

DOI: [10.54597/mate.0033](https://doi.org/10.54597/mate.0033)

Horváthné Kovács, B., Pintér, Zs., Nagy, M. Z. (2022): Hálózatelemzési megoldások az agri-food szektorban. In: Srečec, S., Csonka, A., Koponicsné Györke, D., Nagy, M. Z. (szerk.): Élelmiszerláncok menedzsmentje. Gödöllő: MATE Press, 2022. pp. 96–112. (ISBN 978-963-623-026-5)



7. FEJEZET

Hálózatelemzési megoldások az agri-food szektorban

Szerzők:

Horváthné Kovács Bernadett ORCID: [0000-0002-2038-6428](https://orcid.org/0000-0002-2038-6428), Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Pintér Zsófia ORCID: [0000-0001-5250-2115](https://orcid.org/0000-0001-5250-2115), Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Nagy Mónika Zita ORCID: [0000-0003-0847-190X](https://orcid.org/0000-0003-0847-190X), Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

7.1. Definíció, fogalom, mainstream alkalmazások

A közösségi hálózat (-elemzés) -tanulmányok és maga a tudományterület az élet számos területére terjed ki, mint például a DNS-térképezés, a logisztika vagy a marketingkutató.

Ha a világról a baráti kapcsolatokat, információkat, pénzt és hatalmat összekötő és átadó különböző átfedő hálózatokban gondolkodunk, nyilvánvalóvá válik, hogy a közösségi hálózatok elemzésén keresztül számos témában új felismerésekhez juthatunk. Gondoljunk csak néhány példára, amelyeket általában hálózati koncepcióként értelmeznek, mint például az emberek online vagy hagyományosabb közösségi hálózatai, Kevin Bacon színész 6 foka, vagy az a mód, ahogyan a Facebook algoritmusai előre jelzik a kínált termékeket vagy felajánlanak barátokat. Intuitív érzésünk van azzal kapcsolatban, hogy a körülöttünk lévő emberek kapcsolatai óriási szerepet játszanak^[1].

Miért támaszkodjunk a hálózatelemzésre?

A standard statisztikai módszerek nem lennének elég hatékonyak a közösségi hálózatok kapcsolatainak vizsgálata nélkül. A hálózatelemzés gazdasági területen való alkalmasságát Barabás Albert László munkássága támasztja alá, ezért ez az ismertanyag is ezt veszi alapul.^[2]

Az elszigetelt adatpontok közötti hasonlóságok és különbségek nem, de a közösségi hálózatok adatelemzése eszközök ad az egyes pontok közötti kapcsolatok számszerűsítésére, hogy megtaláljuk a mintákat a minket mint társadalmat összekötő erőben. Ha a kutatók kiderítik, hogy egy személy hogyan kapcsolódik vagy szakadt el az emberektől, csoportoktól és trendektől egy populációban és feltárják mindazon emberek esetét, akik úgy tűnik, hogy mindenkiel barátok, akkor képesek lesznek felfedni a társadalmi csoportokat összekötő személyeket.

A témát gyakorlatiasabb szemszögből nézve lényeges, hogy a döntéshozók információt szerezzenek arról, hogy mi készlet egy idegenekből álló csoportot véleménycsoportok kialakítására, mely hálózatok szilárdak, hogyan alakulnak ki olyan dolgok, mint a hatalom, a hiedelmek vagy akár milyen módon áramlik az egyének összeköttetése révén egy járvány. Ezeket a gyakorlati kérdéseket kvantitatív válaszokkal, valamint a közösségi hálózatok elemzésének segítségével új megközelítésekben lehet megválaszolni.

Hogyan fejlődött a hálózatelemzés és a hálózattudomány?

A közösségi hálózatok elemzése nagyon nyitott terület, és számos technikai lehetőség kipróbálása áll rendelkezésre a vizsgálatokhoz. Például földrajzi adatok hozzáadása annak megértéséhez, hogy a fizikai környezet hogyan változtatja meg a hálózat dinamikáját. Az online közösségi médiát használó vállalkozások számára kulcsfontosságú lehet annak megértése, hogy az emberek hogyan kapcsolódnak (reagálnak vagy más módon tanulnak) az üzleti tevékenységekhez, vagy milyen információk állnak rendelkezésre ezekről az emberekről.

A fellendülés a számítástudomány területén és az új adatforrások tömeges megjelenése megkönnyítette a közösségi hálózatok elemzését. A közösségihálózat-elemzés a hálózatelemzés alkalmazása a társadalmi rendszerek modellezésére és elemzésére. Egyesíti a társadalmi kapcsolatok elemzésére szolgáló eszközöket, és az ezekből a társadalmi interakciókból kialakuló struktúrák magyarázatára szolgáló elméletet.

A közösségi hálózatok egyénekből és szervezetekből álló tanulmányok, és az elemzés célja ezen entitások kvantitatív leírása a statisztikai elemzés formális matematikai nyelvén. A hálózattudomány a társadalmi valóság legfontosabb jellemzőjének, az egyének közötti kapcsolatoknak a megragadásával ad hozzá információkat az ok-okozat elemzéséhez. A hálózattudomány az empirikus adatokat elemzi, és elméleteket dolgoz ki az ezekben a hálózatokban megfigyelt minták magyarázatára. Olyan kérdéseket tesz fel, mint a hálózaton belüli kapcsolódás foka, annak általános struktúrája, hogy milyen távolságra fog valami szétszóródni vagy terjedni, vagy hogy mi a szerepe egy adott csomópontnak a hálózaton belül.^[3]

7.2. Hálózatelemzés az agrár-élelmiszeripari ágazatban**A hálózatelemzés alkalmazásai**

A közösségi hálózatok elemzését már alkalmazták a *vállalaton belüli befolyás szerkezetének tanulmányozására*. Az eredmények meglepőek lehetnek, hiszen az információ és a kommunikáció tényleges áramlásának hálózatként történő modellezése egészen más képet adhat a hierarchia alapján látszólag irreleváns alkalmazottakról, akik valójában jelentős befolyást gyakorolhatnak a hálózaton belül.

A kutatók tanulmányozzák az *innováció mint az új ötletek hálózatok közötti terjesztésének folyamatát* is, ahol a hálózat általános szerkezete jelzi a kapcsolódás, a központosítás vagy a decentralizáció mértékét is.

Egy másik fontos kutatási terület például a hálózatok dinamikája, vagyis a *hálózatok idővel történő fejlődése*. A közösségi hálózatok elemzésével a terrorista csoportok szerkezetében bekövetkezett változásokat tanulmányozzák, hogy azonosítsák azokat a változásokat, amelyek révén létrejönnek, megerősödnek vagy feloszlanak a kapcsolatok.

A közösségi hálózatok elemzését a *nemzetközi politikán és kultúrán belüli szegregáció és klaszteresedés mintáinak tanulmányozására* is használták. Az országok és kultúrák hiedelmeit és értékeit hálózatként feltérképezve azonosíthatjuk, hol fedik egymást vagy ütköznek a vélemények és a hiedelmek. Ez hasznos lehet azoknak a nemzetközi vállalatoknak, amelyek szervezetei több kultúrát is átérnek.

A közösségi hálózatok elemzése egy hatékony új módszer, amely lehetővé teszi számunkra, hogy gyakran nagy és sűrű adatkészleteket lebilincselő vizualizációkká alakítsunk, amelyek gyorsan és hatékonyan tudják kommunikálni a rendszeren belüli mögöttes dinamikát.

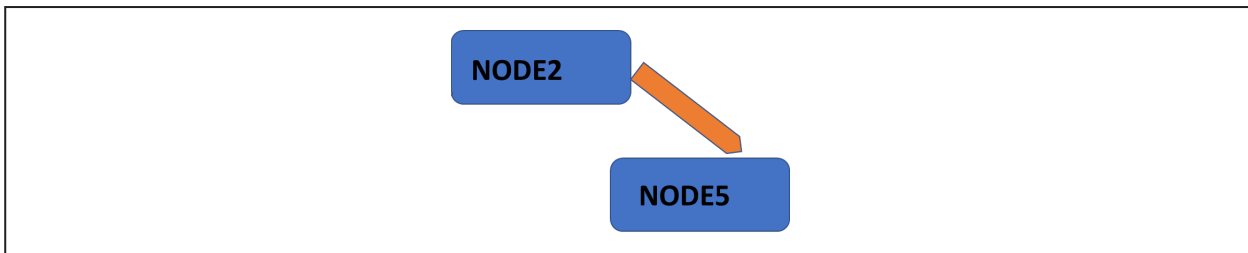
A közösségi hálózatok elemzése hatalmas lehetőséget kínál a világunkat alkotó összetett társadalmi rendszerek mélyebb és pontosabb megértéséhez.^[2]

7.2.1. A társadalmi-környezeti-gazdasági-termelési tér hálózatai

Először is meg kell értenünk, hogy a hálózatok hogyan működnek. A hálózat elemeinek tisztánlátása érdekében ez a fejezet röviden bemutatja a hálózati struktúrák alapvető szókincsét és statisztikáit.

Csomópontok

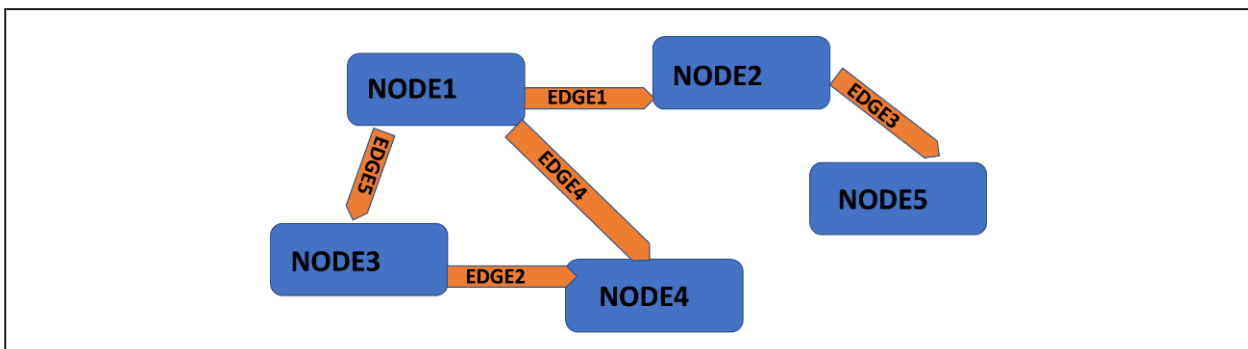
A hálózat vagy diagram csomópontjai vagy pontjai olyan elemek, amelyeknél a kapcsolatokat jelző élek metszik egymást vagy elágaznak. Az alábbi esetben két csomópontot egy él (Node2 és Node5) kapcsol össze (1. ábra).



