvő, vagy csökkenő hajlandóságát az egymással való kereskedelemre. Ha egy kereskedelmi hálózatban az asszortativitás növekszik, az arra utal, hogy az országok vagy cégek egyre jobban szakosodnak bizonyos iparágakra vagy termékekre, és többet kereskednek olyan partnerekkel, amelyek szintén ezekre a területekre specializálódtak. Ennek hátterében olyan tényezők állhatnak, mint a technológiai változások, a kereskedelempolitika vagy a komparatív előnyök kihasználása. Illetve, ha egy kereskedelmi hálózatban csökken az asszortativitás, akkor az megmutatja, hogy az országok, vagy cégek diverzifikálják kereskedelmi partnerkapcsolataikat és olyan partnerekkel kereskednek, amelyek eltérő tulajdonságokkal vagy szakosodással rendelkeznek. Ezek okai lehetnek a keresleti minták változása, geopolitikai változások vagy a kereskedelmi megállapodások változása.

Az asszortativitás mutatóra az elemzés során a következő ábrát kaptuk:



6. ábra: Termékcsoportok asszortativitása
Forrás: Saját szerkesztés



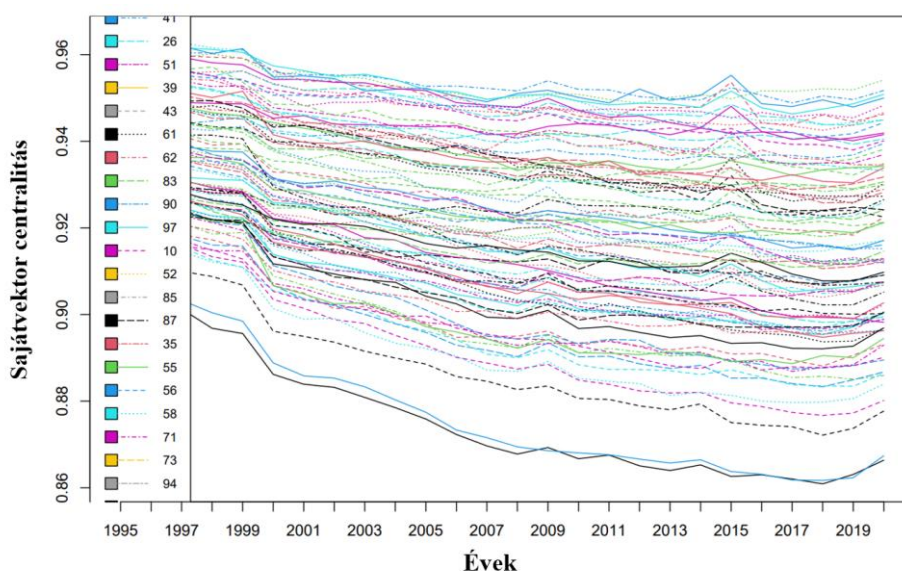
7. ábra: Termékcsoportok asszortativitásának a tipikus karakterisztikája
Forrás: Saját szerkesztés

Látható, hogy 2010-ig folyamatosan növekedett a mutató értéke, majd 2013-ig ez a tendencia fokozatosan gyengült, majd elkezdett nőni, viszont jelenleg egy hanyatló szakaszában van. Ez a negatív irány megmutatja, hogy jelenleg az ITN-ben a több kereskedelmi kapcsolattal rendelkező országok inkább azokkal kereskednek, amelyek kevesebb kereskedelmi kapcsolattal rendelkeznek, vagy más szavakkal, a gyengén preferált országok az erősen preferált és összekapcsolt országokat részesíti előnyben a kereskedelmükben. Oka, hogy 2012-ig, a hirtelen globális növekedés következtében az országok nem az egyazon régió belüli országokkal folytattak kereskedelmet, hanem új, más régiójú partnerekkel (McKinsey&Company, 2019). Továbbá ezzel a hálózat aszimmetriája is kimutatható, miszerint az egyre inkább központi

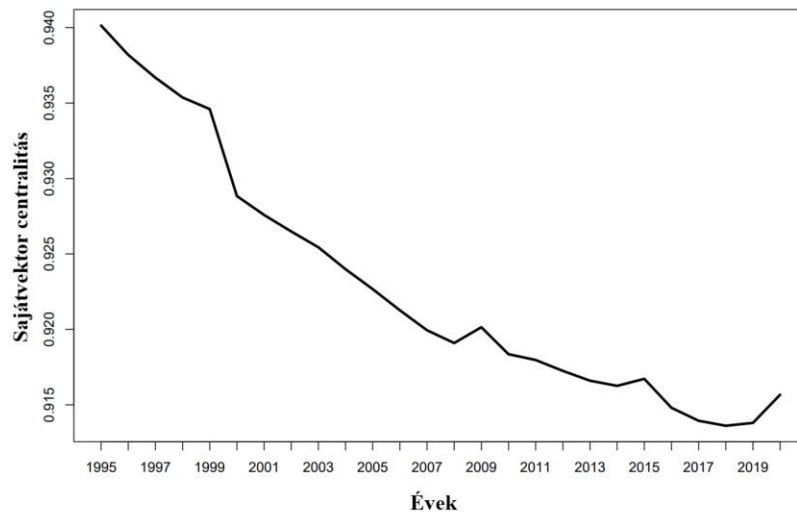
országok nagyobb valószínű jelenléte fokozódik. Ezeket a megállapításokat Liu (2022) és Cingolani (2018) tanulmányai is kimutatták.

Sajátvektor centralitás

Ha egy kereskedelmi hálózatban a sajátvektor-centralizáció idővel növekszik, az arra utal, hogy néhány magasan összekapcsolt csomópont még dominánsabbá válik a hálózaton belül Ennek háttérében olyan tényezők állhatnak, mint egyes cégek vagy országok piaci erejének növekedése, iparágak vagy ágazatok konszolidációja, vagy a kereskedelempolitikában bizonyos szereplőknek kedvező változások. Másrészt, ha egy kereskedelmi hálózatban a sajátvektor centralizáció idővel csökken, az a központiság egyenletesebb eloszlására utal a csomópontok között. Ennek háttérében olyan tényezők állhatnak, mint a megnövekedett verseny, a kereskedelmi partnerségek diverzifikációja, vagy a változások a nagyobb nyitottságot és befogadást elősegítő kereskedelempolitikákban.



8. ábra: Termékcsoportok sajátvektor centralitása
Forrás: Saját szerkesztés



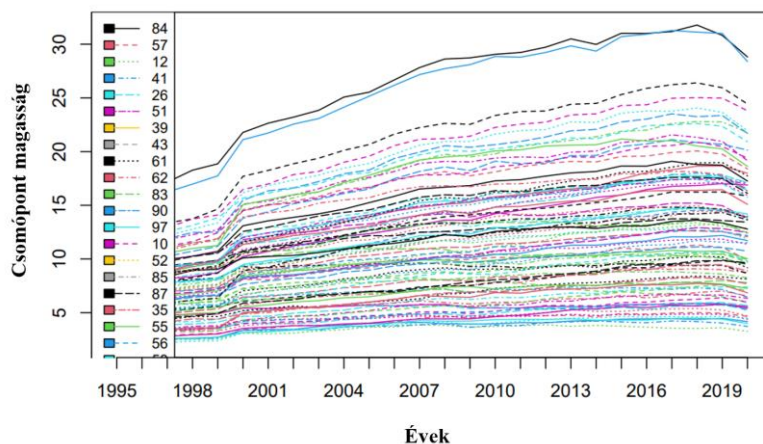
9. ábra: Sajátvektor centralitás tipikus karakterisztikája
 Forrás: Saját szerkesztés

Látható, hogy minden termék sajátvektor-centralitása igen hasonlóan változik az időben, így itt is lehet egy összegzett görbével megjeleníteni. A csökkenő tendencia a gazdaságok közötti stabilitást mutatja meg, vagyis, hogy a globális eloszlás kevésbé változik az időben (Mishra, 2021). A 2010-es, 2015 és 2020-as visszahajlás egy ország erősebb válását mutatja a hálózatban. Ennek okait lehetnek, hogy különböző kereskedelempolitikai megállapodások születtek, mint a 2010-es Európa 2020. stratégia, amely a gazdasági növekedést tűzte ki célul a szabadkereskedelmi egyezmények erősítésével, és a 2013-ban elindult az Európai Unió és az Egyesült Államok között a Transzatlanti Kereskedelmi és Beruházási Partnerségről (TTIP) szóló tárgyalások, amelynek célja egy átfogó szabadkereskedelmi megállapodás megkötése volt, viszont a megállapodás végül nem jött létre, és a tárgyalásokat 2016-ban leállították. Valamint 2015-ben a Kína által kezdeményezett "Egy övezet, egy út" (One Belt, One Road) kezdeményezés indult el, amelynek célja a közép- és kelet-európai országok infrastruktúrájának fejlesztése és a Kína és Európa közötti kereskedelmi kapcsolatok erősítése volt.

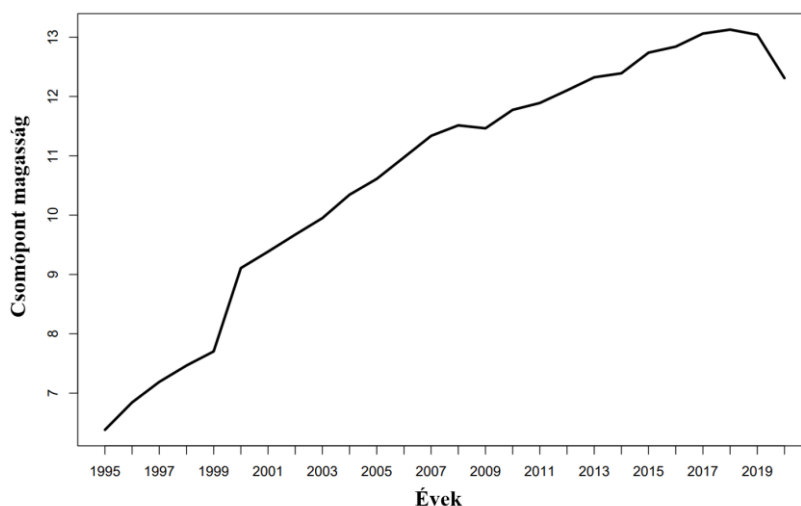
Csomópont magasság

Ha egy kereskedelmi hálózatban az átlagos magvasság idővel növekszik, az azt mutatja meg, hogy a hálózat csomópontjai egyre jobban összekapcsolódnak és szorosabb közösséget alkotnak egymással. Ennek háttérében olyan tényezők állhatnak, mint a megnövekedett kereskedelmi forgalom, új kereskedelmi megállapodások létrejötte vagy bizonyos iparágak vagy ágazatok növekedése. Másrészt, ha a kereskedelmi hálózat átlagos magvassága idővel csökken, az arra utal, hogy a hálózat csomópontjai (azaz az országok) egyre kevésbé kapcsolódnak egymáshoz, és a hálózat egyre széttöredezettebbé válik.

Ennek háttérében olyan tényezők állhatnak, mint a kereskedelempolitikában bekövetkezett változások, politikai instabilitás, vagy a globális ellátási láncok megszakadása.



10. ábra: Termékcsoportok magassága
Forrás: Saját szerkesztés



11. ábra: Termékcsoportok magasságának tipikus karakterisztikája
Forrás: Saját szerkesztés

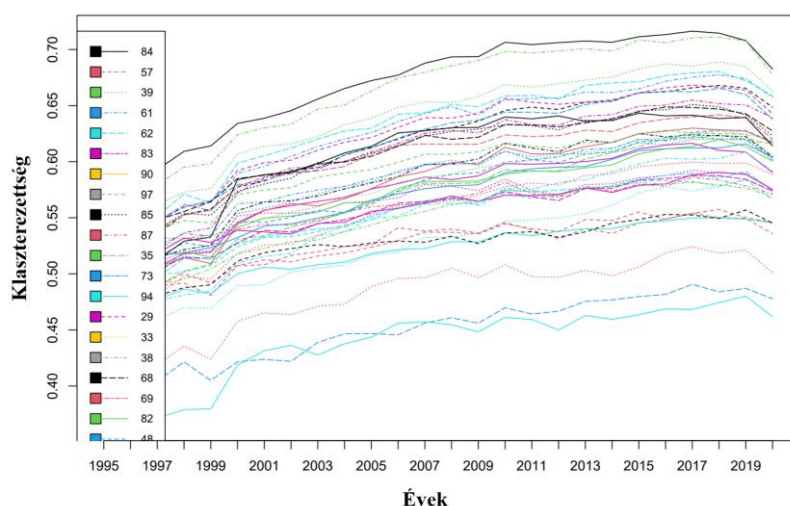
A korábban említett megállapodások szintén magyarázhatják a mutató értékének tendenciózus növekedését, mint hogy az egyes csomópontok (országok) a nála magasabb coreness értékkel rendelkező csomópont(ok)hoz kapcsolódik. Ez a stabil globális gazdaság jelenlétére utal, illetve arra, hogy minden ország kereskedik minden országgal (Yan, 2023). 2019 után visszaesés látható, amely a pandémia következtében „bezárt” országokra utalhat, miszerint ebben az időben nem tudott minden ország mindenkivel kereskedni a bevezetett korlátozások miatt.

