

Autóipari ellátási láncokon végbemenő kapcsolódások matematikai vizsgálata

Dömötörfi Ákos* Harmati István**

*Széchenyi István Egyetem, Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola
H 9026 Győr, Egyetem tér 1. (Tel: +36-96-503-490; e-mail: cekaah@freemail.hu).

**Széchenyi István Egyetem, Matematika és Számítástudomány Tanszék
H 9026 Győr, Egyetem tér 1. (Tel: +36 96 613 508; e-mail: harmati@sze.hu).

Absztrakt: Az autóipari ellátási láncok szerveződésének formáit vizsgálja a tanulmány. Kutatásink során bizonyítást nyert, hogy a láncon elvégzett vizsgálatok által párhuzamosság figyelhető meg a skálafüggetlen gráfok és az autóipari szereplők kapcsolódásai között. Tekintve az Erdős-Rényi-féle alapmodellt, mely szerint a beszállítók azonos valószínűséggel csatlakoznak további pontokhoz. Ezzel szemben a valóság inkább a skálafüggetlen gráfok tulajdonságait írja le, mely általa preferenciális kapcsolódások jönnek létre. Tanulmányunk bemutatjuk ezen kapcsolódásoknak különböző formáit, mely a stratégiai tervezés során nagy jelentőséggel bír akár egy telephelyválasztási döntés megoldásánál.

1. BEVEZETÉS

Az autóipari ellátási láncok folyamatosan változnak. Szervezetek kerülnek be a körforgásba és esnek ki onnan az üzlet alapelve szerint. Az ellátási lánc és annak megfelelő modellezhetőségét a beágyazottság szintje határozza meg. Modellezési szempontból, egyes dinamikus modellek T., Péter (1992), forgalmi hálózati modellek Péter, T. (2007), Péter, T. and Szabó, K. (2012) és a véletlen gráfok képesek nyomon követni, illetve leírni az egyes logisztikai hálózatok keletkezését, illetve azok formálódását, ugyanakkor fontos terület az üzleti folyamatok összehangoltságának mélyebb szintű vizsgálata is. Erre egy megoldást adhatnak az evolúciós modellek, amelyek azon a feltételezésen alapulnak, hogy a vizsgálat tárgya folyamatosan változik. Összehasonlítva a hagyományos statikus, vagy kvázi statikus gazdasági modellekkel, az evolúciós modellek magukba foglalják az okokat, az alapvető mechanizmusokat, a változások lehetséges következményeit és a meglévő bizonytalanságokat. A sztochasztikus aktor alapú modellek lehetővé teszik a hálózatfejlődés folyamatának elemzését és meghatározzák a különböző irányító tényezőket ebben az összetett folyamatban. (Buchmann és Pyka, 2013)

2. IRODALMI HÁTTÉR

A hálózatelmélet vizsgálja a hálózat belső kölcsönhatásait, az egyes kölcsönhatások jelentéseit, és azt, hogyan járulnak hozzá a hálózat működéséhez? Barabási (2003) által, az elmúlt két évtizedben néhány általános hálózati tulajdonság is felfedezésre kerül. Az egyik legfontosabb tulajdonság ezek közül is a csomópontok köré épülő, úgynevezett skálafüggetlen hálózatok. A skálafüggetlen hálózatok tipikus