1. ábra. Csomópontok kapcsolata

Élek

Az élék a hálózat csomópontjai közötti vagy azokon áthaladó útvonalak. Például a 2. ábrán az Edge1 a Node1-ről a Node2-re megy és így tovább.



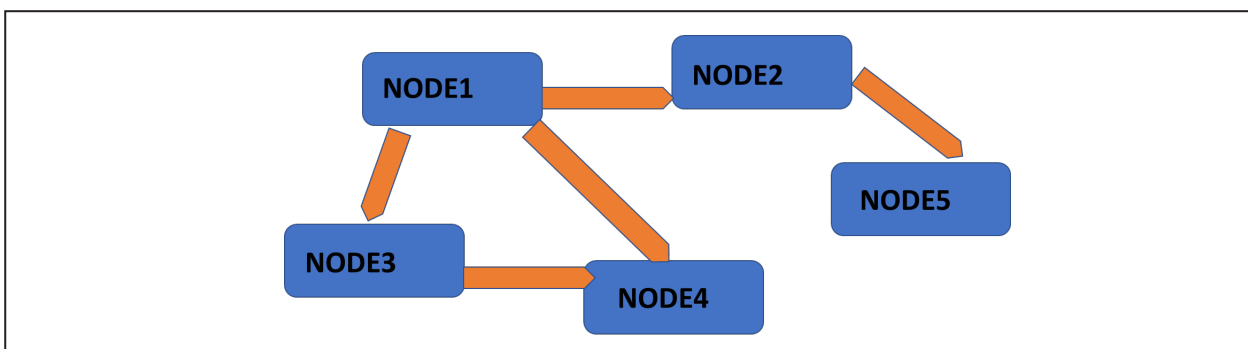
2. ábra. Csomópontok kapcsolódásai egy egyszerűsített modellben

Fokszám

A fokszám kifejezés a csomópontok által reprezentált metszéspontokat elérő kapcsolatok, vagy élék számát fejezi ki; egy csomópont másik csomópontokkal való közvetlen kapcsolatainak számát méri. Valójában egy csomópont fokszáma betekintést nyújt abba, hogy az adott csomópont milyen jól kapcsolódik a többihez. A 2. ábrán az 1. csomópont fokszáma 3, mivel közvetlenül kapcsolódik három további csomóponthoz (Node2, Node3 és Node4).

Fokszámeloszlás

A hálózatok leírásának általános módja a fokszámeloszlás megadása. A fokszám eloszlása egyszerűen az a szám, hogy hány csomópont rendelkezik adott fokszámmal.



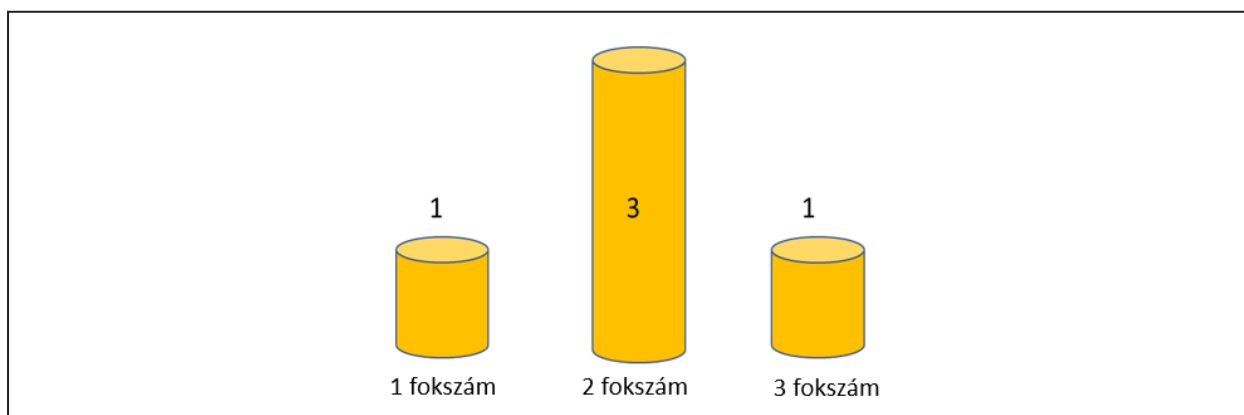
3. ábra. Mintahálózat irányított élékkel

Tekintettel a fenti, egyszerű, öt csomópontból álló hálózatra (3. ábra), minden egyes csomóponthoz megszámlálhatjuk a be- és kimenő éléket.

Például az 1. csomópontnak három közvetlen kapcsolata van (a 2. csomóponthoz, a 3. csomóponthoz és a 4. csomóponthoz), vagyis az 1. csomópontnak 3 a fokszáma. Az 5. csomópontnak csak egy közvetlen kapcsolata van, ami a 2. csomópontról indul, vagyis az 5. csomópont fokszáma 1.

A fokszámeloszlás egyszerűen a fokszámok összevetése: hány csomópontnak van 1 fokszáma, 2 fokszáma stb. (4. ábra).

A fenti példában a fokszámok (adott számú fokkal rendelkező csomópontok száma): 1 fokszáma: 1; 2 fokszáma: 3; 3 fokszáma: 1; 4 fokszáma: 0 csomópontnak van.



4. ábra. A mintahálózat fokszámeloszlása

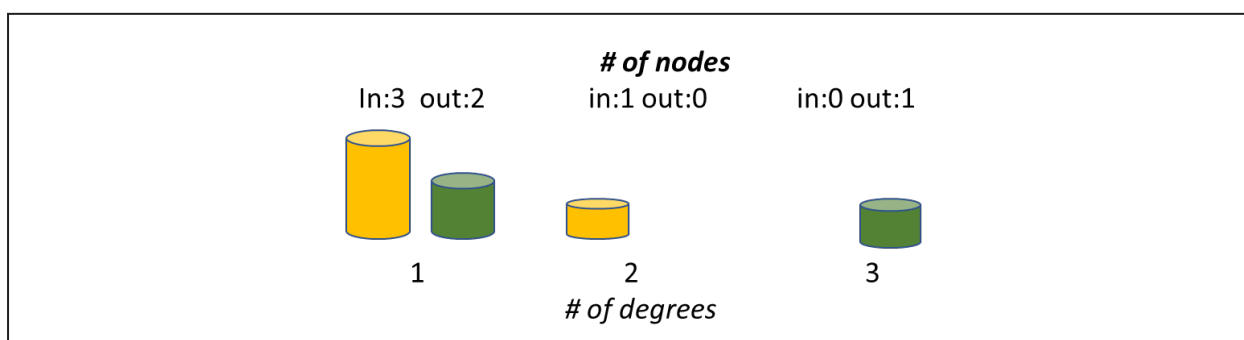
Ha a fokszámeloszlás grafikonjára felvesszük a csomópontok számát, akkor az x tengelyen a fokszámot látjuk. Ebben az esetben a 3 a legmagasabb fokszámunk. Az y tengely az ilyen fokszámmal rendelkező csomópontok száma. A példában 3 és 1 fokszám esetén 1, 2 fokszám esetén 3.

Lehetőség van arra is, hogy egy irányított gráfban különbséget tegyünk a be- és kimenő fokszámok között (in-degree, out-degree). Ha megszámloljuk az egyes csomópontok bejövő és kimenő kapcsolatait, akkor külön kapjuk meg a fokszámok eloszlását a be- és kimenő fokokhoz (5. ábra).

A fenti példában bemenő fokszám eloszlása (adott bemeneti fokszámmal rendelkező csomópontok száma): 1 bemenő: 3; 2 bemenő: 1; 3 bemenő: 0.

Ezenkívül a kilépési fokok száma (adott kimeneti fokszámmal rendelkező csomópontok száma): 1 kimenő: 2; 2 kimenő: 0; 3 kimenő: 1.

Ez azért van így, mert a bemeneti fokszám 1 a Node2, Node3, Node5 esetén, és a kimeneti fokszám 1 a Node2 és Node3 esetén stb.