Klaszterezettség

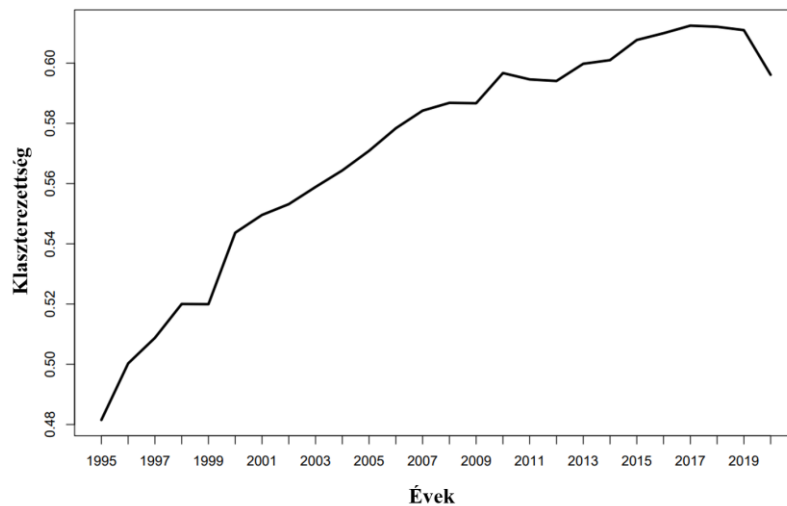
Ha egy kereskedelmi hálózatban a globális klaszterezettség növekszik, az arra utal, hogy a hálózat csomópontjai egyre szorosabban kapcsolódnak egymáshoz, és több klasztert vagy

közösséget alkotnak a hálózaton belül. Ennek háttérében olyan tényezők állhatnak, mint az egyes iparágak vagy termékek növekvő specializációja, új kereskedelmi megállapodások vagy regionális blokkok megjelenése vagy bizonyos kereskedelmi csomópontok növekedése. Illetve, ha a kereskedelmi hálózaton belüli globális klaszteresedés csökken, az arra utal, hogy a hálózat csomópontjai egyre kevésbé kapcsolódnak egymáshoz, és a hálózat egyre széttöredezettebbé válik. Ennek háttérében a következő tényezők állhatnak, mint a kereskedelempolitika változásai, geopolitikai feszültségek vagy a globális hálózatokban bekövetkező zavarok a globális ellátási láncokban.

A következő ábrák megmutatják, hogy az alkalmazott GNDA három termékcsoporthoz azonosított. Ebben az esetben a Spearman-féle korrelációt használtunk a távolságfüggvényhez a GNDA a jobb elkülönítésének érdekében.

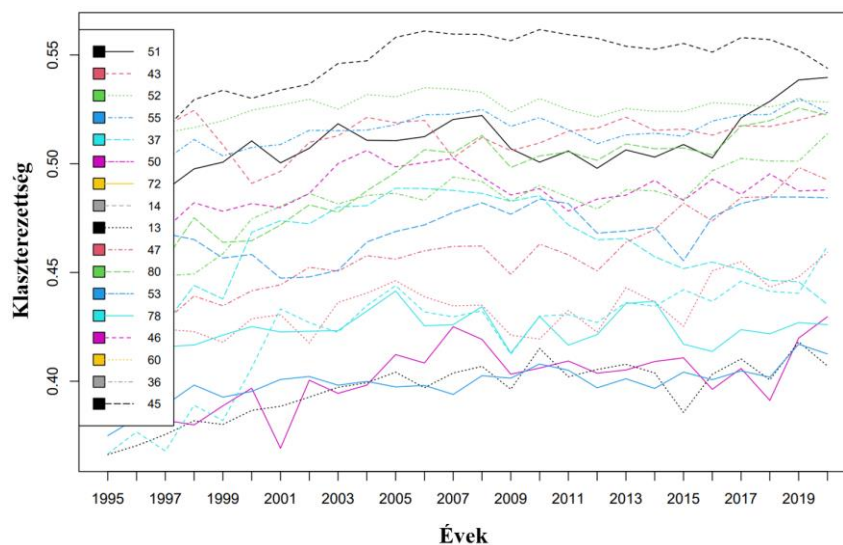


12. ábra: Az 1. termékcsoporthoz klaszterének globális klaszterezési együtthatói
Forrás: Saját szerkesztés

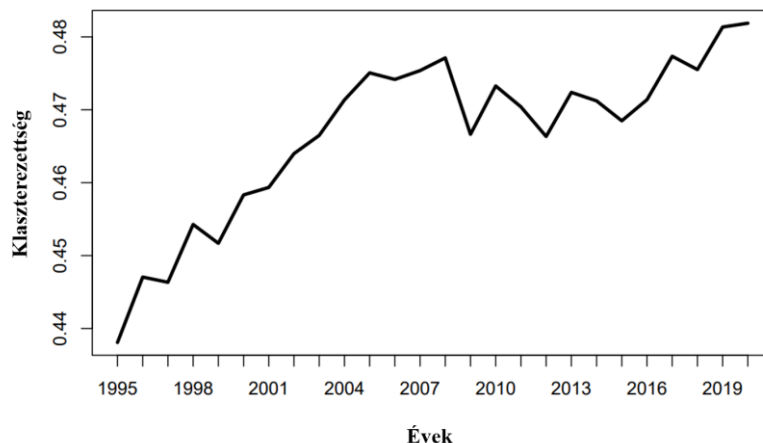


13. ábra: Az 1. termékcsoporthoz tartozó klaszter központjának karakterisztikája
Forrás: Saját szerkesztés

Ebbe a klaszterbe olyan termékcsoporthoz tartoznak, mint növényi és állati eredetű termékek, értékes fémek és ásványi anyagok. McKinsey és csapata (2019) alapján ezeket erőforrás-intenzív termékeknek nevezzük. Látható, hogy bár van néha kisebb visszaesés, mégis a klaszterezettség értéke folyamatosan nő ezen termékek esetében, vagyis az erőforrás-intenzív termékekkel kereskedő országok egyre szorosabb kapcsolatokat alakítanak ki egymás között.



14. ábra: A 2. termékcsoporthoz tartozó klaszterének globális klaszterezési együtthatói
Forrás: Saját szerkesztés

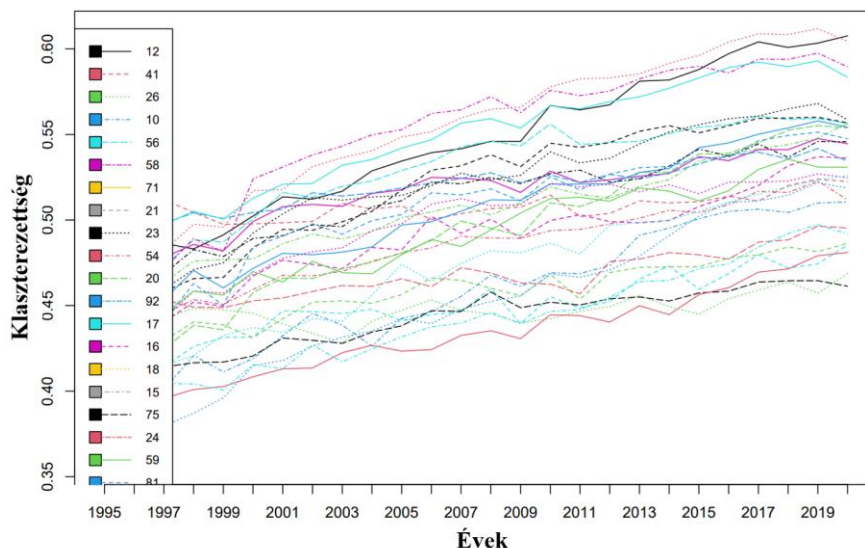


15. ábra: A 2. termékcsoport klaszter központjának karakterisztikája
Forrás: Saját szerkesztés

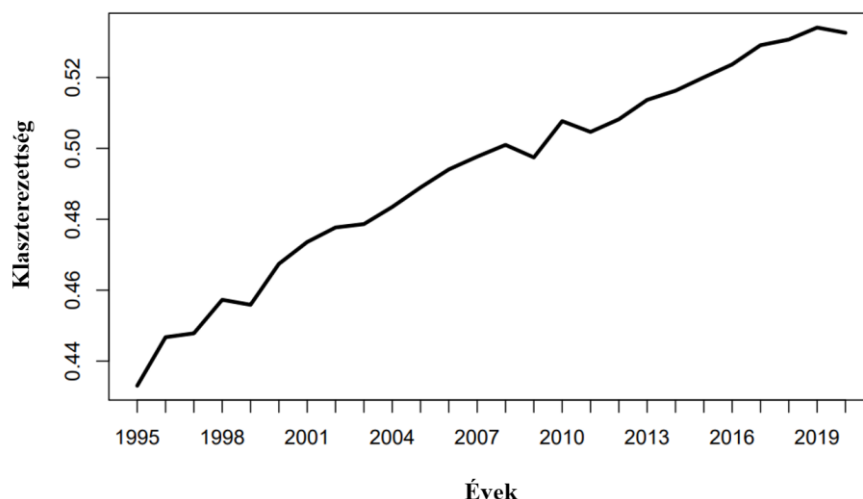
Ebbe a klaszterbe a különböző textíliák, mint gyapjúból, pamutból, selyemből és állati bőrből készült ruházati termékek, fából és fémekből készült áruk tartoznak. McKinsey és csapata (2019) alapján ezeket munkaerő-intenzív termékeknek nevezzük.

A görbe igen szembetűnően cikk-cakkosan növekszik, ami Turco (2022) szerint az országok közti munkaerő fluktuációra vezethető vissza, vagyis a munkaerő oda vándorol és ott termel, ahol neki a legjobban megéri.

Ez a tendencia folyamatosan nő, ami megmutatja, hogy a munkaerő-intenzív termékek esetében is a kereskedő felek egyre szorosabb kapcsolatokat alakítanak ki.



16. ábra: A 3. termékcsoport klaszterének globális klaszterezési
Forrás: Saját szerkesztés



17. ábra: A 3. termékcsoporthoz tartozó klaszter központjának jellemzői
 Forrás: Saját szerkesztés

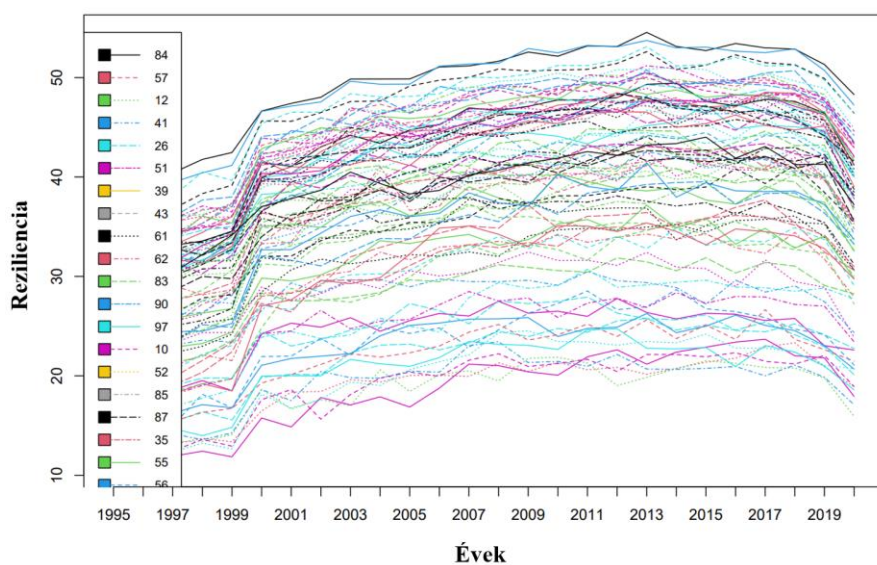
Ebbe a klaszterbe a kémiai anyagok/termékek, mint szerves vegyszerek és gyógyszerek, valamint elektromos gépek, járművek és atomreaktorok tartoznak. McKinsey és csapata (2019) alapján ezeket a tőkeintenzív, technológia intenzív termékeknek nevezzük. Látható, hogy jelentősen növekszik ez az érték is, vagyis a tőkeintenzív termékek közti kapcsolatok száma nő. Turkina (2018) tanulmánya ezt azzal magyarázza, hogy a csomópontok között kialakult horizontális kapcsolatok fokozzák az innovációs teljesítményt a technológia-intenzív termékek esetében. Továbbá kitér arra is, hogy a munkaerő-intenzív termékek esetében a vertikális kapcsolatok megléte segíti elő a fejlődést. Ez a két tény magyarázhatja, hogy a munkaerő-intenzív termékeknek a klaszterezettség értéke nő, míg a tőkeintenzív termékeknek csökken, vagyis a hangsúly átkerült a horizontális kapcsolatokról a vertikálisakra.