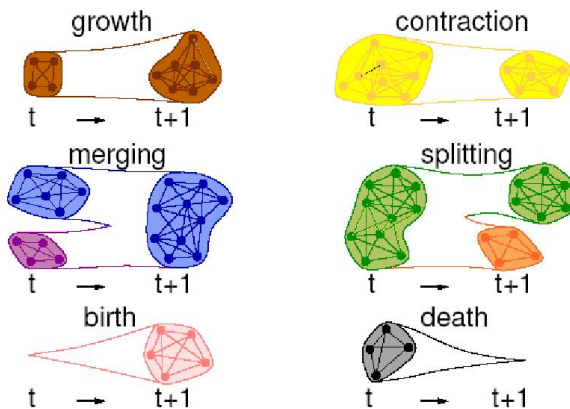
tulajdonsága, hogy nem egy demokratikusan szerveződött hálózat, nem olyasfajta hálózat, amelyben mindenkinek azonos számú kapcsolata van, hanem inkább kiegyensúlyozatlan, (Barabási-Albert, 1999). Van néhány csomópont, amelynek csak néhány kapcsolata (éle) van, és van néhány fő csomópont amelyek összefogják az egész hálózatot. Ez nagyon hasonlít az autóipari ellátási lánc hálózatára, amelyben pl. a technológiai, motorgyártási eltérések miatt, (Lakatos, 2010, 2013, Lakatos, Körös, Hajdu 2014, Péter, et al, 2015) nem minden autógyár kapcsolódik minden autógyárral, hanem más kisebb egységek (beszállítók) kapcsolódnak egy, vagy több hubhoz (autógyárhoz), ezáltal néhány nagy hub tartja össze a hálózatot. Ezért hubok és a skálafüggetlen hálózatok kialakulása, egy hub-központú hálózat, valóban úgy tűnik, hogy a komplex hálózatok jellegzetes tulajdonsága. A hálózatok valós létezése nagyban függ a csomópontok közötti kapcsolatoktól, élek nélkül azonban nincs hálózat. Ezért fontos hogy az élek hogyan rendszereződnek a valós hálózaton. Egyik ilyen felfedezés az, hogy a kapcsolatok nem egyenletesen oszlanak el, hanem vannak olyan csomópontok, amelyek irányítják a közösséget, amely ez esetben magát az autóipart jelenti. A közösség autógyárak és beszállítók csoportja, melyek jobban ismerik a csoporton belüli tagokat, a csoporton kívülieket (jól ismerik egymást az autóipari versenytársak). Ezért ha szemügyre vesszük ezt a hálózatot látható, hogy van egy nagyon sűrű klaszter a csoporton belül, amely nagyon sok kapcsolattal rendelkezik egymást között, de természetesen van sok kapcsolat a kívül felé is, amelyek már nem olyan sűrűek. Ezek a kapcsolatok bemutatják a hálózat tulajdonságait, melynek különböző jelentése lehet. A tagok különböző működési funkciókkal vannak összefüggésben, ezáltal egy klaszert

alakítanak, ki (pl. egy alkatrész sem hiányozhat az autóból, különben funkcionálisan nem működik megfelelően).

Egy lépéssel ezeket az összefüggő hálózatokat továbbgondolva, következő kérdés milyen erősek az hálózat egyénei közötti kapcsolatok (stratégiai szövetségek az ellátási láncban). Nyilvánvalóan a kapcsolatoknak vannak minőségi ismérvei. Például, ha valaki napi szinten kapcsolatban van a másikkal az egy erősebb kapcsolat, mint ha valakivel fél évente vagy évente lépünk kapcsolatba (beszállítások gyakorisága, napi, évi stb., ugyanakkor ezek több problémát is generálnak). Ez egy olyasfajta általános szerveződési alapelv, amely a csoporton belül erős, azon kívül gyenge kapcsolódási pontokkal jellemezhető. Viszont, ha további információkhoz szeretnénk jutni a gyenge kapcsolatok is létfontosságúak lehetnek. A gyenge kapcsolatok diverzitása nagyon nagy, ezért további vizsgálatuk tárgyától jelen kutatásban eltekintünk.

2.1 "Hálózatosodás"

Ahogy a bevezetőben említettük a hálózatokat nem csak statikusan vizsgálhatjuk, hanem azt a folyamatot is nyomon lehet követni ahogy változik. Tekinthejtük az evolúciójukat is, vagyis azt a folyamatot is nyomon követhetjük, hogyan változnak. Ehhez be kell vezetni alapvető, egyszerű változásokat, melyekből felépíthetjük és modellezhetjük egy hálózat változását. Ezeket alapvetően nem a teljes hálózatra, hanem a benne lévő klaszterekre vezetjük be (Palla et al.)