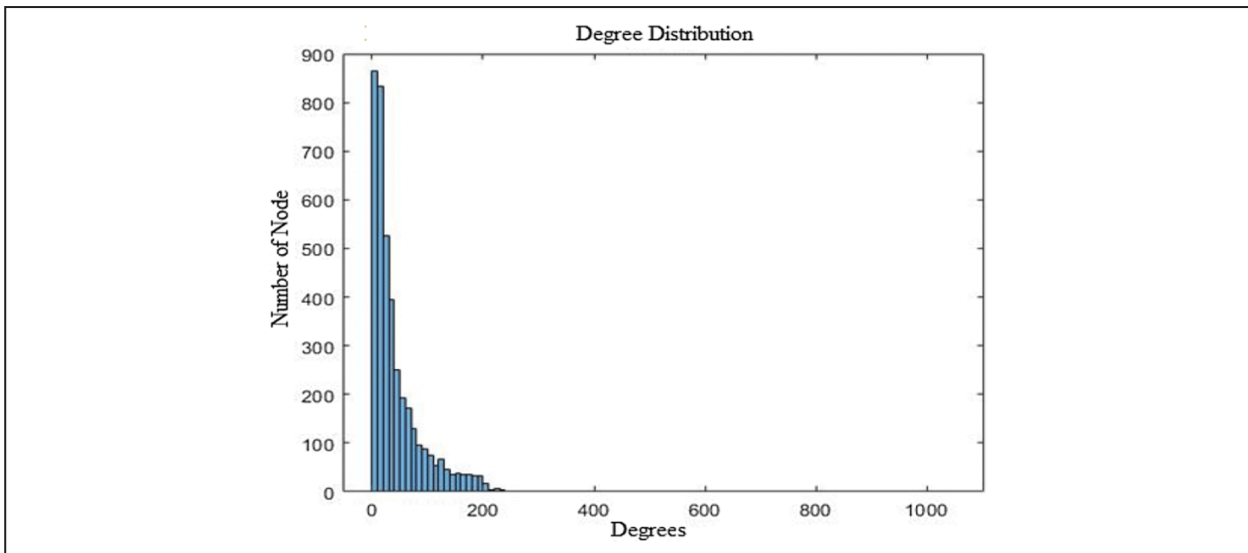
5. ábra. A mintahálózat be- és kimenő fokszámeloszlása*

*degree: fokszám, node: csomópont

Amint látható, nincs olyan csomópont, amelynek kimeneti fokszáma 2 vagy bemeneti fokszáma 3. De van 3 csomópont 1 be- és 2 csomópont 1 kimeneti fokszámmal. Ezenkívül van 1 csomópont 3 kimeneti fokkal.

Ez egy nagyon egyszerű példa. Egy olyan hálózatban, mint például a Facebook, a fokszámok széles skálája lenne – hiszen vannak emberek, akiknek több tízezer ismerőse is van. Egy ilyen összetett esetben a fokszámeloszlás x tengelye is 0-val kezdődne, mert vannak ismerősök nélküli emberek, és felmegy akár száz-ezerre, ha van olyan eset, hogy valakinek ennyi ismerőse van.

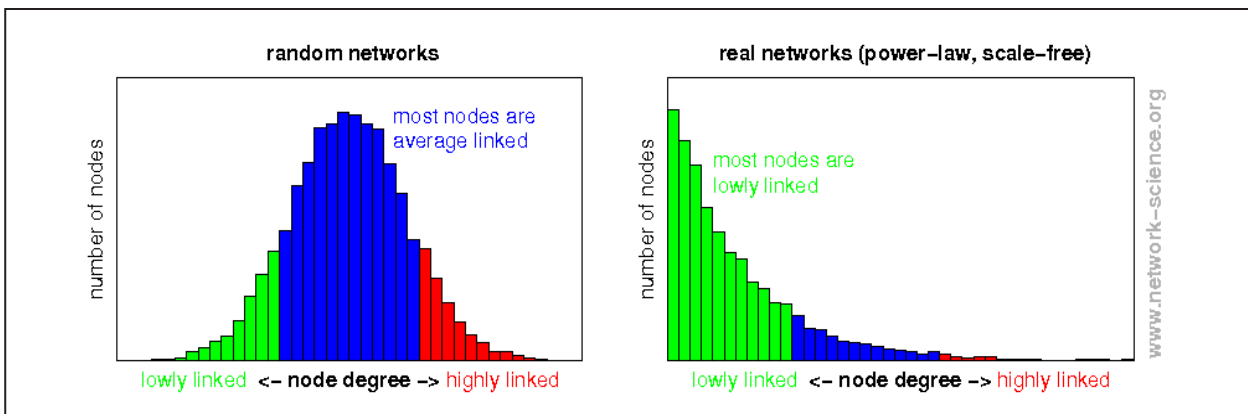
A 6. ábra egy olyan hálózatra példa, amely nagy számú csomóponttal rendelkezik: több csomópont nagyon kevés kapcsolattal (fokszámmal), míg nagyon kevés csomópont jelentős számú kapcsolattal bír.



6. ábra. A hálózatok hatványtörvény-eloszlása*

*Number of Node: csomópontok száma, Degrees: fokszámok

Ezt az eloszlást hatványtörvény-eloszlásnak nevezzük; a normál eloszlástól eltérően alacsony x értékeknél tetőzik. A hálózatok általában hatványtörvény-eloszlást követnek (haranggörbe helyett). Hasonlítsuk össze a két grafikont (7. ábra):



7. ábra. Véletlen és valós hálózatok eloszlása*

Forrás: www.network-science.org

*Lowly linked: alacsony kapcsolat, highly linked: magas kapcsolat, average linked: átlagos kapcsolat

A normál fokszám-eloszlású, véletlenszerűnek nevezett hálózatokban a legtöbb csomópont átlagosan kapcsolódik, de az úgynevezett valós hálózatok esetében a legtöbb csomópont kevés kapcsolódással rendelkezik.

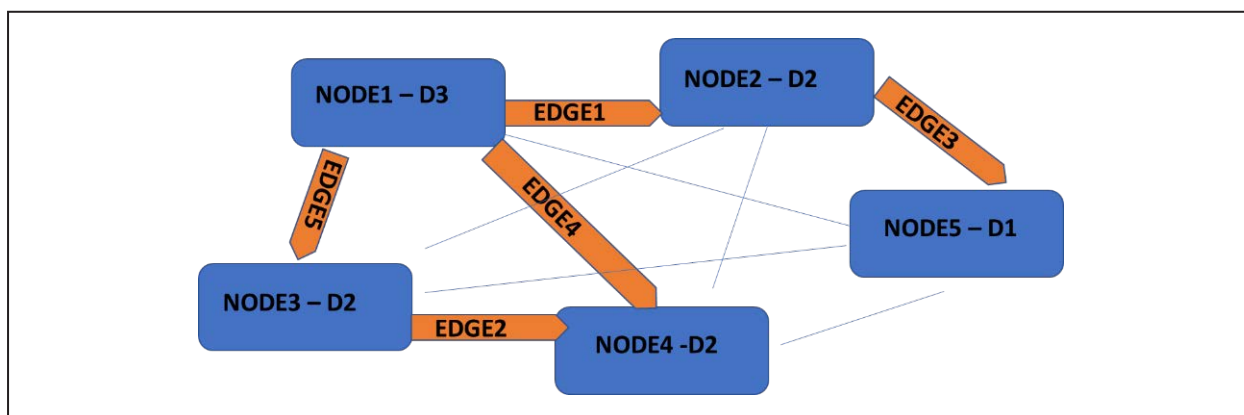
A közösségi hálózatok mellett a könyvértékesítés jó példa a hatványtörvény-eloszlásra. Sok könyvet alacsony számban adnak el, de ahogy az eladások száma nő, a nagyobb példányszámban eladott könyvek száma csökken. Tehát minden bizonnyal vannak olyan könyvek, amelyek eladási száma nagy, de a legtöbb könyv az eloszlás alsó részébe esik.

7.2.2. A mezőgazdaságiértéklánc-elemzés szereplői és kapcsolatai

Most már értjük a csomópontokat és az éleket, valamint a csomópontok fokszámait, amelyek a köztük lévő kapcsolatok mennyiségét jelzik. Lássunk néhány hasznos technikát, amelyek leírják a hálózatokat, és ami a legfontosabb, hogy mit jelentenek ezek a kapcsolódási információk a szakember számára.

Sűrűség

A hálózat megértésének másik módja a sűrűsége által történhet. A sűrűség lényegében azt méri, hogy hány él van, szemben azzal, hogy hány él lehetne. A 8. ábrán ugyanazt a hálózatot használjuk az adott öt élével, de további öt lehetséges él (kék vonal) kerül hozzáadásra a hálózathoz.



8. ábra. A hálózat sűrűsége

Megjegyzés: A csomópont megnevezése mellett látható érték a fokszám (pl. D3: 3-as fokszámot jelent)

Tehát a sűrűség kiszámításához tudnunk kell, hogy hány él van: ebben az esetben öt. A lehetséges élek száma azt adja meg, hogy hány lehetséges él van, ha minden csomópont minden másik csomóponttal csatlakozik, amely az összes lehetséges kézfogás képlettel definiálható.

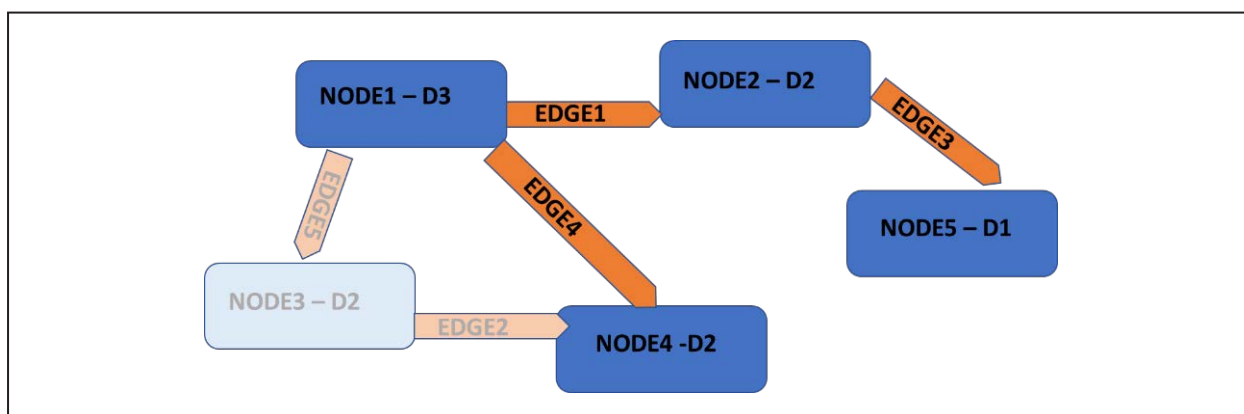
Egy csomópont további négy csomóponttal kapcsolódhat, ami öt csomópont esetén négyszer öt kapcsolatot ad. Ezt a számot el kell osztani kettővel, mivel az 1. csomópont és a 2. csomópont közötti kapcsolat megegyezik a 2. csomópont és az 1. csomópont közötti kapcsolattal.