Összességében ez a 3 klaszter a termékek komplexitására mutat rá, ezáltal az ország összetettségére is (Turco, 2022). Ennek értelmében a minél összetettebb termékeket az annál komplexebb országok tudják előállítani, mivel ők rendelkeznek ezzel a technológiával és tudással, ami a nagyszámú, kevésbé általános termékekre való specializálódás is tükröződik. Ezek alapján a termék komplexitás megismerése segít az adott ország növekedési lehetőségeinek előrejelzésében.

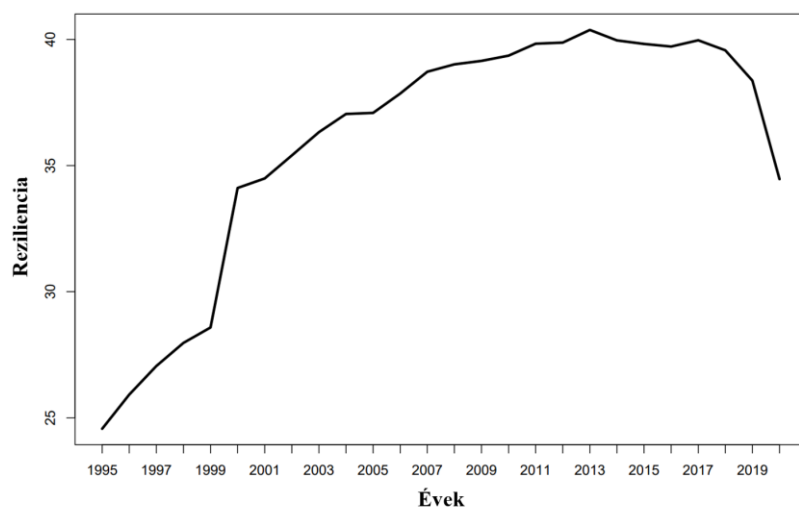
Piccardi és Tajoli (2018) tanulmánya alapján a nagyobb komplexitású termékeket jellemzően a magasabb központosítású kereskedelmi hálózatban osztják szét, viszont a centralizált hálózatok hajlamosabbak a nagyobb törekedésre is, mivel a jelenlegi kereskedelmi rendszer nagyon sérülékeny a sokkokkal szemben.

Reziliencia

A kereskedelmi hálózat rugalmasságának éves változása azt mutatja, hogy a hálózat mennyire képes alkalmazkodni és helyreállni a különböző zavarokból és sokkokból. A rugalmasság egy mérőszám a hálózat azon képességének mérése, hogy meg tudja-e őrizni általános struktúráját és funkcionalitását. az ilyen zavarok bekövetkezése ellenére. A hálózat rugalmasságának időbeli pozitív változása azt jelzi, hogy a hálózat robusztusabbá és alkalmazkodóképesebbé vált az ilyen zavarokkal szemben, míg egy negatív változás arra utal, hogy a hálózat sérülékenyebbé vagy instabilabbá válhat. Tehát az a hálózat ellenálló képességének mértékét mutatja meg.



18. ábra: Termékcsoportok rezilienciája
Forrás: Saját szerkesztés

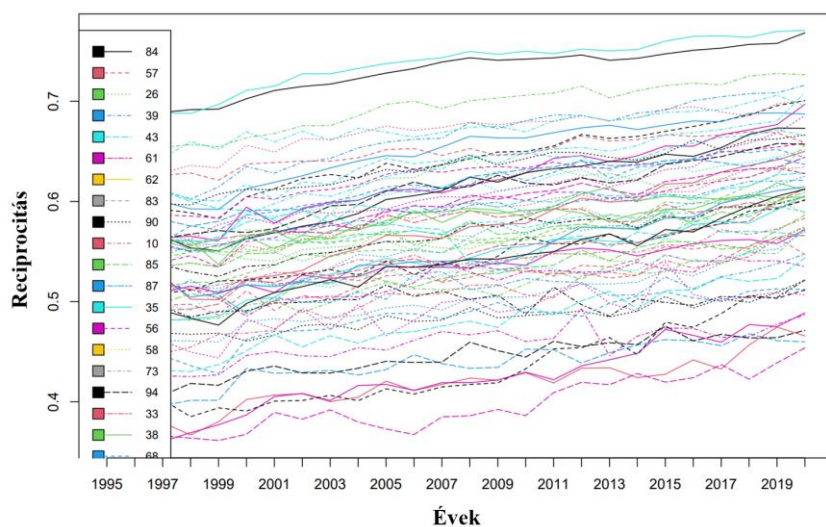


19. ábra: Termékcsoportok rezilienciájának tipikus karakterisztikája
Forrás: Saját szerkesztés

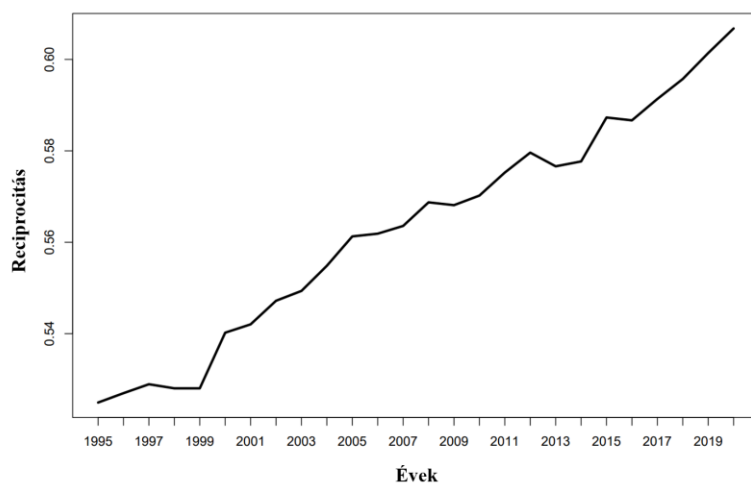
Látható, hogy a hálózat rugalmassága tendenciózusan nőtt, de a 2019-ben kezdődött COVID-19 pandémia következtében erőteljesen zuhant. Ez a csökkenés a kereskedelmi hálózat instabilitását, sérülékenységét mutatja meg a válságot követően.

Aszimmetria, reciprocitás

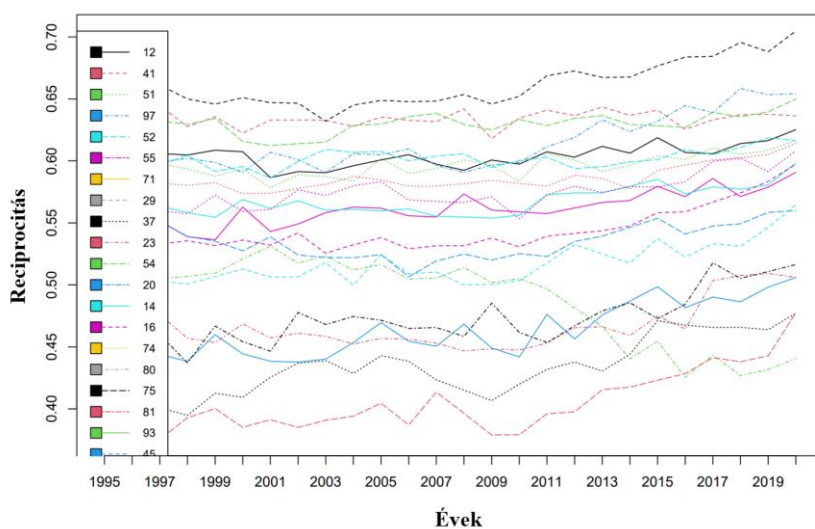
A reciprocitás éves változása egy kereskedelmi hálózatban azt mutatja, hogy a kereskedelmi kapcsolatok mennyire kiegyensúlyozottak, pontosabban, hogy a két ország közti kereskedelem viszonylag egyenlő a kicserélt áruk értéke és mennyisége a hálózaton belül. A reciprocitás pozitív változása arra utal, hogy a kereskedelmi kapcsolat hálózaton belüli kereskedelmi kapcsolatok kiegyensúlyozottabbá és kölcsönösen előnyösebbé válnak, és minden ország méltányos részesedést kap a kereskedelemből származó előnyökből. Illetve a negatív változás azt jelezheti, hogy egyes országok többet profitálnak a kereskedelemből, mint mások, ami a hálózaton belüli potenciális egyensúlytalanságokhoz és egyenlőtlenségekhez vezet. A következő ábrák azt mutatják, hogy a GNDA két termékcsoportot azonosít, ha a reciprocitást vizsgáljuk dinamikusan.



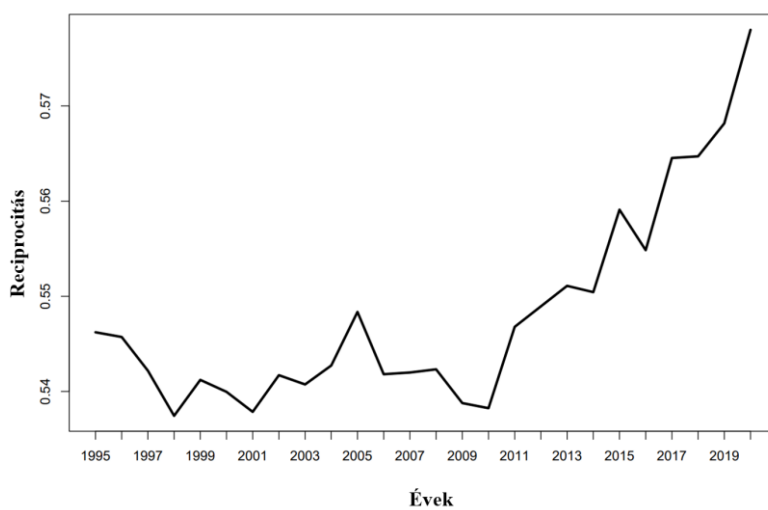
20. ábra: Az 1. klaszter a termékcsoportok reciprocitásának
Forrás: Saját szerkesztés



21. ábra: Az 1. klaszter a termékcsoportok reciprocitásának tipikus karakterisztikája
Forrás: Saját szerkesztés



22. ábra: Az 2. klaszter a termékcsoportok reciprocitásának
Forrás: Saját szerkesztés



23. ábra: Az 2. klaszter a termékcsoportok reciprocitásának tipikus karakterisztikája
Forrás: Saját szerkesztés

Első klaszterbe a következő termékcsoporthoz tartoznak 84, 39, 26,83, 90, 85, 87,73, 94, 33, 38, 68, amelyek összességében végtermékek jelölnek, míg a második klaszterbe 12 14, 16, 20, 37, 41, 51, 55, 54, 74, 81, 80 tartoznak, mint alapanyagok, köztes áruk. Ez a két csoportosítás magyarázhatja a kereskedelem eltérő szerkezetét (Cingolani, 2018), mivel a végtermékeket minden ország felhasználhatja, de az alapanyagokkal, köztes árukkal nem minden ország foglalkozik egyenlő arányban.

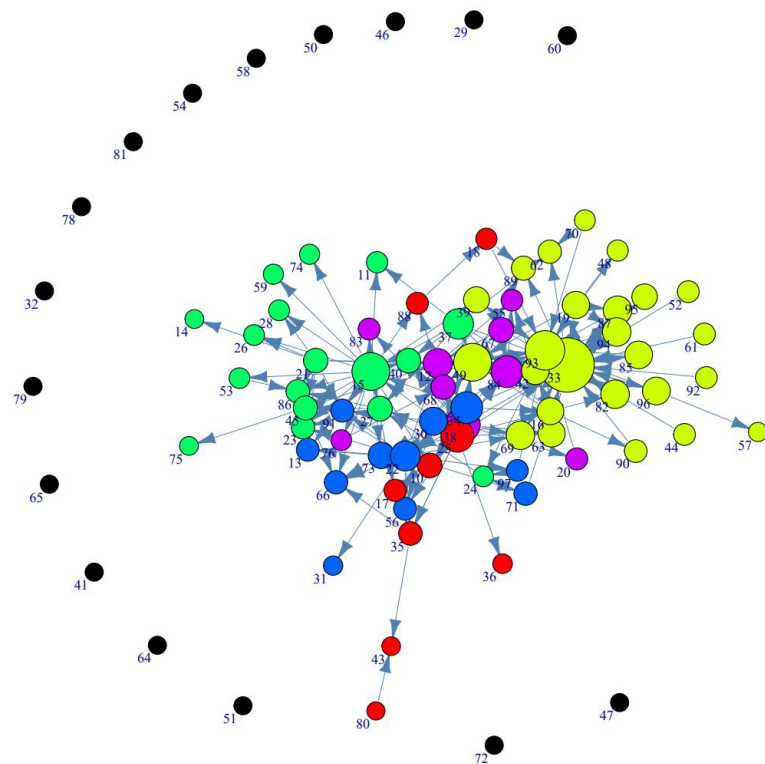
4.2 A hálózati szintű mutatók okozati összefüggései

A sajátvektor centralizáció, a közteségi centralizáció, a globális klasztereződés és a multilaterális aszimmetria esetén nagyon kevés ok-okozati összefüggés van a termékcsoporthoz között. A változó asszortativitás, a rugalmasság és a kölcsönösség azonban meghatározza kauzalitáscsoportokat.