1. Ábra A hálózatok fejlődési szakaszai (Palla et al., 2007)

Az 1. ábrán t az időt jelöli. A t időpillanattól a $(t+1)$ -be átlépve látható hogy milyen események következhetnek be a hálózat egy részével, egy klaszterrel. Egy hálózat megnőhet (growth), ez szimbolizálhatja az ellátási lánc bővülését, amely végbemehet egy új csúcsonak a hálózathoz való csatlakozásával, valamint már a hálózatban lévő csúcs klaszteresedését is (új beszállítók bevonása az ellátási lánc körébe). Az összehúzódás (contraction) alatt a hálózatból csúcsok esnek ki, amely autóipar esetén a szállítási kötelezettség megszűnését

jelentheti. A két, vagy több hálózat összeolvadásán (merging) azt értjük, hogy a következő időpillanatban már egy teljes gráfot alkotnak. Ennek élő példája amikor autóipari vállalatok egyesülnek (akvizíció). Egy hálózat szakadása (splitting) bizonyos élek elvételével történhet, melynek során az ellátási lánc két, vagy több klaszterre szakad szét. Bár autóipar esetén nem túl jellemző, de egy új hálózat születése (birth) többféleképpen is végbemehet. (pl. Tesla és Google megjelenése az autóipari piacon) Meglévő csúcsokból is kialakulhat egy hálózat, melyet az ellátási láncban jelen lévő alá-fölé rendeltség tart össze. Vagy akár frissen a hálózathoz csatlakozó csúcsok pont egymással alakítanak ki szoros kapcsolatot. Végül egy algráf meg is szűnhet (death), melynek során vagy a teljes hálózat megszűnik, vagy egyszerűen a közöttük lévő összeköttetések szűnnek meg valami miatt. Pl. vállalatok felszámolása.

AUTÓIPARI ELLÁTÁSI LÁNCOK ÉS VÉLETLEN GRÁFOK

Bár az autóipari ellátási hálózat nem sztochasztikusan szerveződik, mégis modellezhető bizonyos szempontból véletlenszerűen létrejövő kapcsolatok hálózataként. Itt persze nagyon fontos szerep jut annak, hogy mit is értünk az alatt, hogy véletlenszerűen. Sok esetben azt értik ez alatt, hogy a rendelkezésre álló választási lehetőségek közül azonos valószínűséggel (tehát egyenletes eloszlás szerint) választunk (lásd pl. az Erdős-Rényi modellt 1959), de akkor is véletlenszerű a választás, ha a kiválasztást vezérlő eloszlás nem egyenletes, hanem bizonyos esetekhez nagyobb valószínűséget rendel (a Barabási-Albert féle modell). A félreértések elkerülése végett sokszor az egyenletes eloszlás alapján történő kiválasztást, sorsolást nem véletlenszerűnek, hanem teljesen véletlenszerűnek nevezik, megkülönböztetve így a többi, valamilyen szempontból preferenciális kiválasztástól.

Az ellátási láncok szereplői esetünkben a beszállítók és a nagy autóipari vállalatok. Egy-egy vállalatnak rengeteg beszállítója lehet és van is, ezért a létrejövő hálózat tipikusan olyan, amelyben van néhány hub (ezek az autógyárak), melyekhez sok-sok csúcs kapcsolódik (ezek a beszállítók). A tapasztalat szerint egy beszállító nem szállít minden gyárnak, de előfordulhat olyan eset is, hogy csak egyetlen egynek a beszállítója. Ez a hálózatban azt eredményezi, hogy az ellátási hálózatok a beszállítókon keresztül kapcsolódnak egymáshoz, de ezek között nagy valószínűséggel nincs olyan, amely az összes hubhoz kapcsolódik. Az egyes beszállítók kapcsolódásai a modell szerint preferenciális valószínűséggel történnek, azaz egyes gyárakhoz eltérő valószínűséggel csatlakoznak. Feltételezésünk és a realitás alapján ezeket a mindenképpen befolyásolják az alábbi tényezők:

- Az adott autóipari vállalat magyarországi jelenlétének mérete. Nagyobb partnerhez szívesebben csatlakoznak a beszállítók.
- A partner távolsága a beszállítótól. A távolságot itt többféleképpen lehet értelmezni:

beszélhetünk a közúti távolságról (de bizonyos esetekben vasúti vagy akár légi fuvar is szóba jöhet), de a távolság megtételéhez szükséges időről is, vagy egységnyi áru eljuttatásához szükséges fajlagos költségről is.