A fenti esetben öt létező élt számolhatunk, és további öt élt számolhatunk: tehát összesen 10 élt. A sűrűség ekkor öt osztva tízzel, azaz 0,5.

Valós hálózatban a sűrűség kicsi, általában 0,1-nél vagy 10%-nál kisebb, illetve még ennél is sokkal alacsonyabb (a Facebook sűrűsége 0,0001). Minél nagyobb a hálózat, annál kisebb a sűrűsége.

Klaszterezési együtttható

Van egy másik módja annak, hogy a sűrűséget használjuk a hálózatok megértésére. A klaszterezési együtttható egy olyan mérőszám, amely megmutatja, hogy a hálózat többi része milyen jól kapcsolódik, ha eltávolítunk egy csomópontot. A 9. ábrán kivesszük azt az egy csomópontot, legyen az Node3 és kapcsolatait: Edges5 és 2. Ami marad, az a következő.

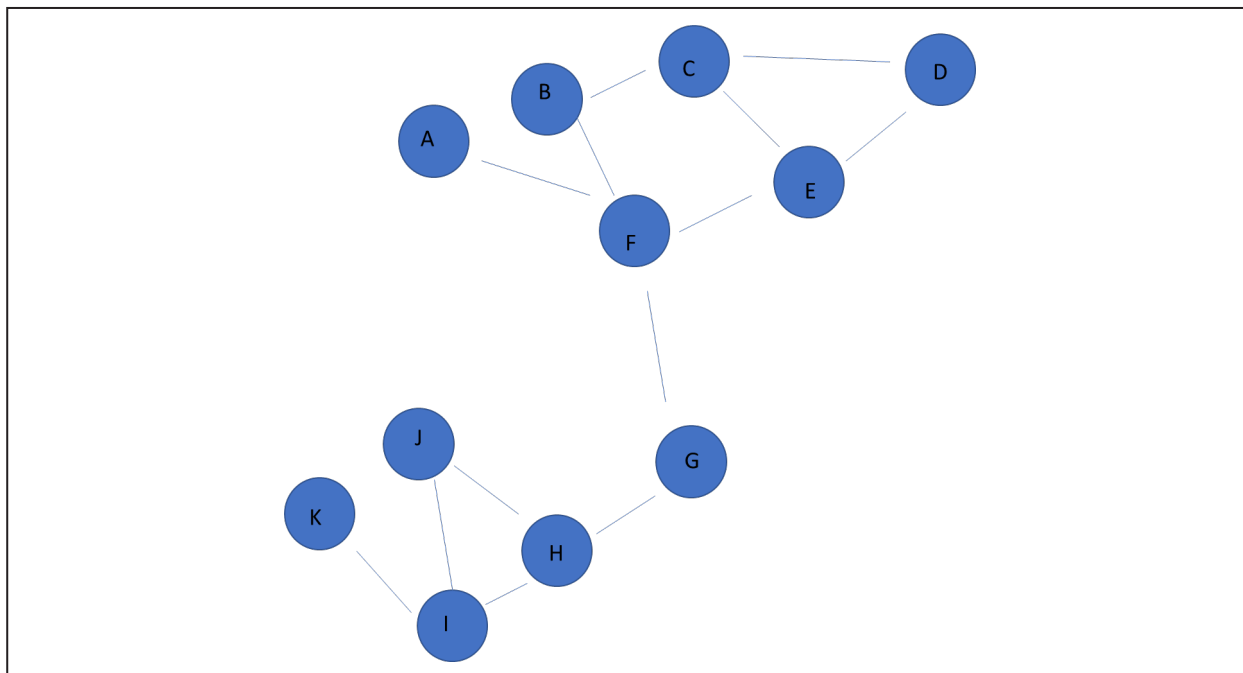


9. ábra. A modellhálózat fennmaradó része, ha nem számítjuk a 3-as csomópontot és annak éleit

Csak a Node3 nélküli csomópontokat és kapcsolatokat kell számolnunk. Könnyen belátható, hogy a kapcsolatok minél nagyobb hányada marad, annál kevésbé volt fontos az eltávolított csomópont.

A csomópontok jelentősége

A hálózaton belüli csomópontok fontosságának megértése további információt ad a hálózatról. Lássuk a következő kérdést: melyik csomópontot tekintjük a legfontosabbnak a 10. ábrán látható hálózatban?



10. ábra. Egy 11 csomópontból álló mintahálózat

A legkézenfekvőbb válasz az F vagy a G csomópont lehet. A G csomópont, mivel a hálózat két nagy részét köti össze, és az F csomópont, mivel sok kapcsolattal rendelkezik.

Mindkét megérzés helyes, különböző szempontok szerint mindkettő csomópont központi. Vannak olyan központi (centralitás) mérőszámok, amelyek alátámasztják a csomópontok fontosságára vonatkozó érveket. Ha egy hálózatot nézünk, tudnunk kell, hogy az egyes centralitás mérőszámok mit jelentenek, melyik jó a mérésre, majd érvelni kell amellett, hogy miért ez a kiválasztott centralitás mutató a legmegfelelőbb az elemzés céljára.

Centralitás mutatók

A centralitás (központi szerep) egy módszer a csomópontok fontosságának mérésére a hálózatban, amelynek több módja is van. Lehetséges, hogy ezek a mutatók adott csomópontokat eltérő fontosságúként jelenítik meg.

A közelségközpontiság

Az egyik legkönnyebben megérthető mutató a közelségközpontiság, amely a hálózat egyik csomópontjától a többi csomópontig tartó legrövidebb úthosszak átlaga. A 10. ábrát tekintve válasszuk az F csomópontot ehhez a gyakorlathoz. Az A és B csomópont 1 legrövidebb úthosszra van az F csomóponttól, mivel közvetlenül kapcsolódnak hozzá. A C csomóponthoz való eljutáshoz a legrövidebb út az B vagy az E csomóponton keresztül vezet, ezért a legrövidebb út az F csomóponttól a C csomópontig 2. Az 1. táblázat felsorolja az F csomóponttól a hálózat összes többi csomópontjáiig vezető legrövidebb úthosszt.

1. táblázat: Az F csomópont legrövidebb úthosszainak illusztrációja

Csomópont	legrövidebb úthossz az F csomóponttól
A	1
B	1
C	2
D	2
E	1
G	1
H	2
I	3
J	3
K	4

A közelségközpontosság egyszerűen a legrövidebb úthosszak átlaga: a legrövidebb úthosszak összege $1 + 1 + \dots + 3 + 3 = 20$, így az átlagot el kell osztani 10-el (ez a csomópontok száma, kivéve az F csomópontot), így az F csomópont közelségközpontossága 2.

Ugyanennek a mértéknek a kiszámításával azt találjuk, hogy az összes többi csomópontnak magasabbak a közelségközpontosság (idegen nyelvű elnevezése a closeness centrality: CC) -értékei rendre:

$$CC(F) = 2,0$$

$$CC(H) = 2,4$$

$$CC(D) = 3,2$$

....

A közelségközpontosság szempontjából ennek a hálózatnak a legfontosabb csomópontja az F csomópont, mivel ez van a legközelebb az összes többi csomóponthoz.

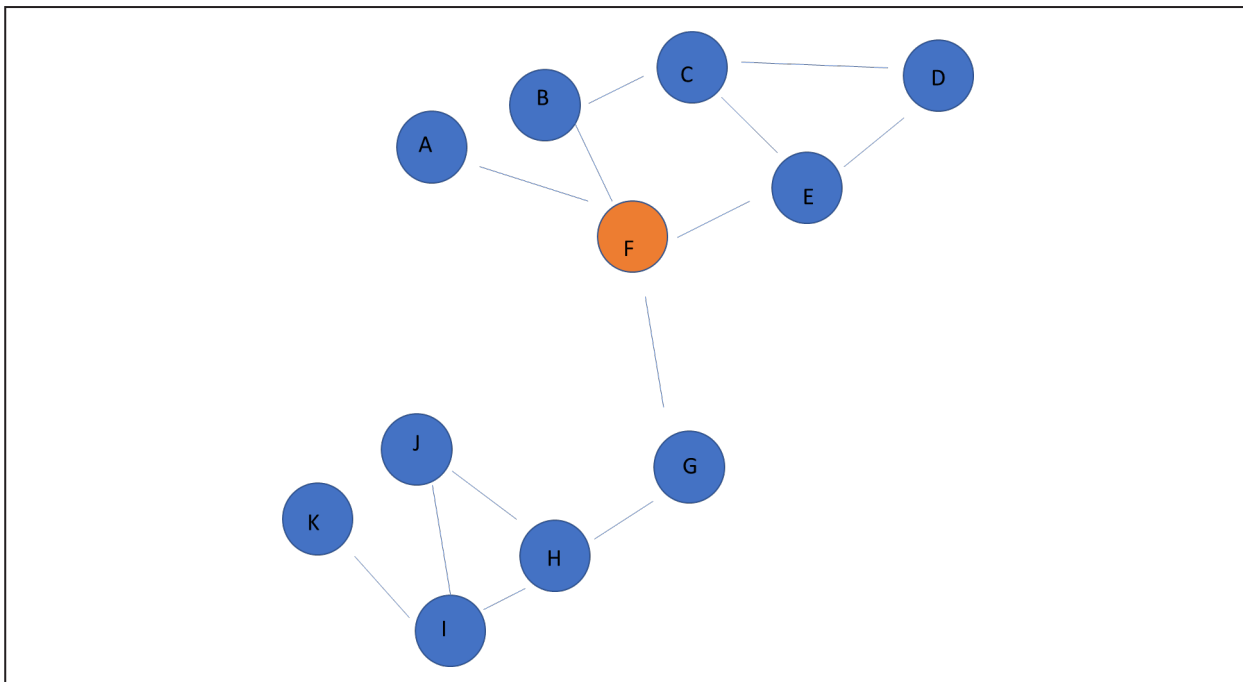
A közelségközpontosság valójában egy olyan központi mérőszám, amely azt vizsgálja, hogy egy csomópont milyen közel van a hálózat összes többi csomópontjához. Nem méri, mekkora a foka, csak arról tájékoztat, hogy szorosan kapcsolódik sok más csomóponthoz. Ez a fajta információ nagyon fontos lehet például, ha azt nézzük, hogyan terjednek a betegségek vagy az innováció.