Asszortativitás

Ha egy termék időbeli asszortativitása függ a más termékek asszortativitásától egy kereskedelmi hálózatban, akkor ez azt jelenti, hogy a kereskedelemben résztvevő termék szokásait befolyásolja a többi termék kereskedelme, amellyel az adott termék kapcsolatban áll. Tehát a termék kereskedelme viselkedése nem csak a saját tulajdonságait határozza meg, hanem a vele kapcsolatban állókat is, ami így az egész kereskedelmi hálózat dinamikájára is kihat. Például, ha bizonyos termékek között nagyfokú az asszortativitás, akkor a kereskedelmi hálózaton belül klaszterek vagy alhálózatok alakulhatnak ki, amelyek ellenállóbbak lehetnek a külső sokkokkal szemben, viszont kevésbé rugalmasak és alkalmazkodóképesek is lehetnek a változó gazdasági feltételek változásaihoz.

A kialakult klaszterekből álló hálót a következő ábra mutatja be és a táblázat összegzi:



24. ábra: Az UBCG hálózat asszortativitása
Forrás: Saját szerkesztés

7. táblázat: Asszortativitás klaszterei

Sárga	Zöld	Világos kék	Fekete (periféria)	
44	11	18	21	Különféle ehető készítmények
48	14	27	29	Szerves vegyszerek
52	26	35	32	Tanninok és származékai; színezékek, pigmentek
56	28	36	41	Nyers bőr és bőr
57	45	43	46	Szalmából, eszpartóból vagy más fonásból készült termékek
61	53	56	47	Fa cellulóz vagy más rostos cellulóz anyag
72	59	80	50	Selyem
82	74	83	51	Gyapjú, finom vagy durva állati szőr; lószőr fonal és szövet
85	75		54	Mesterséges szálak
89	86		58	Szövetek; speciális szövött szövetek, csomózott textilszövetek,
90			64	Cipő; lábszárvédők és hasonló; az ilyen cikkek részei
92			79	Cink és ebből készült áruk
94			81	Fémek; cermet, volfrám és ebből készült áruk

Forrás: Saját szerkesztés

Tehát a sárga klaszter nagy mértékben befolyásolja a klaszteren belüli termékek kereskedelmének alakulását (és így tovább minden színnél), míg a fekete, perifériás termékek

nem kapcsolódnak egyik csoporthoz sem, így ők nem befolyásolják a többi termék alakulását (táblázatban összegezve).

A következő táblázat mutatja a leginkább beágyazott termékeket a klaszterezett ok-okozati hálózatban. Ebben az esetben a faktorterhelési érték adja a termék sajátvektor-centralitás értékét. A magasabb érték nagyobb beágyazottságot jelent. Az egyes klaszterekből az első 3, legmagasabb értékű termékcsoporthoz került kiválasztásra és a következő táblázatban megnevezve. Ezek a termékcsoporthoz központi szerepet játszanak a hálózaton belül. Például 27, 33, 49, 84, amelyek a szakirodalom segítségével is sikerült azonosítani.

8. táblázat: Hálózatba beágyazott termékek csoportjai

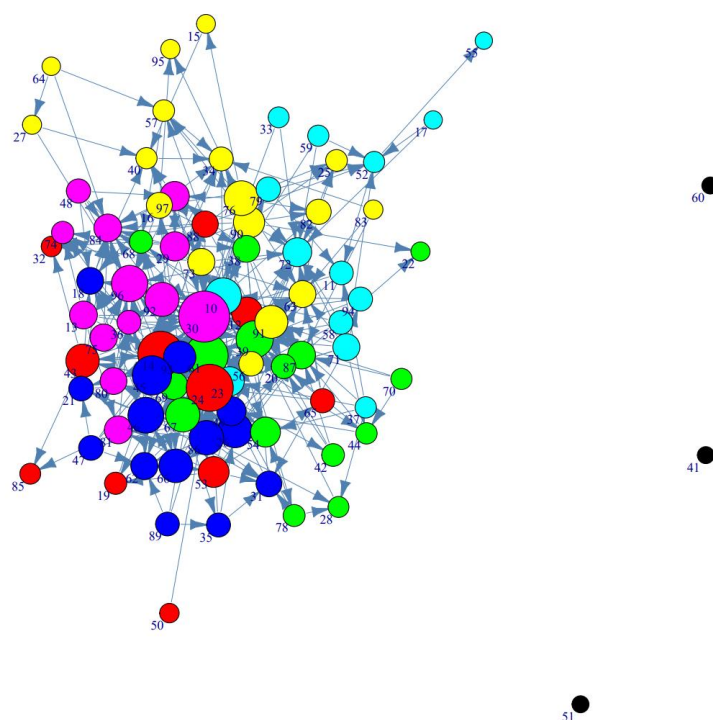
PR1	33	Illóolajok és rezinoidok; illatszerek, kozmetikai vagy WC-készítmények
	93	Fegyverek és löszerek; alkatrészei és tartozékai
	49	Nyomtatott könyvek, újságok, képek és egyéb nyomdai termékek
PR2	15	Állati vagy növényi zsírok és olajok
	27	Ásványi tüzelőanyagok, ásványi olajok és desztillációs termékek
	45	Parafa és parafatermékek
PR3	38	Máshol nem említett vegyi termékek.
	22	Italok, szeszes italok és ecet
	56	Vatta, nemez és nem szőtt szövet, speciális fonalak; zsineg, kötél, kötelek
PR4	67	Toll és pehely, előkészítve; és tollból vagy pehelyből készült áruk; művirágok; cikkek emberi hajból
	12	Olajos magvak és gyümölcsök; különféle szemek, magvak és gyümölcsök
	84	Atomreaktorok, kazánok, gépek és mechanikus berendezések; ezek részei
PR5	24	Dohány és feldolgozott dohánypótlók
	71	Természetes, tenyésztett gyöngy; drágakövek, féldrágakövek; nemesfémek, nemesfémmel plattírozott fémek és ezekből készült áruk; ékszerutánszerek; érmék
	97	Művészeti alkotások; gyűjtői darabok és régiségek

Forrás: Saját szerkesztés

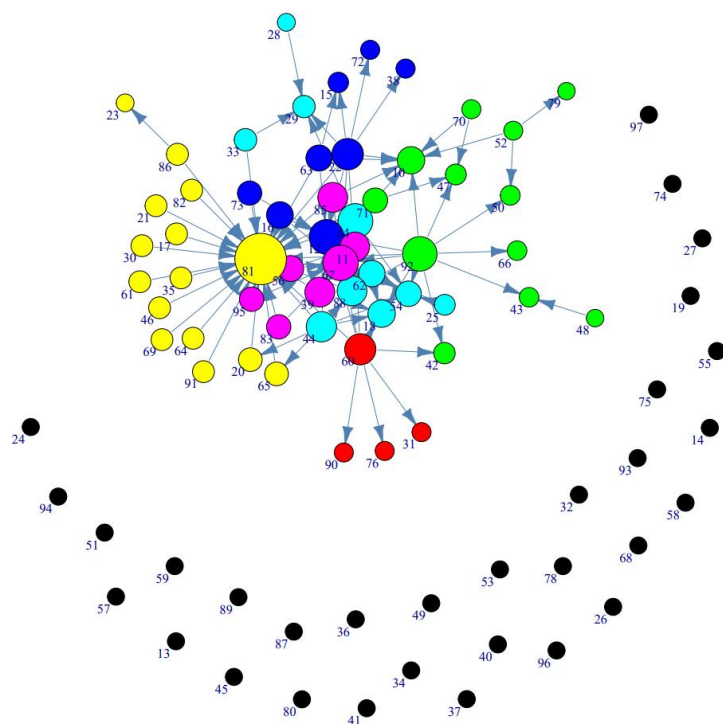
Rugalmasság

Ha egy termék időbeli ellenálló képessége számos termék ellenálló képességétől függ, akkor ez azt jelenti, hogy az adott termék időbeli terméknek a zavarokkal vagy sokkokkal szembeni ellenállóképességét sok más termék is befolyásolja. a hálózatban lévő sok más termék ugyanerre való képessége. Más szóval, a rugalmasság a termék rugalmasságát nem csak a saját tulajdonságai határozzák meg, hanem a termék és a hálózaton belül hozzá kapcsolódó más

termékek tulajdonságai is. 9. ábra mutatja a reziliencia hálózatot a véletlenszerű és a szisztematikus hatások.



25. ábra: A véletlenszerű támadások okozati összefüggései
Forrás: Saját szerkesztés



26. ábra: A szisztematikus támadások okozati összefüggései
Forrás: Saját szerkesztés

A 9. ábra azt mutatja, hogy a szisztematikus támadásokkal szembeni ellenálló képesség figyelembevétele esetén, több olyan egyedi termék van, amelyek nem kapcsolódnak semmilyen más típusú csomópontokhoz. A következő táblázat összefoglalja azokat a termékeket, amelyek random és célzott támadás esetén nem kapcsolódnak egy csomópont-hoz sem. A dőlt betűvel kiemelt termékek egyik támadás esetén sem kapcsolódnak egymáshoz.

9. táblázat: Támadás esetén perifériára kerülő termékek

HS kód	Jelentése
13	Gyanta és más növényi nedv, kivonat
14	Növényi fonóanyagok; máshol nem említett növényi termékek
19	Gabonafélék, liszt, keményítő vagy tejkészítmények; cukrászsütemények termékei
24	Dohány és feldolgozott dohánypótlók
26	Ércek, salak és hamu
27	Ásványi tüzelőanyagok, ásványi olajok és desztillációs termékek
32	Tanninok és származékai; színezékek, pigmentek
34	Szappan, szerves felületaktív anyagok; mosás, kenés, polírozás esetében
36	Robbanóanyagok; pirotechnikai termékek; gyufák; piroforos ötvözetek
37	Fényképészeti vagy mozi termékek
40	Gumi és ebből készült áruk
41	Nyers bőr és bőr
45	Parafa és parafatermékek
49	Nyomtatott könyvek, újságok, képek és egyéb nyomdai termékek
51	Gyapjú, finom vagy durva állati szőr; lószőr fonal és szövet
53	Növényi textilszálak; papírfonal és szövött szövet papírfonalból
55	Mesterséges vágott szálak
57	Szőnyegek és egyéb textil padlóburkolatok
58	Szövetek; speciális szövött szövetek, csomózott textilszövetek, csipkék, kárpitok, díszek
59	Textil szövetek; impregnált, bevont, burkolt vagy laminált; textil cikkek
60	Szövetek; kötött vagy hurkolt termékek
61	Ruházat és ruházati kiegészítők; kötött vagy hurkolt termékek
68	Kő, gipsz, cement, azbeszt, csillám vagy hasonló anyagok
74	Réz és ebből készült áruk
75	Nikkel és ebből készült áruk
78	Ólom és ebből készült áruk
80	Ón és ebből készült termékek
89	Hajók, csónakok és úszó szerkezetek
93	Fegyverek és lőszer; alkatrészei és tartozékai
94	Bútor; ágynemű, matrac, matractartó, párna és ehhez hasonló termékek
96	Különböző termékek
97	Művészeti alkotások; gyűjtői darabok és régiségek

Leolvasható, hogy egyik esetben sem kapcsolódik a 41, 51 és a 60, vagyis a ruházati termékek. Ez azt mutatja meg, hogy mindegy milyen támadás történik a textilákat nem befolyásolja. Míg a többi termékre, mint fém alapanyagok, fényképezési eszközök és egyéb textíliák, a véletlenszerű támadások kihatnak, de a célzott nem., vagyis nem játszanak a kereskedelmi hálózatban központi szerepet szisztematikus támadások esetén.

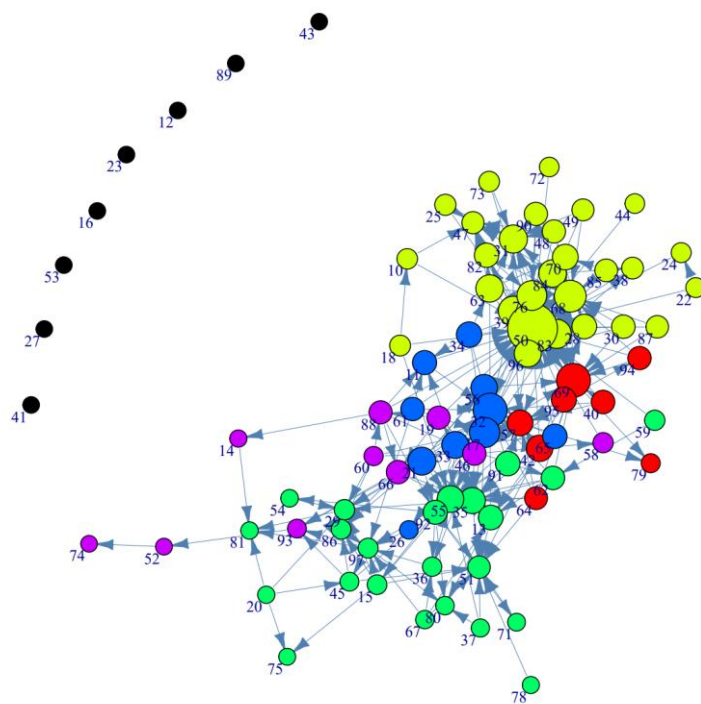
A következő táblázat azt mutatja, hogy a GNDA 6-6 klasztert azonosít az ok-okozati összefüggésekkel kapcsolatos rugalmasságot mind a véletlenszerű, mind a szisztematikus támadások esetében.