- Mivel az autógyárak megbízhatósági okokból szívesebben kötnek szerződést komoly, stabil háttérrel rendelkező partnerekkel, ezért a beszállító gazdasági mérete is szerepet játszik a kapcsolat létrejöttében.

Ily módon a kapcsolat létrejöttének valószínűsége az alábbi általános formulával adható meg:

$$P = f(c,b,d)$$

ahol c a reménybeli partner autóipari vállalat gazdasági mérete, b a beszállító gazdasági mérete, d pedig kettejük távolsága, mely a fentiek értelmében nem feltétlenül csupán földrajzi távolságot jelent. Feltételezésünk szerint az alábbiak teljesülnek az f függvényre:

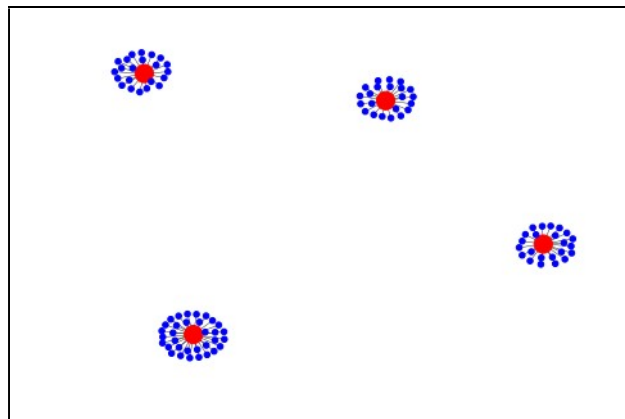
- minél nagyobb c értéke, annál nagyobb P értéke, vagyis az f függvény c -ben monoton növekvő;
- minél nagyobb b értéke, annál nagyobb P értéke, vagyis az f függvény b -ben monoton növekvő, továbbá;
- minél nagyobb d értéke, annál kisebb P értéke, vagyis az f függvény d -ben monoton csökkenő.

A fentiek természetesen korántsem határozzák meg egyértelműen a valószínűséget megadó összefüggést, hiszen ezek alapján végtelen sok függvényt fel lehetne írni. Így ez a modell rengeteg bizonytalanságot hordoz, de tekinthetjük ezeket variációs lehetőségnek is:

- az egyes változók hatása hogyan aránylik egymáshoz, azaz mekkora az egyes faktorok egymáshoz viszonyított súlya;
- ezek az egymáshoz viszonyított súlyok állandók vagy változhatnak-e (pl. bizonyos esetekben a távolság csak kis szerepet kap);
- mennyire engedjük meg, hogy egy beszállító több hubhoz is csatlakozzon (nem gyakori az az eset, hogy mindhez csatlakozik, de előfordul, hogy nem csak egyhez).

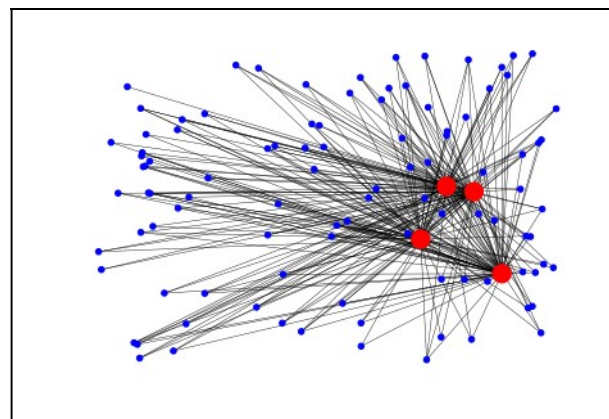
Gyakorlatilag a végtelenségig lehetne folytatni a különböző lehetőségek taglalását, melyek mindegyike valamely gyakorlati szempontból fontos jellemzőt vagy viselkedés mintát képez le.

Az alábbiakban néhány illusztratív példát mutatunk az egyes esetek lehetséges realizációjára. A szintetikus példában 4 nagyvállalat és 100 lehetséges beszállító kapcsolatát modellezzük.