Fokszámközpontság

A fokszámközpontság a legkönnyebben kiszámítható mérőszám, és ez egyszerűen egy csomópont foka. A fenti példában a fokszámközpontság szerint az F csomópont a legközpontibb, a H, I, C és E csomópontok pedig a második helyen állnak. Az A és K csomópontok az utolsók 1-es fokkal. Fokszámközpontság szerint igazán jól összefüggő csomópontokat keresünk. Nem számít tehát, hogy milyen szerepet töltenek be a hálózat többi részében, az a fontos információ, hogy milyen jól kapcsolódnak más csomópontokhoz.

Közöttiségcentralitás

A közösségi hálózatok elemzése során a közöttiségcentralitás az egyik legszélesebb körben használt centralitási mérőszám. A közöttiségcentralitás megadja azoknak a legrövidebb utaknak a százalékos arányát, amelyek egy adott csomópontot tartalmaznak. Vegyük az F csomópont példáját, és számítsuk ki, hogy a legrövidebb útvonalak közül hány tartalmazza ezt a csomópontot.



11. ábra. A közöttségcentralitás szemléltetése

Ehhez adott a 2. táblázat, amely jelzi az összes lehetséges csomópontpárt, és azt, hogy a köztük lévő legrövidebb út tartalmazza-e az F csomópontot vagy sem.

2. táblázat. Az F csomópontot elérő lehetséges csomópontpárok

Kezdő csomópont	Végcsomópont	Tartalmazza F csomópontot?
A	B	0
A	C	0
...		
A	I	1
A	J	1
...		
B	I	1
....		
...		
I	K	0

A legrövidebb utak teljes száma, beleértve az F csomópontot is 25, a 10 legrövidebb út pedig nem tartalmazza az F csomópontot. Tehát 25 osztva 35-tel 0,71, ami az F csomópont a köztességcentralitás száma.

Ugyanezt az eljárást (részletes bemutatás nélkül) végrehajtva a H csomópontnál a köztességcentralitás 0,4 lenne.

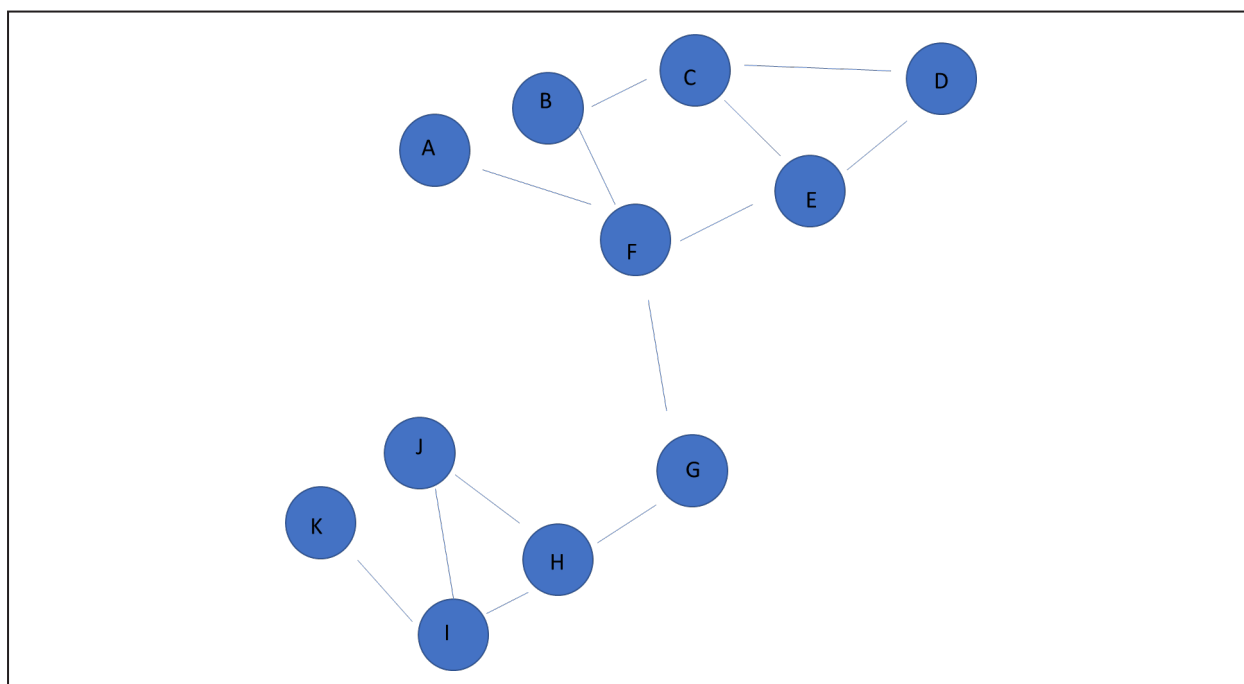
Még egy ilyen egyszerű modellben is nehéz végigszámolni, hiszen tizenegy csomópont esetén is nagy a párok száma. Sok hálózatban lehet száz legrövidebb út. Bármely hálózatelemző eszköz természetesen kiszámítja a köztességcentralitás mutatóját.

Összefoglalva, a köztességcentralitás azt méri, hogy egy csomópont milyen mértékben kapuőr (gatekeeper) a hálózatban. Tehát, az információ terjedésében bizonyos csomópontok kritikus fontosságúak, mivel ha nem vesznek részt az információ továbbításában, akkor többé nem áramlik át információ távolabbi csomópontokba.

Tehát a nagy köztességcentralitással rendelkező csomópontok általában nagyon fontosak a különböző csoportok összekapcsolásához, valamint az információk, betegségek vagy egyéb dolgok hálózatokon keresztüli áramlásának nyomon követéséhez vagy elősegítéséhez.

Kapcsolódási mutatók

A központositástól való továbblépés során a hálózat megértésének másik módja, hogy az mennyire jól kapcsolódik. A kapcsolódás és a kohézió méri az eltávolítandó csomópontok minimális számát, mielőtt a hálózat megszakadna.



12. ábra. Mintahálózat a kapcsolódási mutatók szemléltetésére

Az F vagy a G csomópont eltávolításakor a hálózat megszakad. Ezért ennek a hálózatnak a kapcsolódási mutatója 1.

Kisvilágok

A társadalmi kapcsolatok hálózataiban az átlagos távolság két csomópont között meglehetősen kicsi. A sok kapcsolattal rendelkező csomópontok (hubok) létezése miatt ezeken a csomópontokon haladnak át a legrövidebb utak, amelyek további csomópontokat kapcsolnak össze. A „kisvilág” az ilyen hálózatok kifejezése, amelynek két fő tulajdonsága van.

Az egyik az, hogy magas az átlagos klaszterezési együtthatójuk. Egy kisvilágban a csomópontok barátai többnyire jobban ismerik a másikat, mint véletlenszerűen. Másrészt a hálózat átlagos legrövidebb úthossza általában nagyon rövid. Ez azt jelenti, hogy a különböző társadalmi körökben élő emberek között általában vannak olyan emberek, akik különböző csoportokhoz kötik őket. Így elég könnyen eljuthatunk a hálózat egyik pontjáról a másikra.

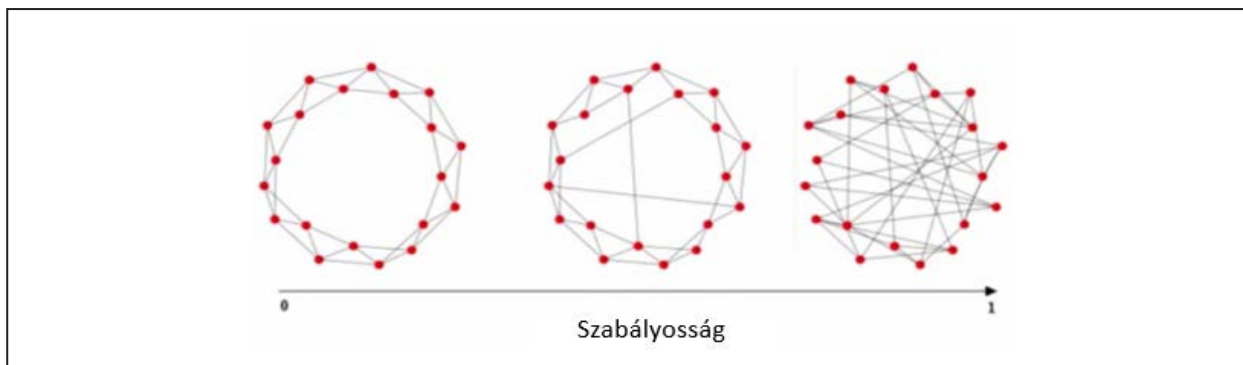
Ez egy igazán érdekes szerkezeti tulajdonság. A legtöbb közösségi hálózat, de a neurális hálózatok és az elektromos hálózatok is általában ezt a mintát viselik.

Véletlen gráfok vs. szabályos gráfok

A kisvilágoktól eltérően a csomópontok közötti véletlenszerű kapcsolatok véletlenszerű gráfot alkotnak. A foksámeloszlás normálgörbét követ. Egy véletlen gráf komplementere egy szabályos gráf.

A véletlenszerű gráfokat alaposan tanulmányozta Erdős Pál, aki az Erdős-szám kifejezés névadója. A 13. ábrán egy véletlen gráf látható. Van jó néhány csomópontja, és látható, hogy nincs valódi minta az élek megjelenésére.