10. táblázat: Támadások ok-okozati összefüggéseiből létrejött csoportok

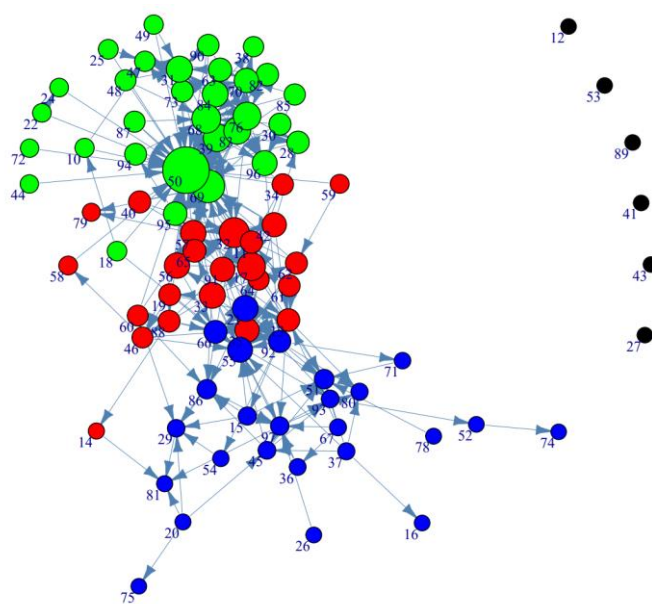
	Random támadás	Jelentése	Célzott támadás	Jelentés
PR1	26	Ércek, salak és hamu	81	Fémek; máshol nem említett termékek, cermet, volfram és ebből készült áruk
	61	Ruházat és ruházati kiegészítők; kötött vagy hurkolt termékek	44	Fa és fatermékek; faszén
	45	Parafa és parafatermékek	20	Zöldségfélék, gyümölcsök, diófélék
PR2	29	Szerves vegyszerek	92	Hangszerek; az ilyen termékek alkatrészei és tartozékai
	10	Gabonafélék	10	Gabonafélék
	90	Optikai, fényképezési, operatőr, méréző, ellenőrző, orvosi eszközök	50	Selyem
PR3	14	Növényi fonóanyagok; máshol nem említett növényi termékek	60	Szövetek; kötött vagy hurkolt termékek
	24	Dohány és feldolgozott dohánypótlók	11	Malomipari termékek; maláta, keményítők stb.
	43	Szőrme és műszőrme; ezekből készült termékek	18	Kakaó és kakaókészítmények
PR4	44	Fa és fatermékek; faszén	12	Olajos magvak és gyümölcsök; különféle szemek, magvak és gyümölcsök
	71	Természetes, tenyésztett gyöngy; drágakövek, fél-drágakövek; nemesfémek	22	Italok, szeszes italok és ecet
	87	Járművek; a vasúti vagy villamosvasúti járművek kivételével	63	Textilek, készáruk; készletek; kopott ruházat és textilárúk; rongyok
PR5	30	Gyógyszerészeti termékek	84	Atomreaktorok, kazánok, gépek és mechanikus berendezések; ezek részei
	13	Gyanta és más növényi nedv, kivonat	29	Szerves vegyszerek
	92	Hangszerek; alkatrészei és tartozékai	54	Mesterséges szálak
PR6	72	Vas és acél	67	Toll és pehely, ezekből készült termékek
	52	Pamut	71	Természetes, tenyésztett gyöngy; drágakövek, fél-drágakövek; nemesfémek
	59	Textil szövetek; impregnált, bevont, burkolt vagy laminált; textil cikkek	95	Játékok, játékok és sporteszközök; alkatrészei

Aszimmetria

A következő ábra a kétoldalú aszimmetria és a kereskedelem kölcsönösségének klaszterezett oksági hálózatait mutatja. Ha a kereskedelmi termékek időbeli viszonyossága vagy aszimmetriája egy kereskedelmi hálózatban sok más termék időbeli viszonyosságától/aszimmetriájától függ, az azt jelenti, hogy egy terméknek a más termékekkel való tisztességes és méltányos kereskedelemre való hajlamát a hálózatban lévő sok más termék kereskedelmi magatartása befolyásolja, illetve csoportba rendeződve (lásd később) fejtik ki egymásra a legnagyobb hatást. Ennek fontos következményei lehetnek a kereskedelmi hálózat stabilitására. Ha bizonyos termékek nagymértékben összekapcsolódnak és kölcsönösen függenek egymástól, akkor a kereskedelmi kapcsolatokban tapasztalható egyensúlytalanságok vagy egyenlőtlenségek erőteljes hatásokat gyakorolhatnak az egész hálózatra. Ha például országok egy csoportja tisztességtelen kereskedelmi gyakorlatot folytat egy adott termékkel kapcsolatban, az a bizalom és a kölcsönösség megromlásához vezethet, ami a hálózat számos más termékére is kihathat.



27. ábra: Bilaterális aszimmetria ok-okozati összefüggése
Forrás: Saját szerkesztés



28. ábra: Reciprocitás ok-okozati összefüggése
Forrás: Saját szerkesztés

11. táblázat: Páronkénti és kölcsönösségi összefüggések klaszterei

	Páronkénti		Kölcsönösségi	
PR1	50	Selyem	50	Selyem
	31	Trágyák	68	Kő, gipsz, cement, azbeszt, csillám vagy hasonló anyagok
	68	Kő, gipsz, cement, azbeszt, csillám vagy hasonló anyagok	69	Kerámia termékek
PR2	92	Hangszerek; az ilyen termékek alkatrészei és tartozékai	35	Albuminoid anyagok; módosított keményítők; ragasztók; enzimek
	55	Mesterséges vágott szálak	55	Mesterséges vágott szálak
	51	Gyapjú, finom vagy durva állati szőr; lószőr fonal és szövet	32	Tanninok és származékai; színezékek, pigmentek
PR3	32	Tanninok és származékai; színezékek, pigmentek	97	Művészeti alkotások; gyűjtői darabok és régiségek
	17	Cukor és cukrászáru	86	Vasúti, villamos mozdonyok, gördülőállomány és ezek alkatrészei
	21	Különféle ehető készítmények	29	Szerves vegyszerek
PR4	46	Szalmából, eszpartóból vagy más fonásból készült termékek		
	88	Repülőgép, űrhajó és ezek részei		
	19	Gabonafélék, liszt, keményítő vagy tejkészítmények		
PR5	69	Kerámia termékek		
	57	Szőnyegek és egyéb textil padlóburkolatok		
	95	Játékok, játékok és sporteszközök; alkatrészei és tartozékai		

Forrás: Saját szerkesztés

5. Alkalmazhatóság és a 81-es termék

Mivel a 81-es termékcsoporthoz (volfrám végtermék) kereskedelme egyike volt azon termékcsoporthoz, amelyek leginkább a többi termék rugalmasságának időbeli változásától függött, most ezt a termékcsoporthoz tekintjük az módszer alkalmazhatóságának egyik példájának. Ezenkívül a főbb strukturális mutatók (mint például az asszortativitás, a klasztereződés) nem függenek kauzálisan más termékektől. A termékcsoporthoz kétoldali aszimmetriájának és kölcsönösségének időbeli változása pedig csak néhány más termékcsoporthoz függ. Valamint jelentős zavarok voltak a fémek, mint nyersanyagok kereskedelmében különösen a COVID-válság idején.

Ez a termékcsoporthoz számos ipari termék pótolhatatlan alapanyaga mind autógyártásban, légi közlekedésben, atomenergiában és mind az elektronikai iparban (Cao, 2018). A magas technológiai jelentősége és ellátása instabilitása miatt sok ország kritikus nyersanyagnak tekinti (Jia, 2023). Az adatok és a szakirodalmak is alátámasztják, hogy a volfrám kereskedelme igen kiegyensúlyozatlan (Tang, 2023), így egy sokkhatás gyorsan át tud terjedni más országokra. Eddig Kína számított a legnagyobb volfrám termékeket exportáló országnak, de ez az előnye 1992-2016 között tartott (Jia, 2023). Ezt az adatunk is megerősíti, mivel a kifok centralitás 2. klaszterében az 5. helyen szerepel, India, Dél-Korea, Csehország és Szlovénia után. Ez a megállapítás a következő táblázatból derül ki.

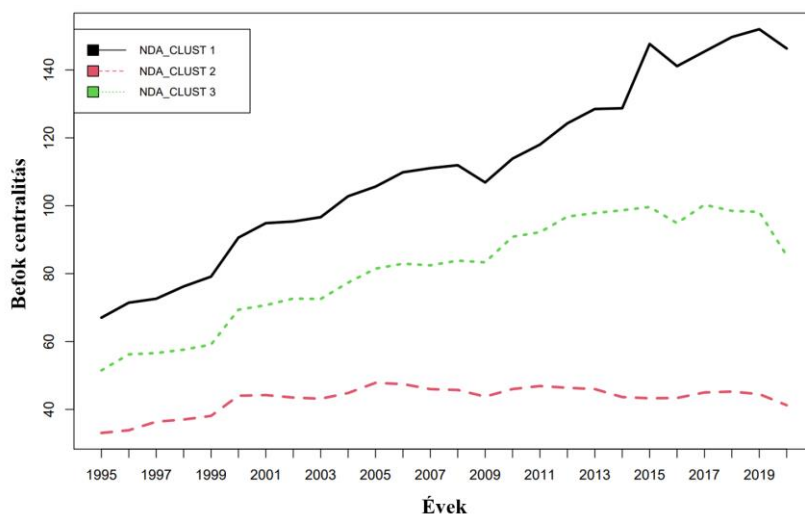
Leolvasható, hogy ebben az időszakban inkább Lettország, Oroszország, Ukrajna, Bulgária, Vietnám és egyéb európai ország importált a 81-es termékcsoporthoz. Érdekes, hogy a szakirodalomban Kína lett megnevezve, mint volfrámfogyasztó hatalom, de itt a 3. klaszterben csak a 8-adik helyen szerepel. Ez lehet a Covid-19 pandémia következménye a munkaerőben, vagy hogy az egyensúly átkerült a szláv államokra, mint Oroszország, Ukrajna, Lettország, Litvánia és Fehéroroszország. Ez magyarázhatja ezen országok nagy fegyverkezési kedvét, illetve a 2022-ben kirobbant orosz-ukrán háborút. Illetve Huang (2021) szerint a volfrámverseny leginkább az ázsiai és európai országok között zajlik, amit az adatokból szintén láthatunk.

12. táblázat: Be- és kifok centralitás klaszterei

	Befok centralitás	Kifok centralitás
	Ország	Ország
Clust1	Lettország	Kongói Demokratikus Köztársaság
	Litvánia	Moldova
	Bulgária	Belgium
	Oroszország	Észak-Korea
	Vietnám	Dél-afrikai Köztársaság ¹
Clust2	Új-Kaledónia	India
	Saint Lucia	Dél-Korea
	Algéria	Csehország
	Trinidad és Tobago	Szlovénia
	Dél-afrikai Köztársaság	Kína
Clust3	Franciaország	Belgium
	Fehéroroszország	Svájc
	Ukrajna	Dél-afrikai Köztársaság
	Salvador	Olaszország
	Szlovénia	Luxemburg

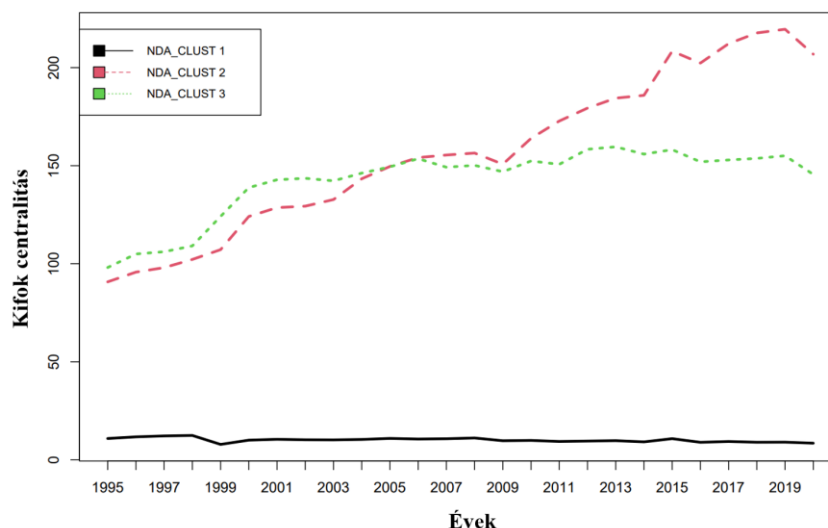
Forrás: Saját szerkesztés

Továbbá az alkalmazott GNDA módszer 3 klasztert azonosított, amelyekből viszonylag gyors, lassú növekedésű és stabil csoportok jöttek létre, ezek a csoportok a következő ábrán láthatóak, amelyek(be/ki) fokcentralitást mutatják meg az országok esetében.