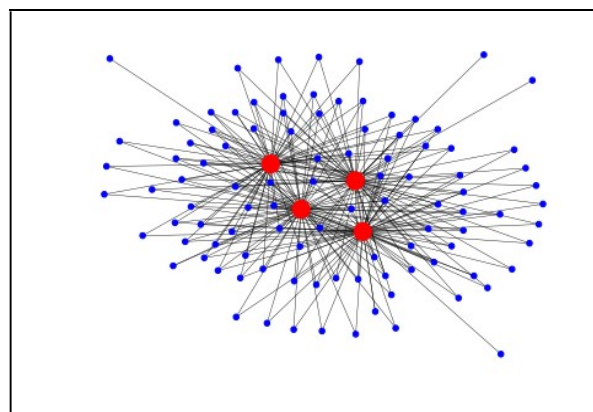


2. Ábra Minden egyes beszállító csak egy autógyárhoz csatlakozik (saját szerkesztés)

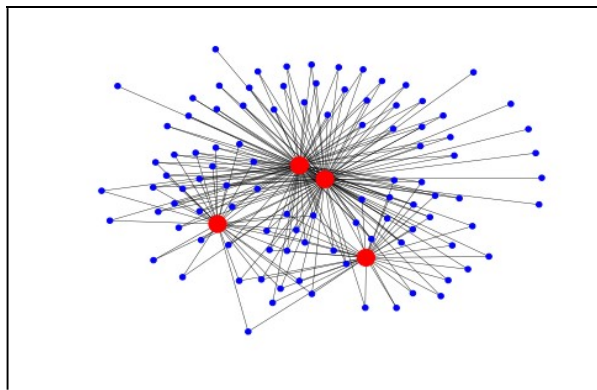
Ha minden egyes beszállító pontosan egy vállalathoz kapcsolódik, minden preferencia nélkül, akkor tulajdonképpen az Erdős-Rényi modell egy esetét kapjuk.



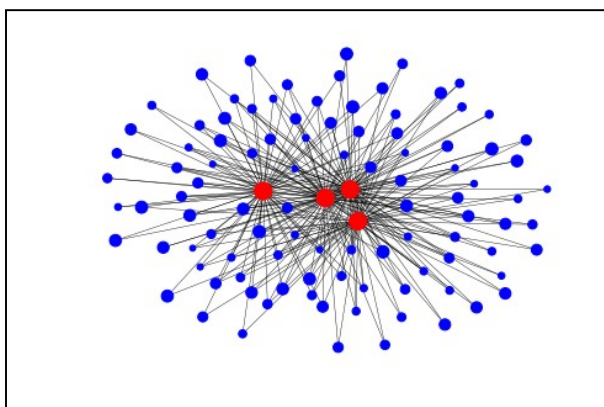
3. Ábra Minden egyes beszállító több vállalathoz is csatlakozhat, de a kapcsolódás valószínűsége azonos. csak egy autógyárhoz csatlakozik (saját szerkesztés)



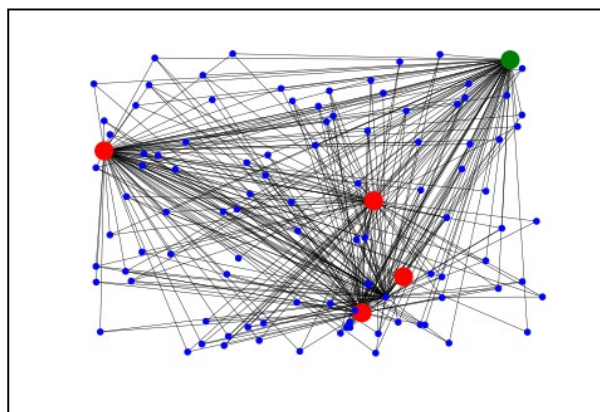
4. Ábra. Itt a kapcsolódás valószínűsége már nem egyforma, bizonyos pontokhoz nagyobb valószínűséggel csatlakoznak a beszállítók (saját szerkesztés)



5. Ábra Egy másik példa arra, amikor a kapcsolódás valószínűsége már nem egyforma és egy beszállító több vállalathoz is csatlakozhat. (saját szerkesztés)



6. Ábra. A kapcsolódás valószínűségét itt nem csak a vállalatok mérete, hanem a beszállítók mérete is befolyásolja. (saját szerkesztés)