Egy véletlen gráf komplementere egy szabályos gráf. Lehet egy szabályos gráfunk és egy véletlen gráfunk ugyanannyi csomóponttal és ugyanannyi éllel, mint például az ábra két szélén látható kettő, de megjelenésre nagyon eltérőek.



13. ábra. Szabályos és véletlen hálózatok

Véletlen gráf esetén az átlagos legrövidebb úthossz nagyon rövid. Bármely csomópontból elég gyorsan el lehet jutni a másikba, mivel sok él metszi át a hálózatot. Tehát a hálózat átlagos legrövidebb útja rövid. Másrészt egy szabályos gráf esetében az átlagos legrövidebb út hosszú, ugyanis, ha egy alsó csomóponttól egy felső csomópontig akarunk eljutni, akkor alapvetően végig kell menni a közbeeső csomópontokon ahhoz, hogy odaérjünk. Ha a méret megháromszorozódik, az átlagos legrövidebb úthossz is megháromszorozódik. Ez nem igaz egy véletlen gráfra.

Véletlen gráf esetében az átlagos legrövidebb úthossz mérete logaritmikusan növekszik a gráf méretével, szabályos gráfnál pedig lineárisan növekszik. Azonban egy szabályos gráfban általában magas a klaszterezési együttható, míg egy véletlen gráfban a klaszterezési együttható nagyon kicsi.

Véletlen és reguláris gráfok jellemzőinek kombinálásával olyan kisvilágok hozhatók létre, amelyek mindkét tulajdonsággal rendelkeznek. Néhány él eltávolítása és „újrahunalozása” nagyon kis mértékű hatással van az egyes csomópontok klaszterezési együtthatójára. Lehet, hogy némileg csökkenti, de nem jelentősen. Másrészt azok az élek, amelyek átvágják a hálózatot, lényegesen csökkentik az átlagos legrövidebb úthosszt.^[4]

7.3. Agrár-élelmiszerláncok hálózatai

Az ellátásilánc-hálózat (supply chain network – SCN) az alapvető ellátási lánc továbbfejlesztése. A gyors technológiai fejlődésnek köszönhetően az alapvető ellátási láncsal rendelkező szervezetek ezt a láncot összetettebb struktúrává fejleszthetik, amely a több szervezet közötti kölcsönös függést és kapcsolódást is magába foglalja, ami így egy ellátásilánc-hálózatot alkot^[5].

A szervezetek gyakran csak saját magukra koncentrálnak, amit gyártanak vagy nyújtanak, és nem arra, amit a végfelhasználó kap. Az ellátási lánc hálózatának vizsgálata lehetővé teszi a cégek számára, hogy az elejétől a végéig megvizsgálják az anyagok/információk általános mozgását, amelyen keresztül a szervezet felismerheti a partnerségek létrehozásának, illetve az együttműködésnek az értékét.

Az ellátási láncok és az ellátási hálózatok is úgy írják le az anyagok és információk áramlását és mozgását, hogy a szervezetek a végfelhasználó kiszolgálása érdekében kapcsolódnak egymáshoz^[6].

Nézzünk egy modellt az almalégyártásban egy ellátásilánc példaként (14. ábra).



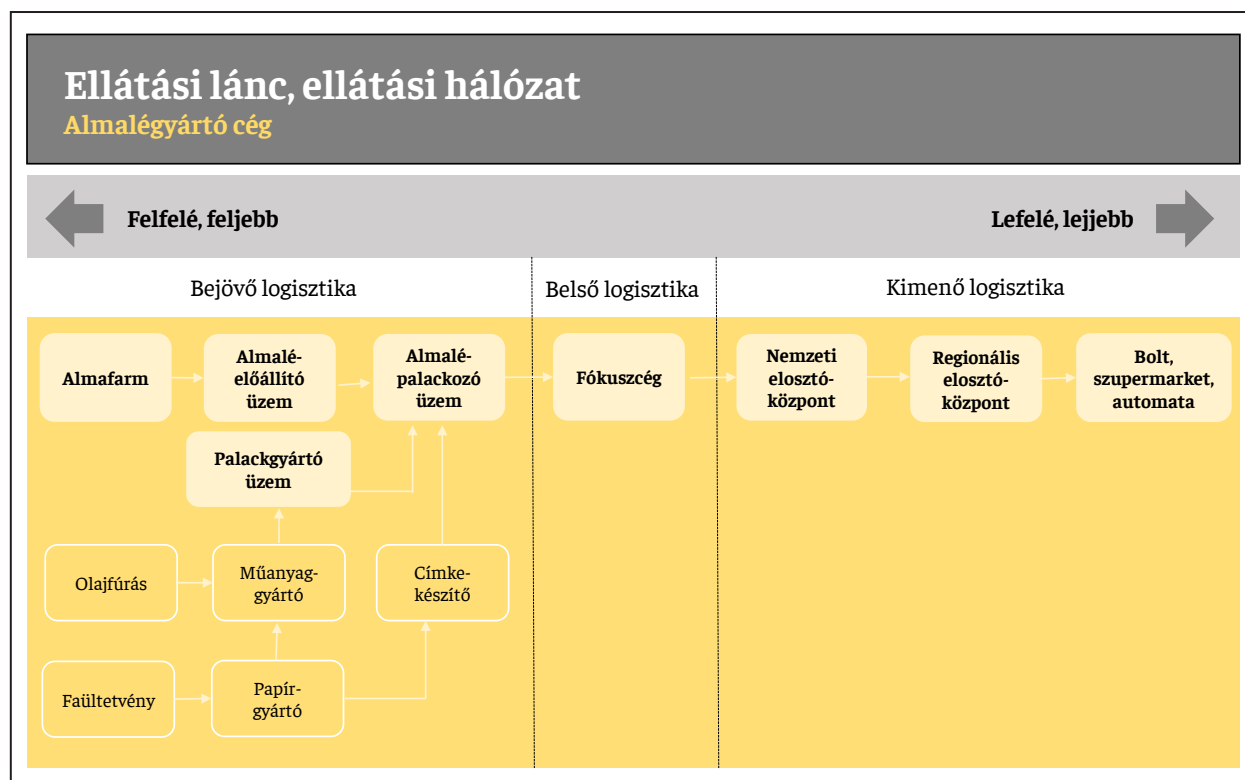
14. ábra. Ellátási lánc példája: almalé előállítása

Forrás: Hinz^[6]

A termelő biztosítja a fenti példában az alapanyagot az almalégyártó üzem számára. Az anyagok áramlását a termelőtől a végfelhasználóig tartó ellátási láncnak tekintjük.

Az almatermelő gyümölcsöt biztosít a légyártáshoz, amely az értékesítési láncba kerülve a logisztika regionális-helyi szintjein halad keresztül. A gyümölcs végül a boltokba vagy más kiskereskedőkhöz érkezik.

A 14. ábra egy egyszerűsített ellátási lánc példája. Egy nagyobb, összetettebb ellátási lánc azonban nem csak az anyagáramlás mozgását foglalja magába az alma termesztőtől a gyártási folyamaton keresztül a végfelhasználóig, hanem a gyártásban felhasznált más anyagok áramlását is, ami a beszállítói termelői lánc (15. ábra).



15. ábra. Kiterjesztett ellátási lánc – példa almalé előállítására

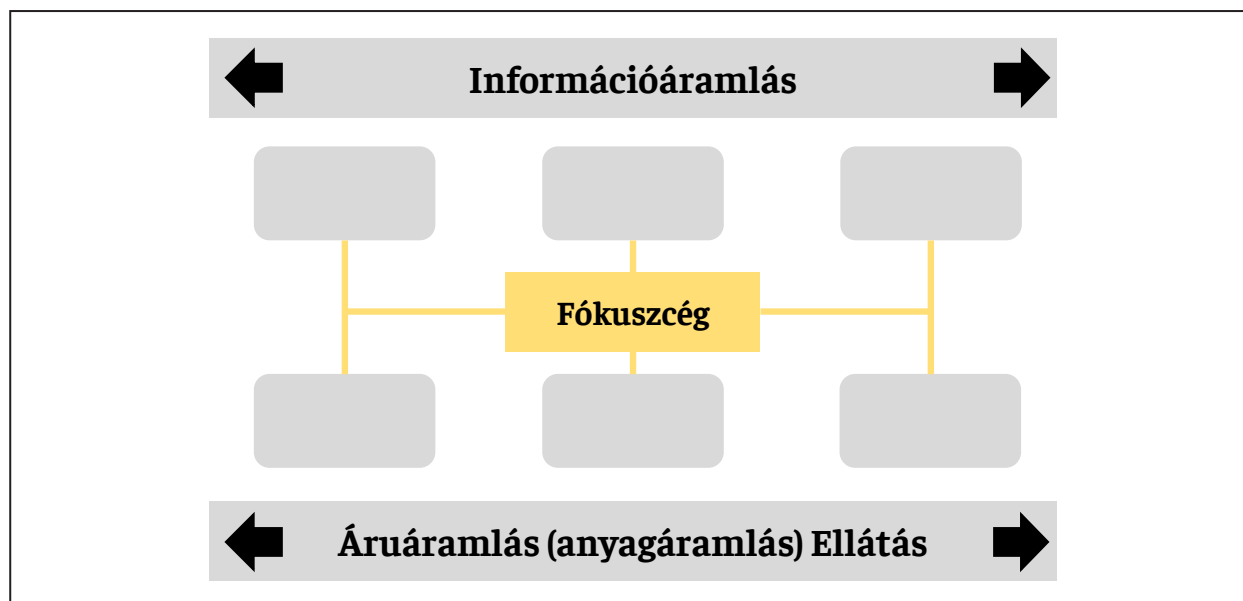
Forrás: Hinz^[6]

Ahhoz azonban, hogy teljes képet kapjunk a szervezet ellátási lánc hálózatáról, mind az információ-, mind az anyagáramlást fel kell térképezni (16. ábra). Ezáltal meghatározhatók és elkerülhetők a hatékonytalan utak.