29. ábra: Befok centralitás karakterisztikái

Forrás: Saját szerkesztés



30. ábra: Kifok centralitás karakterisztikái
 Forrás: Saját szerkesztés

Leolvasható, hogy befok centralitású országok, vagyis központi importáló országok 3 klaszterbe sorolható. Az első klaszterben jobbra európai országok szerepelnek, amely az évek alatta centralitása erőteljesen növekedett, míg a 2. klaszterben szereplő afrikai országokra inkább a stabilitás a jellemző. A 3. klaszterben szintén európai országok szerepelnek, de az ő növekedésük nem olyan erős, inkább lassúnak tekinthető. A kifok centralitást nézve az első klaszter exportálása igen stabil, szinte az évek alatt semmit nem változott. Ezzel szemben India, Dél-Korea, Csehország, Szlovénia és Kína szerepe tendenciózan növekedett.

Összességében ezekből az adatokból meghatározható a központi szerepű exportáló/importáló országok, amelyeken keresztül a nem várt sokkok igen gyorsan tovább tudnak terjedni. A módszer segítségével korábban meghatározott 81-es termék viselkedése miatt lett kiválasztva és az előbb bemutatott eredmények alapján az oka is egyértelmű. Így a 81-es termék kereskedelmét fokozott figyelemmel érdemes figyelni, nehogy egy sokk vagy válság kibontakozzon a nagy egyensúlytalanságból.

6. Összefoglalás

Az itt bemutatott dolgozat fő témája a különböző sokkok, válságok azonosítása, előrejelzése kereskedelmi hálózatok idősoros hálózati elemzésével. A szakirodalmi áttekintésben bemutatásra került különböző elemzési módszerek a nemzetközi kereskedelem tendenciáira, amelyek megismerése után a komplex hálózatelemzés lett kiválasztva. Az NA segítségével számos tanulmány készült a hálózatimutatók viselkedéséről az időben. Ezek alapján a központi termékeket és azokat exportáló és importáló országokat, valamint iparágakat meghatároztam egy táblázatban. Egy sokk vagy válság következtében ezek lesznek a kritikus veszélyforrások, amelyek a zavarok terjedését felerősíthetik. Ezért vállalati és országszintű zavarokat is azonosítottam, amelyekben drasztikus változás bekövetkeztében szintén egy sokk, vagy válság kiváltó okai lehetnek. Ezek alapján már a téma jelentősége is megállapítva lett, hogy érdemes a válságok elemzésével foglalkozni. Számunkra a hangsúly inkább az előrejelzési javaslatok, módszereken volt, amelyből kiderült, hogy az általunk használt NDA-módszert még senki nem használta kereskedelmi hálózatokon, sőt előrejelzési javaslatok tételére sem. Így vált számunkra az eljárás relevánssá, amely a CEPII/BACI adatokat használ fel. A kutatás során olyan kérdésekre kerestem a választ, mint milyen karakterisztikái vannak a termékek/országok kereskedelmi hálózati mutatóinak az időben, 2) hogyan függnek össze egymással ezek a mutatók, valamint 3) milyen termékcsoportokban történő változások játszanak legfontosabb szerepet egy gazdasági válság kialakulásában, sokkterjedésében.

Az elemzésekből kiderül, hogy a módszer alkalmas a hálózati struktúrák részletes feltérképezésére, amelyből számos változó részletes viselkedése és ok-okozati kapcsolata ki lett mutatva. Illetve meghatározásra kerültek a központi termékcsoportok, ezáltal az iparágakat, amelyekben történő változás hozzájárulhat egy sokk, válság kialakulásához. Ezek a termékcsoportok a következők táblázatban láthatók. Továbbá az NDA-módszer alkalmazhatóságát a 81-es terméken keresztül mutattuk be, amelyből kiderül, hogy jelenleg egy igen kritikus terméknek számít, ezért érdemes a kereskedelmi tendenciáit figyelni.

13. táblázat: Központi termékek

HS kód	Jelentése
30	Gyógyszerészeti termékek
33	Illóolajok és rezinoidok; illatszerek, kozmetikai vagy WC-készítmények
49	Nyomtatott könyvek, újságok, képek és egyéb nyomdai termékek
72	Vas és acél
81	Fémek; máshol nem említett termékek, csermet és ebből készült áruk
84	Atomreaktorok, kazánok, gépek és mechanikus berendezések; ezek részei
85	Elektromos gépek és berendezések és ezek alkatrészei; hangrögzítők
86	Vasúti, villamos mozdonyok, gördülőállomány és ezek alkatrészei
87	Járművek; a vasúti vagy villamosvasúti járművek kivételével, valamint alkatrészei
93	Fegyverek és löszerek; alkatrészei és tartozékai

Forrás: Saját szerkesztés

Jövőbeni kutatásban szívesen megnézném hálózatelmezési módszerekkel részletesebben az összes termékcsoporthoz kereskedelmét, de nem ország szinten, hanem szektorok között. Ehhez az ICIO adatbázist használnám, amely 66 ország 45 iparága közti kereskedelmet mutatja be 1995 és 2018 között. Érdekes lenne olyan kérdésekre keresni a válaszokat, hogy vajon mennyire másabb a termékcsoporthoz hálózati struktúrái, vagy vajon ugyanazokat a termékcsoporthoz találunk meg kritikus termékként.

Felhasznált irodalom és források jegyzéke

- Acemoglu, D. C.-S. (2012). The network origins of aggregate fluctuations. *Econometrica*.
- Albert, R., & Barabási, A.-L. (1999). *Emergence of Scaling in Random Networks*. Science.
- Alon, U. (2003). Biological networks: The tinkerer as an engineer. *Science*.
- Amador, J. C. (2018). Who's who in global value chains? A weighted network approach. *Open Economies Review*.
- Anderson, P. W. (2018). *The Economy As An Evolving Complex System*. CRC Press.
- Atadeniz, S. N. (2020). Effectiveness of nervousness reduction policies when capacity is constrained. *International Journal of Production Research*.
- Baghalian, A. R. (2013). Robust supply chain network design with service level against disruptions and demand uncertainties: A real-life case. *European journal of operational research*.
- Baldwin, R. &. (2020). *Economics in the time of COVID-19: A new eBook*. VOX CEPR Policy Portal.
- Barabási, A.-L. (2003). *Behálózva: A hálózatok új tudománya: hogyan kapcsolódik minden egymáshoz, és mit jelent ez a tudományban, az üzleti és mindennapi életben*. Budapest: Magyar Könyvklub.
- Barabási, A.-L. (2006). A hálózatok tudománya. *Magyar Tudomány*.
- Barabási, A.-L. (2010). *Villanások – a jövő kiszámítható*. Budapest: Nyitott Könyvműhely.
- Barabási, A.-L., Albert, R., & Jeong, H. (2000). Error and attack tolerance of complex networks. *Nature*.
- Barigozzi, M. F. (2010). Multinetwork of international trade: A commodity-specific analysis. *Physical Review E*.
- Baskaran, T. B. (2011). The Heckscher–Ohlin model and the network structure of international trade. *International Review of Economics & Finance*, 135-145.
- Belhadi, A. K. (2021). Manufacturing and service supply chain resilience to the COVID-19 outbreak: Lessons learned from the automobile and airline industries. *Technological forecasting and social change*.

- Belhadi, A. K. (2021). Manufacturing and service supply chain resilience to the COVID-19 outbreak: Lessons learned from the automobile and airline industries. *Technological forecasting and social change*.
- Boccaletti, S. L. (2006). Complex networks: Structure and dynamics. *Physics reports*.
- Bollobás, B. (1979). *Graph Theory: An Introductory Course*. New York: Springer-Verlag.
- Brintrup, A. P. (2020). Supply chain data analytics for predicting supplier disruptions: a case study in complex asset manufacturing. *International Journal of Production Research*.
- Cao, F. Y. (2018). General situation and analysis of supply and demand of global tungsten resources. *Conservation and Utilization of Mineral Resources*.
- Carvalho, V. M., & Tahbaz-Saleh, A. (2019). Production Networks: A Primer. *Annual Review of Economic*.
- CEPII. (2023. április 22.). CEPII. Forrás: CEPII - BACI: http://www.cepii.fr/CEPII/en/bdd_modele/bdd_modele_item.asp?id=37
- CEPII. (2023. április 22.). *Description of BACI*. Forrás: CEPII: http://www.cepii.fr/DATA_DOWNLOAD/baci/doc/DescriptionBACI.html
- Christopher, M. M. (2011). Approaches to managing global sourcing risk. *Supply chain management: An international journal*, 67-81. Forrás: Scopus - Document details - Approaches to managing global sourcing risk | Signed in.
- Cingolani, I. I. (2018). International production networks and the world trade structure. *International Economics*.
- Coombs, W. T. (2021). *Ongoing crisis communication: Planning, managing, and responding*. Sage publications.
- Criscuolo, C., & Timmis, J. (2018). *GVCS and centrality: Mapping key hubs, spokes and the periphery*. OECD.
- Csermely, P. (2005). *A rejtett hálózatok ereje*. Vince Kiadó.
- Database, U. C. (2023. április 22.). *UN Comtrade Database*. Forrás: UN Comtrade Database: UN Comtrade Database
- De Benedict, L., & Tajoli, L. (2011). The World Trade Network. *The World Economy*.

- De Benedictis, L. N. (2014). Network analysis of world trade using the BACI-CEPII dataset. *Global Economy Journal*, 287-343.
- Distefano, T. T. (2020). Tools for reconstructing the bilateral trade. *Economic Systems Research*.
- Domański B, G. R. (2013). The crisis and beyond: The dynamics and restructuring of . *Int J Automot Technol Manag*.
- Doyle, B. M., & Faust, J. (2005). Breaks in the Variability and Comovement of G-7 Economic Growth. *The Review of Economics and Statistics*.
- Du, R. W. (2017). A complex network perspective on interrelations and evolution features of international oil trade, 2002–2013. *Applied Energy*.
- Duenas, M., & Fagiolo, G. (2013). GLOBAL TRADE IMBALANCES: A NETWORK APPROACH. *World Scientific*.
- Dupont, L. B. (2018). Supplier selection under risk of delivery failure: a decision-support model considering managers' risk sensitivity. *International Journal of Production Research*.
- Durugbo, C. M.-B. (2022). Supply chain management in times of crisis: a systematic . *Management Review Quarterly*.
- Elhoseny, M. M.-h. (2022). A new metaheuristic optimization model for financial crisis prediction: Towards sustainable developmen. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*.
- Escaith, H. (2014). Mapping global value chains and measuring trade in tasks. *Elgaronline*.
- Eurostat. (2017). *Globalisation patterns in EU trade and investment*. Luxembourg: Eurostat: Statistical Book.
- Eurostat. (2023. április 22.). *Early Warning System*. Forrás: Eurostat: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/economic-globalisation/early-warning-system>
- Eurostat. (2023. április 22.). *Eurostat*. Forrás: Eurostat: <https://www.worldbank.org/en/home>
- Fagiolo, G. (2013). *The International-Trade Network*. The World Bank.
- Fagiolo, G. (2021). The international-trade network: gravity equations and topological properties. *Journal of Economic Interaction and Coordination*.

- Fagiolo, G. R. (2008). In the topological properties of the world trade web: A weighted network analysis. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*.
- Fagiolo, G. R. (2010). The evolution of the world trade web: a weighted-network analysis. *Journal of Evolutionary Economics*.
- Fan, Y. R. (2014). The state's role and position in international trade: A complex network perspective. *Economic Modelling*.
- Fan, Y. S. (2017). Flexible supply chain planning based on variable transportation modes. *International Journal of Production Economics*.
- Foerster, A. T., Sarte, P.-D. G., & Watson, M. W. (2011). Sectoral versus Aggregate Shocks: A Structural Factor Analysis of Industrial Production. *Chicago Journal*.
- Forum, W. E. (2017). *The Global Risks Report 2017*. World Economic Forum.
- Garlaschelli, D., & Loffredo, M. I. (2005). Structure and evolution of the world. *Physica A*.
- Garlaschelli, D., & Loffredo, M. I. (2004). Fitness-Dependent Topological Properties of the World Trade Web. *PHYSICAL REVIEW LETTERS*.
- Garlaschelli, D., & Loffredo, M. I. (2004). Patterns of Link Reciprocity in Directed Networks. *PHYSICAL REVIEW LETTERS*.
- Garlaschelli, D., & Loffredo, M. I. (2004). Structure and evolution of the world. *Physica A*.
- Glasserman, P. a. (2016). Contagion in Financial Networks. *Journal of Economic Literature*.
- Grant, E., & Yung, J. (2017). *The Double-Edged Sword of Global Integration*. Federal Reserve Bank of Dallas.
- Grassi, R. B. (2023). Multi-attribute community detection in international trade network. *Networks and Spatial Economics*.
- Greening, P. &. (2011). Disruptions and supply networks: a multi-level, multi-theoretical relational perspective. *The International Journal of Logistics Management*.
- Greening, P. &. (2011). Disruptions and supply networks: a multi-level, multi-theoretical relational perspective. *The International Journal of Logistics Management*.
- Griffith, D. A. (2019). Embedded analytics: improving decision support for humanitarian logistics operations. *Annals of Operations Research*.