Az anyagáramlás az áruk mozgása az elsődleges alapanyagoktól (például gyapjú, fa és szén) a befejezett termékig (TV-k, rádiók és számítógépek) terjedően, amelyeket a végső fogyasztóhoz kell szállítani.

Az információáramlás a végfelhasználótól a hálózat megelőző szervezetei felé irányuló kereslet. Ha egy adott cég ellátja beszállítóit értékesítési adataival, előrejelzési, keresleti információival, akkor beszállítói képesek lesznek csökkenteni a költségeket (például a termelési hulladék esetében) és versenyképesebbé tenni az árakat.

A végfelhasználók jobb kiszolgálása érdekében fontos lehet olyan erős partneri kapcsolatok kialakítása az ellátási hálózaton belül, amelyek hatással vannak a végfelhasználók felé történő információáramlásra, függetlenül attól, hogy gyártóról, forgalmazóról vagy kiskereskedőről van szó. A jobb kommunikáció növeli a hatékonyságot és a termelékenységet. A bizalom a megfelelő kommunikáció és kapcsolatok fejlesztésének alapvető összetevője.



16. ábra. Információáramlás vs. anyagáramlás egyszerűsített modellje
 Forrás: Hinz⁶¹

7.3.1. Esettanulmány, jó gyakorlat bemutatása

A következő alfejezet egy mezőgazdasági termelő és szolgáltató cég hálózatának modelljét mutatja be. Az a gondolat, hogy egy adott időkeretben a vállalat eladásait és vásárlásait egy hálózatban lássuk, új perspektívát kínál annak elemzésére, hogy mely termékek, szolgáltatások, partnerek stb. sérülékenyebbek vagy értékeesebbek a vállalat számára.

Segít megérteni azokat a mintákat, amelyek például jobb árazást vagy jobb kapcsolatkezelést tesznek lehetővé; általában jobb a működés hatékonysága.

A vállalat értékesítéseinek és beszerzéseinek általános szerkezetét több táblázatban gyűjthetjük össze a termékekről, szolgáltatásokról, partnerekről, számlákról, számlarészletekről stb. A mintapéldában az adatok a 2007 és 2021 közötti időszak éves számviteli nyilvántartásából származnak.

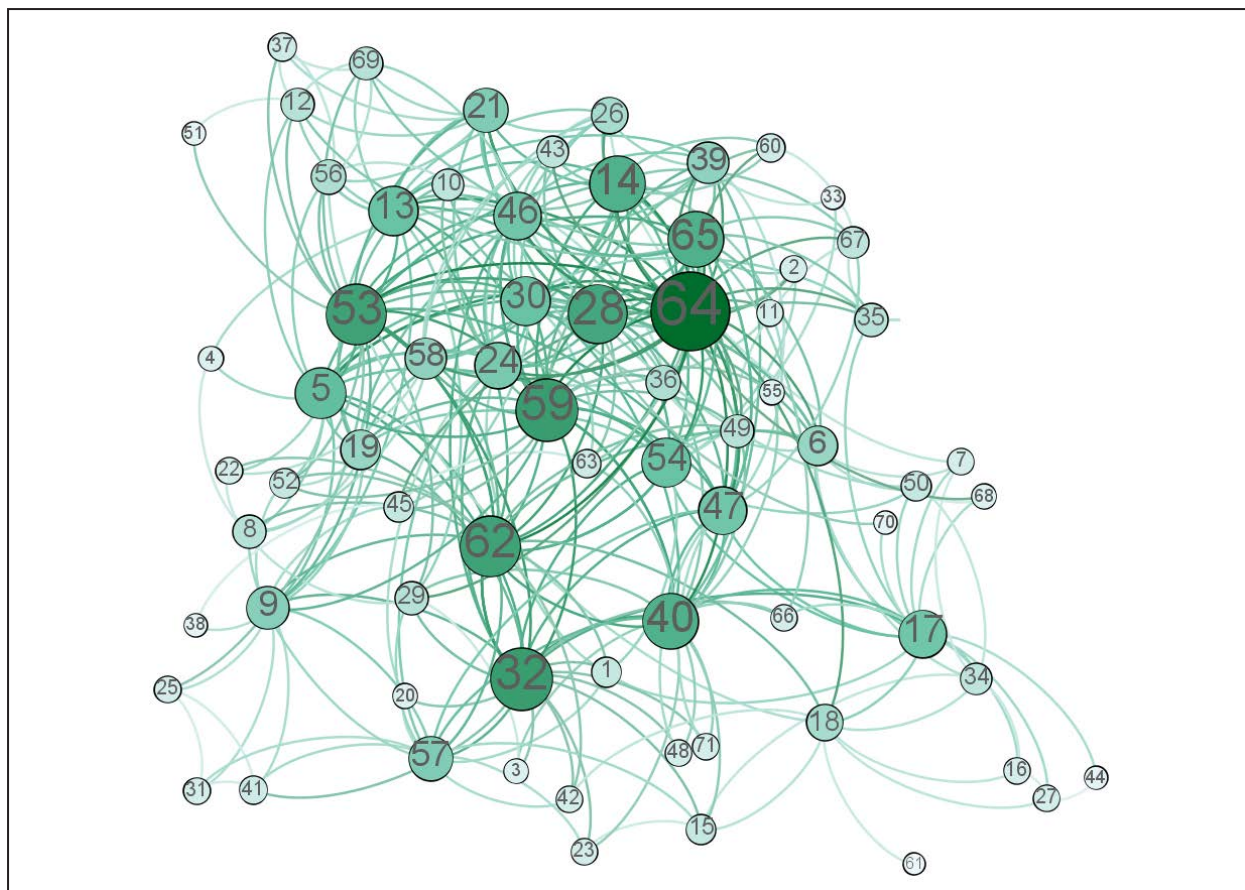
Az értékesítés hálózatszemponthú megközelítése ennél a cégnél például csomópontokként (node) értelmezheti a cikktípusokat, partnerkódokat vagy altételeket, míg a csomópontok közötti kapcsolatok lehetnek a város (a partnereknél közös), a teljesítési év (közösszámlák), vagy tételek (amelyek között közös számla vagy a partner).

Ugyancsak lehetséges egyfajta megközelítésben, hogy a vevő partnerek a csomópontok (kódok), amelyeket a várost reprezentáló linkek kötnek össze, így azok a partnerek kapcsolódnak össze, akik ugyanabban a városban helyezkednek el. A partnerek (csomópontok) fokszáma az ugyanabban a városban levő partnerek számától függ.

A számlák hálózati mintája

A következő példában a cég teljes könyvelésének csak egy részét vesszük figyelembe. 72 különböző tételt (mint számlán feltüntetett terméket és szolgáltatást) és ezek között 353 összefüggést vettünk figyelembe, amelyek egyszerre ugyanazon a számlán megjelenő tételpárok voltak.

Adott termék vagy szolgáltatás összefüggésben áll másik termékkel vagy szolgáltatással. Az, hogy milyen erős kapcsolat van köztük, az a számlák darabszáma, amiken egyidejűleg szerepelnek. Más megközelítésben adott számla kapcsolatban áll egy másik számlával, ha ugyanaz a termék vagy szolgáltatás szerepel rajtuk. Ilyenkor az, hogy milyen erős a kapcsolat közöttük, az egyidejűleg tartalmazott ugyanolyan tételek darabszáma.



17. ábra. A mezőgazdasági vállalkozás számláinak hálózatszemléltető ábrázolása

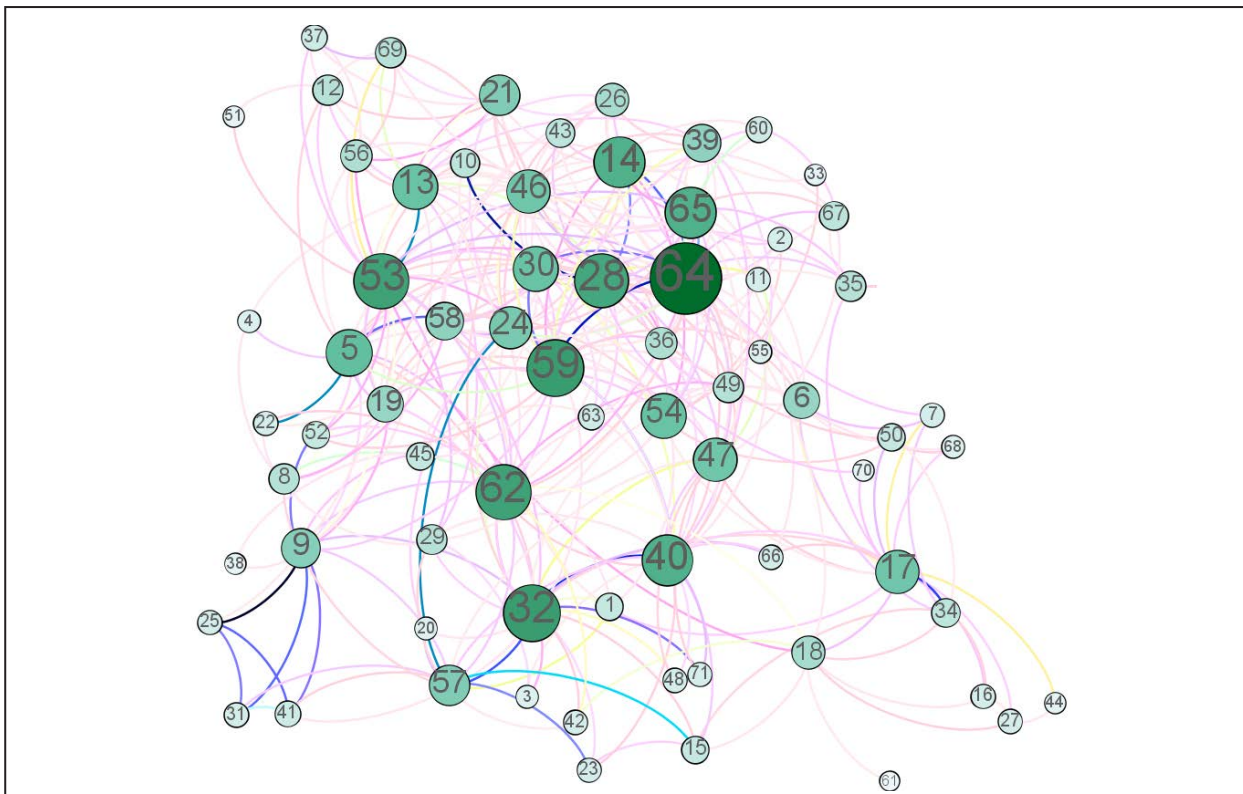
A fenti hálózatban (17. ábra) vannak nagyobb körökkel megjelenő csomópontok (termékek vagy szolgáltatások), amelyek sok másik csomóponttal kapcsolódnak (64., 62. és 59. tétel). Míg egyes elemek (csomópontok) egyedibbek, csak 1, 2 vagy 4 másik csomóponttal kapcsolódnak hozzá.