- Gunessee, S. S. (2018). Natural disasters, PC supply chain and corporate performance. *International Journal of Operations & Production Management*.
- Hallikas, J. V. (2008). The evolution of the network structure in the ICT sector. *International Journal of Production Economics*.
- Herczeg, A., & Vastag, G. (2010). „Social network analysis” (SNA: társadalmi háló elemzés) használata az.
- Hernández García, L. G. (2022). Transport equipment network analysis: the value-added contribution. *Journal of Economic Structures*.
- Hidalgo, C. A., & Hausmann, R. (2009). *The building blocks of economic complexity*. University of Cambridge.
- Hidalgo, C., Klinger, B., Barabási, A.-L., & Hausmann, R. (2007). The Product Space Conditions the Development of Nations. *Science*.
- Hilgerdt. (1942). The Network of World Trade. *League of Nations*.
- Hu, H. T. (2018). Predicting the direction of stock markets using optimized neural networks with Google Trends. *Neurocomputing*.
- Huang, J. D. (2021). The evolution and influencing factors of international tungsten competition from the industrial chain perspective. *Resources Policy*.
- Huang, Z., & Lin, D. (2008). The Time-Series Link Prediction Problem with Applications in Communication Surveillance. *Inform Journal Computing*.
- Iapadre, P. L. (2014). Emerging countries and trade regionalization. A network analysis. *Journal of Policy Modeling*.
- Iloskovics, Z., & Sebestyén, T. (2021). A sokkterjedés szerkezeti jellemzőinek változásai a fejlett gazdaságok között. *Statistikai Szemle*.
- Ivanov, D. (2020). Predicting the impacts of epidemic outbreaks on global supply chains: A simulation-based analysis on the coronavirus outbreak (COVID-19/SARS-CoV-2) case. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*.
- Ivanov, D. D. (2017). Literature review on disruption recovery in the supply chain. *International Journal of Production Research*.
- Jackson, M. B. (2017). The Economic Consequences of Social-Network Structure. *Journal of Economic Literature*.

- Jia, N. A. (2023). The main transmission paths of price fluctuations for tungsten products along the industry chain. *Resources Policy*.
- Kali, R. &. (2010). Financial contagion on the international trade network. *Economic Inquiry*.
- Kano, L. a. (2018). Family firm. *Global Strategy Journal*.
- Karaivanov, A. (2020). A social network model of COVID-19. *Plos one*.
- Kauffman, S. A. (1992). The Origins of Order: Self-organization and Selection in Evolution. *Understanding origins: Contemporary views on the origin of life, mind and society*.
- Kertész, J., Szabó, G., & Alava, M. (2004). Clustering in complex networks, in *Complex Networks*. Springer.
- Kim, S. &. (2013). Structural embeddedness, uncertainty, and international trade. *International Journal of Comparative Sociology*.
- Koilo V, G. O. (2019). Maritime financial instability and supply chain management effects. *Problem Perspect Management*.
- Koopman, R., Powers, W., Whang, Z., & Wei, S.-J. (2010). Give Credit Where Credit Is Due: Tracing Value Added in Global Production Chains. *NBER - National Bureau of Economic Research*.
- Korniienko, Y., Pinat, M., & Dew, B. (2015). Assessing the Fragility of Global Trade: The Impact of Localized Supply Shocks Using Network Analysis.
- Koszttyán, Z. T. (2021). SIMILAR–Systematic iterative multilayer literature review method. *Journal of Informetrics*.
- Koszttyán, Z. T. (2022). Network-based dimensionality reduction of high-dimensional, low-sample-size datasets. *Knowledge-Based Systems*.
- Koszttyán, Z. T. (2023). Hálózatalapú modell-és adatredukciós módszer. *Statisztikai Szemle*.
- Krugman, P. (1995). *Growing world trade: causes and consequences*. Brookings Papers on Economic Activity.
- Lai, X. C. (2023). Risk propagation and mitigation mechanisms of disruption and trade risks for a global production network. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*.

- Li H, S. J. (2012). *Supply chain trust diagnosis (SCTD) using inductive case-based reasoning ensemble (ICBRE): The case of general competence trust diagnosis*.
- Liao, H. M. (2017). Ranking in evolving complex networks. *Physics Reports*.
- Liu, L. S. (2022). Preferential attachment, R&D expenditure and the evolution of international trade networks from the perspective of complex networks. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*.
- Lovász, L. (2012). *Large Networks and Graph Limits*. American Mathematical Society.
- Lu, S. L. (2021). Predicting stock market crisis via market indicators and mixed frequency investor sentiments. *Expert Systems with Applications*.
- Maiyar, L. M. (2020). Robust optimisation of sustainable food grain transportation with uncertain supply and intentional disruptions. *Journal of Production Research*.
- Malagrino, L. S. (2018). Forecasting stock market index daily direction: A Bayesian Network approach. *Expert Systems with Applications*.
- Manrique-de-Lara-Peñate, C. G. (2022). The economic impact of global uncertainty and security threats on international tourism. *Economic Modelling*.
- Mastrandrea, R. S. (2014). Enhanced reconstruction of weighted networks from strengths and degrees. *New Journal of Physics*.
- McKinsey&Company. (2019). *Globalization in transition: The future of trade and value chains*.
- Melamed, D. H. (2018). Cooperation, clustering, and assortative mixing in dynamic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*.
- Merza, Á., London, A., Kiss, I. M., Pelle, A., Dombi, J., & Németh, T. (2016). A világkereskedelem hálózatelemzése. *Közgazdasági Szemle*.
- Mishra, A. B. (2021). Multifractal analysis of eigenvectors of small-world networks. *Chaos, Solitons & Fractals*.
- Molesti, S. &. (2017). Evidence of direct reciprocity, but not of indirect and generalized reciprocity, in the grooming exchanges of wild Barbary macaques (*Macaca sylvanus*). *American Journal of Primatology*.
- Nations, U. (2008). *International Standard Industrial Classification of All Economic Activities (ISIC), Rev.4*. Statistical Papers.

- Newman, M. E. (2006). The structure and dynamics of networks. *Princeton university press*.
- Ni, J. F. (2016). The effect of a toy industry product recall announcement on shareholder wealth. *International Journal of Production Research*.
- OECD. (2018). *Mapping key hubs, spokes and the periphery*. OECD.
- OECD. (2021). *Global Value Chains: Efficiency and Risks in the Context of COVID-19*.
- OECD. (2023). Keys to resilient supply chain.
- OECD. (2023). *Risk management: Anticipate risks*. OECD.
- Piccardi, C., & Tajoli, L. (2018). Complexity, centralization, and fragility in economic networks. *PlosOne*.
- Ramani, V. G. (2022). Understanding systemic disruption from the Covid-19-induced semiconductor shortage for the auto industry. *Omega*.
- Reiter, O. &. (2023). Assessing the importance of risky products in international trade and global value chains. *Empirica*.
- Samitas, A. K. (2020). Machine learning as an early warning system to predict financial crisis. *International Review of Financial Analysis*.
- Sarkar, S. &. (2015). A behavioral experiment on inventory management with supply chain disruption. *International journal of production economics*.
- Sbardella, A. P. (2018). The role of complex analysis in modelling economic growth. *Entropy*.
- Sbardella, A. P. (2018). The Role of Complex Analysis in Modelling Economic Growth. *Entropy*.
- Schiavo, S. R. (2010). International trade and financial integration: a weighted network analysis. *Quantitative Finance*.
- Serrano, M. Á., & Boguñá, M. (2003). Topology of the world trade web. *PHYSICAL REVIEW E*.
- Sheffi, Y. (2001). Supply Chain Management under the Threat of International Terrorism. *The International Journal of Logistics Management*.
- Shen, X., & Lovric, M. (2022). Structural determinants of global trade in graphic paper and pulp products. *Forest Policy and Economics*.

- Smith, D. A., & White, D. R. (1992). Structure and Dynamics of the Global Economy: Network Analysis of International Trade. *Oxford Journals*.
- Squartini, T., Fagioli, G., & Garlaschelli, D. (2011). Randomizing world trade. I. A binary network analysis. *PHYSICAL REVIEW*.
- Strogatz, S. H. (2001). Exploring complex networks. *Nature*.
- Szvetelszky, Z., & Bodor-Eranus, E. (dátum nélk.). *A pletyka természete*. 2020: Typotex.
- Tang, Q. L. (2023). The reliability of the trade dependence network in the tungsten industry chain based on percolation. *Resources Policy*.
- Tuninetti, M. T. (2017). To trade or not to trade: link prediction in the virtual water network. *Advances in Water Resources*.
- Turco, A. L. (2022). The knowledge and skill content of production complexity. *Research Policy*.
- Turkina, E. &. (2018). Global connectedness and local innovation in industrial clusters. *Journal of International Business Studies*.
- Türkcan, K., & Saygili, H. (2018). Global Production Chains and Export Survival. *Eastern European Economics*.
- Vicsek, T. C.-J. (1995). Novel type of phase transition in a system of self-driven particles. *Physical review letters*.
- Vidmer, A. Z. (2015). Prediction in complex systems: The case of the international trade network. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. Forrás: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378437115004720>
- Vidmer, A. Z. (2015). Prediction in complex systems: The case of the international trade network. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*.
- WorldBank. (2023. április 22.). *Merchandise trade (% of GDP)*. Forrás: The World Bank: <https://data.worldbank.org/indicator/TG.VAL.TOTL.GD.ZS?view=chart>
- WorldBank. (2023. április 22.). *The World Bank*. Forrás: Foreign Direct Investment, net inflows: <https://data.worldbank.org/indicator/BX.KLT.DINV.CD.WD?view=chart>
- WorldBank. (2023. április 22.). *The World Bank*. Forrás: The World Bank: <https://www.worldbank.org/en/home>

- Yan, J. A. (2023). Characterizing data patterns with core–periphery network modeling. *Journal of Computational Science*.
- Yang, C. H. (2023). Export-and import-based economic models for predicting global trade using deep learning. *Expert Systems with Applications*.
- Yang, Y. P. (2017). Mitigating supply chain disruptions through interconnected logistics services in the Physical Internet. *International Journal of Production Research*.
- Zhang, H. Y. (2014). Competition, transmission and pattern evolution: A network analysis of global oil trade. *Energy Policy*.
- Zhang, M. H. (2022). Complex-network-based traffic network analysis and dynamics: A comprehensive review - ScienceDirect. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*.
- Zhu, N. &. (2023). Impact of the tariff concessions of the RCEP agreement on the structure and evolution mechanism of manufacturing trade networks. *Social Networks*.

Mellékletek

HS kódok jelentései

Kategória	Szám	Alcsoport (2)	Alcsoportok (4 vagy 6)
1.	01	Állati termékek	Élő állat
	02	Állati termékek	Hús és ehető belsőségek
	03	Állati termékek	Halak és rákok, puhatestűek és egyéb gerinctelen víziállatok
	04	Állati termékek	Tejtermékek; madártojás; természetes méz; ehető állati eredetű termékek
	05	Állati termékek	Állati eredetű termékek; máshol nem említett
2.	06	Növényi termékek	Élő fák és egyéb növények; hagymák, gyökerek; vágott virágok
	07	Növényi termékek	Zöldségek, bizonyos gyökerek és gumók
	08	Növényi termékek	Ehető gyümölcs és diófélék; citrusfélék vagy dinnyék
	09	Növényi termékek	Kávé, tea és fűszerek
	10	Növényi termékek	Gabonafélék
	11	Növényi termékek	Malomipari termékek; maláta, keményítők stb.
	12	Növényi termékek	Olajos magvak és gyümölcsök; különféle szemek, magvak és gyümölcsök
	13	Növényi termékek	Gyanta és más növényi nedv, kivonat
	14	Növényi termékek	Növényi fonóanyagok; máshol nem említett növényi termékek
	15	Állati és növényi biotermékek	Állati vagy növényi zsírok és olajok
4.	16	Élelmiszerek	Hús, hal vagy rákfélék, puhatestűek vagy más gerinctelen víziállatok
	17	Élelmiszerek	Cukor és cukrászáru

	18	Élelmiszerek	Kakaó és kakaókészítmények
	19	Élelmiszerek	Gabonafélék, liszt, keményítő vagy tejkészítmények; cukrászsütemények termékei
	20	Élelmiszerek	Zöldségfélék, gyümölcsök, diófélék vagy más növényrészek
	21	Élelmiszerek	Különféle ehető készítmények
	22	Élelmiszerek	Italok, szeszes italok és ecet
	23	Élelmiszerek	Élelmiszeripar, maradványai és hulladékai; elkészített állati takarmány
	24	Élelmiszerek	Dohány és feldolgozott dohánypótlók
5.	25	Ásványi termékek	Só; kén; földek, kő; vakolóanyagok, mész és cement
	26	Ásványi termékek	Érc, salak és hamu
	27	Ásványi termékek	Ásványi tüzelőanyagok, ásványi olajok és desztillációs termékek
6.	28	Kémiai anyagok/termékek	Szervetlen vegyszerek; nemesfémek szerves és szervetlen vegyületei
	29	Kémiai anyagok/termékek	Szerves vegyszerek
	30	Kémiai anyagok/termékek	Gyógyszerészeti termékek
	31	Kémiai anyagok/termékek	Trágyák
	32	Kémiai anyagok/termékek	tanninok és származékai; színezékek, pigmentek
	33	Kémiai anyagok/termékek	Illóolajok és rezinoidok; illatszerek, kozmetikai vagy WC-készítmények
	34	Kémiai anyagok/termékek	Szappan, szerves felületaktív anyagok; mosás, kenés, polírozás esetében

	35	Kémiai anyagok/ termékek	Albuminoid anyagok; módosított keményítők; ragasztók; enzimek
	36	Kémiai anyagok/ termékek	Robbanóanyagok; pirotechnikai termékek; gyufák; piroforos ötvözetek
	37	Kémiai anyagok/ termékek	Fényképészeti vagy mozi termékek
	38	Kémiai anyagok/ termékek	Máshol nem említett vegyi termékek.
7.	39	Műanyagok és gumi	Műanyagok és ezekből készült áruk
	40	Műanyagok és gumi	Gumi és ebből készült áruk
8.	41	Állatbőr	Nyers bőr és bőr
	42	Állatbőr	Bőráruk; nyergek és hákok; utazási cikkek, kézitáskák
	43	Állatbőr	Szőrme és műszőrme; ezekből készült termékek
9.	44	Fa termékek	Fa és fatermékek; faszén
	45	Fa termékek	Parafa és parafatermékek
	46	Fa termékek	Szalmából, eszpartóból vagy más fonásból készült termékek; kosár- és fonottmunka
10.	47	Papír áruk	Fa cellulóz vagy más rostos cellulóz anyag
	48	Papír áruk	Papír és karton; cikkek papírpépből, papírból vagy kartonból
	49	Papír áruk	Nyomtatott könyvek, újságok, képek és egyéb nyomdai termékek
11.	50	Textíliák	Selyem
	51	Textíliák	Gyapjú, finom vagy durva állati szőr; lószőr fonál és szövet
	52	Textíliák	Pamut
	53	Textíliák	Növényi textilszálak; papírfonál és szövött szövet papírfonalból

	54	Textíliák	Mesterséges szálak
	55	Textíliák	Mesterséges vágott szálak
	56	Textíliák	Vatta, nemez és nem szőtt szövet, speciális fonalak; zsineg, kötél, kötelek
	57	Textíliák	Szőnyegek és egyéb textil padlóburkolatok
	58	Textíliák	Szövetek; speciális szövött szövetek, csomózott textilszövetek, csipkék, kárpitok, díszek
	59	Textíliák	Textil szövetek; impregnált, bevont, burkolt vagy laminált; textil cikkek
	60	Textíliák	Szövetek; kötött vagy hurkolt termékek
	61	Textíliák	Ruházat és ruházati kiegészítők; kötött vagy hurkolt termékek
	62	Textíliák	Ruházat és ruházati kiegészítők; kötött vagy hurkolt termékek
	63	Textíliák	Textilek, készáruk; készletek; kopott ruházat és textiláruk; rongyok
12.	64	Lábbeli és fejfedő	Cipő; lábszárvédők és hasonló; az ilyen cikkek részei
	65	Lábbeli és fejfedő	Fejfedő és részei
	66	Lábbeli és fejfedő	Esernyők, napernyők, sétatobok, botok, osztorok és ezek részei
	67	Lábbeli és fejfedő	Toll és pehely, előkészítve; és tollból vagy pehelyből készült áruk; művirágok; cikkek emberi hajból
13.	68	Kő és üveg	Kő, gipsz, cement, azbeszt, csillám vagy hasonló anyagok
	69	Kő és üveg	Kerámia termékek
	70	Kő és üveg	Üveg és üvegárak
14.	71	Értékes fémek	Természetes, tenyésztett gyöngy; drágakövek, féldrágakövek; nemesfémek, nemesfémekkel

			plattírozott fémek és ezekből készült áruk; ékszerutánszatok; érmék
15.	72	Fémek	Vas és acél
	73	Fémek	Vas- vagy acéltermékek
	74	Fémek	Réz és ebből készült áruk
	75	Fémek	Nikkel és ebből készült áruk
	76	Fémek	Alumínium és ebből készült áruk
	77	Fémek	-
	78	Fémek	Ólom és ebből készült áruk
	79	Fémek	Cink és ebből készült áruk
	80	Fémek	Ón és ebből készült termékek
	81	Fémek	Fémek; máshol nem említett termékek, csermet és ebből készült áruk
	82	Fémek	Szerszámok, eszközök, evőeszközök, kanalak és villák nem nemesfémből; részei
	83	Fémek	Fém; különféle nem nemesfém termékek
16.	84	Gépek	Atomreaktorok, kazánok, gépek és mechanikus berendezések; ezek részei
	85	Gépek	Elektromos gépek és berendezések és ezek alkatrészei; hangrögzítők
17.	86	Szállítás, közlekedés	Vasúti, villamos mozdonyok, gördülőállomány és ezek alkatrészei
	87	Szállítás, közlekedés	Járművek; a vasúti vagy villamosvasúti járművek kivételével, valamint alkatrészei
	88	Szállítás, közlekedés	Repülőgép, űrhajó és ezek részei
	89	Szállítás, közlekedés	Hajók, csónakok és úszó szerkezetek
18.	90	Műszerek	Optikai, fényképezési, operatőr, mérő, ellenőrző, orvosi eszközök
	91	Műszerek	Órák és alkatrészeik

	92	Műszerek	Hangszerek; az ilyen termékek alkatrészei és tartozékai
19.	93	Fegyverek	Fegyverek és löszerek; alkatrészei és tartozékai
20.	94	Egyéb/vegyes	Bútor; ágynemű, matrac, matractartó, párna és ehhez hasonló termékek
	95	Egyéb/vegyes	Játékok, játékok és sporteszközök; alkatrészei és tartozékai
	96	Egyéb/vegyes	Különböző termékek
21.	97	Művészetek és régiségek	Művészeti alkotások; gyűjtői darabok és régiségek

Eredmények

A termékcsoportok asszortativitásának sajátvektor-középpontjainak részletes értékei

Ord	PR1	NDA1	PR2	NDA2	PR3	NDA3	PR4	NDA4	PR5	NDA5
1	33	1.000	15	1.000	38	1.000	67	1.000	24	1.000
2	93	0.638	27	0.641	22	0.990	12	0.796	71	0.707
3	49	0.401	45	0.581	56	0.690	84	0.796	97	0.707
4	87	0.400	86	0.533	73	0.660	55	0.732		
5	94	0.400	23	0.482	35	0.558	68	0.583		
6	82	0.375	25	0.481	30	0.553	76	0.268		
7	96	0.360	37	0.413	34	0.546				
8	85	0.353	21	0.401	66	0.476				
9	19	0.351	40	0.348	69	0.429				
10	42	0.288		0.282	13	0.355				

Ellenálló képesség a véletlenszerű támadásokkal szemben

Ord	PR1	NDA1	PR2	NDA2	PR3	NDA3	PR4	NDA4	PR5	NDA5	PR6	NDA6
1	26	1.000	29	1.000	14	1.000	44	1.000	30	1.000	72	1.000
2	61	0.987	10	0.994	24	0.838	71	0.926	13	0.636	52	1.000
3	45	0.977	76	0.902	43	0.754	87	0.891	92	0.635	59	0.816
4	46	0.903	90	0.893	53	0.539	20	0.825	96	0.600	17	0.816
5	66	0.846	97	0.858	88	0.501	42	0.739	75	0.556	33	0.408
6	86	0.836	84	0.829	12	0.445	39	0.669	81	0.480	58	0.408
7	49	0.803	38	0.752	65	0.346	70	0.586	74	0.480	11	0.408
8	93	0.758	34	0.736	85	0.342	94	0.494	36	0.294	55	0.408
9	62	0.676	16	0.712	32	0.334	83	0.276	80	0.222		
10	54	0.589	82	0.522	19	0.330	22	0.276				

Ellenálló képesség a szisztematikus támadásokkal szemben

Ord	PR1	NDA1	PR2	NDA2	PR3	NDA3	PR4	NDA4	PR5	NDA5	PR6	NDA6
1	81	1.000	92	1.000	60	1.000	12	1.000	84	1.000	67	1.000
2	44	0.436	10	0.765	11	0.627	22	0.850	29	0.745	71	0.500
3	20	0.363	50	0.585	18	0.539	63	0.598	54	0.745	95	0.500
4	65	0.363	52	0.579	39	0.437	15	0.557	88	0.745	25	0.500
5	86	0.270	47	0.551	31	0.375	85	0.384	62	0.667	83	0.500
6	61	0.253	70	0.487	90	0.375	73	0.384	28	0.333		
7	64	0.253	43	0.429	42	0.375	16	0.384	33	0.333		
8	17	0.253	66	0.370	76	0.375	38	0.327				
9	46	0.253	79	0.215	56	0.235	72	0.327				
10	69	0.253	48	0.159								

Kétoldali aszimmetria értékei

Ord	PR1	NDA1	PR2	NDA2	PR3	NDA3	PR4	NDA4	PR5	NDA5
1	50	1.000	92	1.000	32	1.000	46	1.000	69	1.000
2	31	0.611	55	0.985	17	0.778	88	0.818	57	0.852
3	68	0.588	51	0.937	21	0.725	19	0.790	95	0.695
4	76	0.541	15	0.895	56	0.581	33	0.706	42	0.547
5	83	0.502	97	0.888	34	0.523	60	0.569	64	0.547
6	84	0.501	45	0.642	61	0.523	58	0.313	40	0.547
7	39	0.492	13	0.641	11	0.475	14	0.256	79	0.547
8	96	0.477	35	0.629	66	0.469	62	0.245	94	0.501
9	63	0.452	36	0.605	93	0.294	65	0.221		
10	70	0.448	67	0.543	26	0.232	59	0.077		

Reciprocitás értékei

Ord	PR1	NDA1	PR2	NDA2	PR3	NDA3
1	50	1.000	35	1.000	97	1.000
2	68	0.615	55	0.909	86	0.855
3	69	0.547	32	0.892	29	0.784
4	31	0.533	17	0.847	45	0.688
5	76	0.529	21	0.836	15	0.642
6	84	0.500	33	0.807	81	0.600
7	83	0.500	13	0.792	20	0.536
8	39	0.485	66	0.724	93	0.438
9	96	0.433	92	0.688	60	0.399
10	70	0.432	57	0.591	67	0.322

Befok centralitás értékei és klaszterei a 81-es terméknél

Ord	CTY1	NDA1	CTY2	NDA2	CTY3	NDA3
1	LVA	0.980	NCL	0.698	FRA	0.934
2	LTU	0.975	LCA	0.665	BLR	0.926
3	BGR	0.973	DZA	0.649	UKR	0.916
4	RUS	0.973	TTO	0.640	SLV	0.916
5	VNM	0.971	ZAF	0.617	SVN	0.911
6	MYS	0.969	KNA	0.617	ECU	0.911
7	ROU	0.968	FSM	0.604	CZE	0.907
8	ESP	0.967	SWZ	0.602	CHN	0.905
9	TUR	0.966	BWA	0.589	CRI	0.901
10	SVK	0.965	MEX	0.582	VNM	0.900

Kifok centralitás értékei és klaszterei a 81-es terméknel

Ord	CTY1	NDA1	CTY2	NDA2	CTY3	NDA3
1	COD	0.598	IND	0.970	BEL	0.847
2	MDA	0.579	KOR	0.967	CHE	0.841
3	BEL.1	0.553	CZE	0.958	ZAF	0.836
4	PRK	0.440	SVN	0.958	ITA	0.810
5	ZAF.1	0.307	CHN	0.956	LUX	0.806
6	CXR	0.297	SGP	0.956	GBR	0.753
7	KGZ	0.273	GRC	0.951	IDN	0.748
8	HTI	0.268	POL	0.947	ESP	0.748
9	DZA	0.267	ESP	0.946	SWE	0.748
10	CCK	0.260	MYS	0.946	FRA	0.739