Az élek értékei azoknak a számláknak a darabszámát jelentik, ahol a tételek (termékek vagy szolgáltatások) egyidejűleg szerepelnek. Leggyakrabban például a következő (3. táblázat) tétel-párok szerepelnek a számlákon.

3. táblázat. A különböző számlákon szereplő leggyakoribb tétel-párok

1 sz. tétel	2 sz. tétel	számlák darabszáma
9	25	96
28	10	88
59	64	77
32	40	69
9	41	54
30	64	54
32	71	54
32	57	52

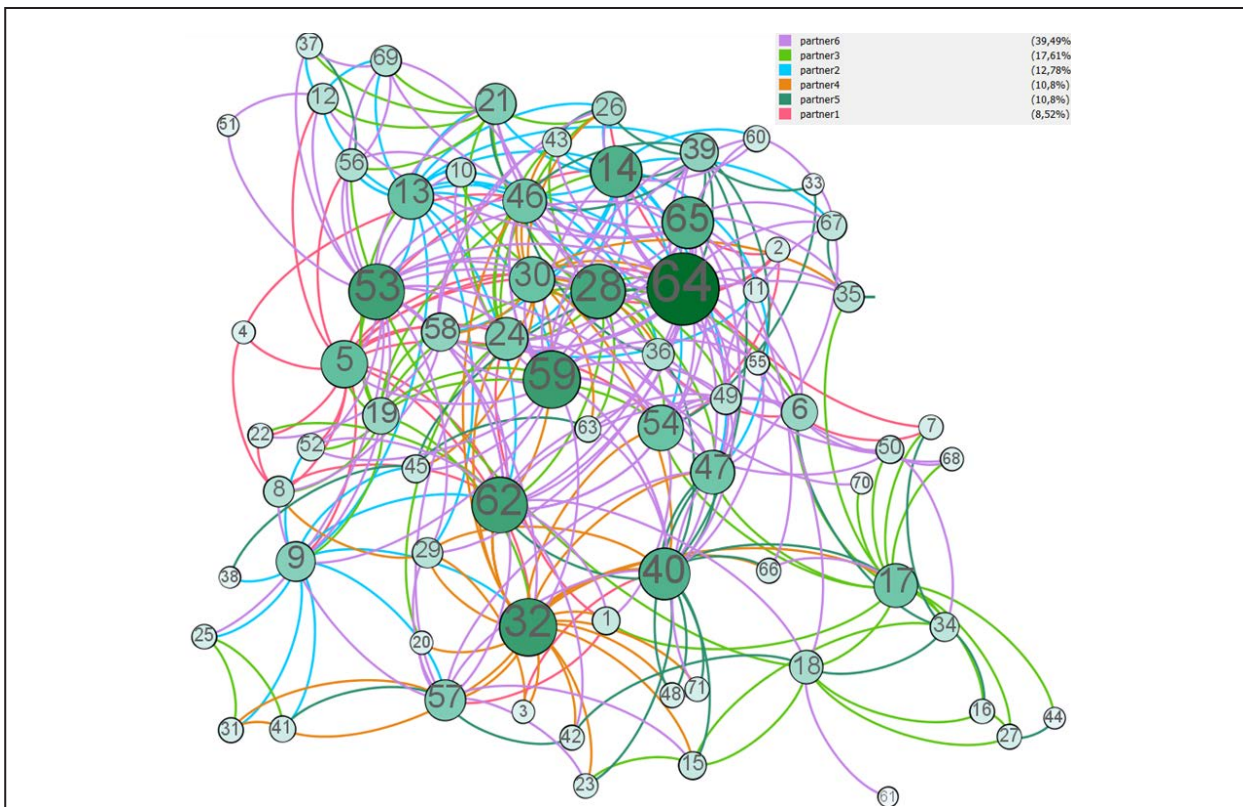
A 18. ábrán a csomópont-párok közötti sötét és kék vonalak azt jelzik, hogy ezeket a tételeket tartalmazza a legtöbb számla egyidejűleg. Az, hogy hány darab számlán található meg a tétel-pár, a kapcsolathoz rendelt érték adja meg a 3. táblázatban.



18. ábra. A vállalkozás számláinak hálózati ábrázolása érték szerint

A hálózat jellegének megismerése által a vállalkozás vezetője ráláthat arra, hogy a vállalat mely termékeket vagy szolgáltatásokat kínálhatná csomagként, vagy ezek közül melyek szerepeljenek egyedi ajánlatokként.

Nézzük meg a partnerekkel kapcsolatos információkat is. Ebből a célból a hálózati ábrán az élek különböző színnel szerepelnek és így mutatják azokat a kapcsolatokat, amelyek különböző partnerekhez tartoznak.



19. ábra. A gazdaság partnerségi struktúrája a számlákon és azon szereplő tételek alapján

A vállalkozás értékesítésből származó számláinak mintahálózata (19. ábra) különböző színekkel szemlélteti a hat partnert. A hálózat természetének megértése a kapcsolatmenedzsment differenciálási stratégiájához adhat információt.

A mintahálózat egyszerűbb statisztikái

A hálózat különböző mérőszámainak és statisztikáinak mélyebb áttekintése még több részletet ad a vezetők számára. A mintahálózat legfontosabb statisztikáinak elemzése a következő információkhoz vezet.

A sűrűség 0,071, ami azt jelenti, hogy a meglévő élek számát a szabályos hálózathoz viszonyítva (ahol minden csomópont kapcsolódik egymáshoz) a termékek és szolgáltatások közötti lehetséges kapcsolatoknak csak 7%-a található meg, ahol a kapcsolatokat ugyanazokat a tételeket tartalmazó számlák jelentik.

Az átlagos fokszám a hálózatban 9,91, azonban a fokszámeloszlás (20. ábra) igen változatos képet mutat a kapcsolódó tételekről (termékekről, szolgáltatásokról).



20. ábra. A kapcsolt termékek és szolgáltatások számának megoszlása

A fokszámeloszlás (20. ábra) arra utal, hogy nagyon ritka a 10-nél több, vagy 4-nél kevesebb közös tételből álló számlák száma. A legtöbb csomópont 4 kapcsolattal (fokszám) rendelkezik, ami arra utal, hogy ugyanaz a termék vagy szolgáltatás többnyire 4 különböző, másik elemhez kapcsolódik egyszerre.

A számlák hálózatszemponthú megközelítésével alátámasztható döntések

A bemutatott példában csak a termékek és szolgáltatások páronkénti, egyidejű jelenlétét vettük figyelembe a különböző értékesítési számlákon. A kínált termékek és szolgáltatások közötti kapcsolat megértése számos előnnyel jár a döntéshozatalban, például rámutat azokra a termékekre és szolgáltatásokra, amelyek gyakrabban kapcsolódnak egymáshoz, segíti annak megértését, hogy melyik termék- és szolgáltatáspár a legjobban eladható, vagy hogy a vállalat partnerei a termék- és szolgáltatásigényeik köre tekintetében mennyire eltérők.

A jelen elemzés tárgyát képező vállalkozás a fenti információkat felhasználhatja saját kínálati termék- és szolgáltatáscsomagjának elkészítésére, egyedi vagy partnerscsoportok kezelésére, valamint speciális kiegészítő ajánlatok kidolgozására partnerei számára.

Még több lehetőség rejlik abban, hogy további és mélyebb betekintést nyerjünk a vállalat működésébe, ha megértjük a hálózati jellemzőit. Ezek az információk például vonatkozhatnak a beszerzési számlákra, nem csak az értékesítésre, vagy a könyvelést egy adott időszakon keresztül vizsgálva a változások, fejlemények is nyomon követhetők (dinamikus hálózatelemzési eszközökkel).

Egy élelmiszer-termelő esetében még összetettebb a helyzet, ahol például az ellátási lánc is célja lehet a hálózatelemzésnek.

Irodalom

- [1] Molnár L. (2020) A hálózatelemzés alapfogalmai – gráfok, centralitás, szomszédosság, hidak és a kis világ In: Sasvári, Péter (szerk.) Rendszerelmélet. Ludovika Egyetemi Kiadó Nonprofit Kft. – Ludovika Press, Budapest. pp. 123–140., <https://doi.org/10.36250/00734.07>
- [2] Barabási A. L., Posfai M. (2016) A hálózatok tudománya, Libri Kiadó, Budapest.
- [3] Harrison, A., van Hoek, R. (2011) Logistics Management and Strategy, 3th edition, FT Prentice Hall, Harlow.
- [4] Barabási A. L. (2022) Behálózza - A hálózatok új tudománya, Open Books, Budapest.
- [5] Slack, N, Chambers S. Harland, C., Harrison, A. and Johnston, R. (1997) Operations Management, Fifth Edition, FT Prentice Hall, Harlow.
- [6] Hinz, P. (2011): What is a Supply Chain Network? <https://www.adaptalift.com.au/blog/2011-09-27-what-is-a-supply-chain-network>
Letöltés dátuma: 2021. 11. 12.