6. Ábra. Egy új hub (új vállalat) megjelenése természetesen megváltoztatja a hálózatot. A beszállítóknak több lehetőségük van szerződéskötésre, terjeszkedésre, de ez eddigi preferenciák itt is szerepet kapnak (saját szerkesztés)

ÖSSZEFOGLALÁS

Érvényes megállapítás, hogy az autóipari ellátási hálózatban rejlő kapcsolatokat bizonyos fokú determináltság jellemzi (pl. beszállító-vevő kapcsolat előre meghatározott szerződés alapján). Ez a kijelentés azonban jórészt a stratégiai szintre igaz, mivel a kieső és újonnan belépő szereplők sorsa általában stratégiai, vagy taktikai szinten dől el a hosszú távú együttműködéseknek köszönhetően. Figyelembe véve, hogy egy autó több mint 10.000 alkatrészből épül fel, a hálózat megszámlálhatatlanul sok csúcsot (szervezetek) és az azokat összekötő éleket (együttműködések) tartalmaz. Mind az újonnan megkötött szerződések, mind a keretszerződések lejáratára befolyásolja a növekedést. Aggregált hálózati szemszögből nézve ez azt jelenti, hogy a hálózat folyamatosan változik, ezért ahhoz hogy megfelelően modellezzük az ellátási láncot és annak fejlődését egy jellemzően dinamikus környezet szükséges. Aszerint hogy az ellátási láncban determinisztikus vagy sztochasztikus folyamatokról beszélünk, a vizsgálat mélysége mutatja. Az autóipari ellátási láncok, ellátási hálózatok közötti kapcsolódások természetesen kivételt képeznek, mivel nem véletlen gráfok. A hálózat szereplői közötti viszonyokat szigorú jogi szerződések szabályozzák, az egyes elemek nem véletlenszerűen kapcsolódnak egymáshoz, hanem a termékek előállításának technológiai és gazdasági logikája szerint.

IRODALOMJEGYZÉK

- Barabási, A.-L. (2003). *Behálózva. A hálózatok új tudománya.* (Linked: How Everything Is Connected to Everything Else and What It Means.) Magyar Könyvklub, Budapest. (in Hungarian)
- Barabási, A.-L., Albert R. (1999). Emergence of Scaling in Random Networks. *In: Science* 286, pp. 509–512.
- Buchmann, T. és Pyka, A. (2013). The Evolution of Innovation Networks. The Case of the German Automotive Industry, *Innovation Networks*, Forschungszentrum Innovation und Dienstleistung Universität Hohenheim, Hohenheim FZID, Discussion Paper 70
- Erdős, P., Rényi, A. (1959). On random graphs. *I. Publicationes Mathematicae (Debrecen)*. **6**, pp.290–297.
- Lakatos, I. (2010) *Instacioner üzemállapotú motorteljesítmény-mérés görgős járműfékpadon pp. 33-38. , 6 p.* MicroCAD 2010: XXIV. E szekció: Anyagtudomány és technológia, Miskolci Egyetem.
- Lakatos, István (2013) Diagnostic measurement for the effective performance of motor vehicles ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA 10 : 3 pp. 239-249. , 11 p. (2013)
- I, Lakatos P, Körös F, Hajdu (2014) Examination of the effect of sensor properties on the secondary battery model in simulation environment ACTA TECHNICA JAURINENSIS 7 : 1 pp. 71-86. , 16 p. (2014)
- Palla, G. Barabási, A.-L. Vicsek, T(2007). Quantifying Social Group Evolution from Large Scale Communication and Collaboration Data, *Nature*, **Vol. 446**, pp. 664-667
- Péter, T. Lakatos, I. Szauter, F. (2015) Analysis of the Complex Environmental Impact on Urban Trajectories In: ASME 2015 Paper: DETC2015-47077; V009T07A071 , 7 p.

- Péter, T. and Szabó, K. (2012) A new network model for the analysis of air traffic networks, *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 40(1), pp. 39-44.
- Péter, T. (2007) Nagyméretű nemlineáris közlekedési hálózatok modellezése *Közlekedéstudományi Szemle* LVII.: 9. pp. 322-331.
- T., Péter (1992) Reduction of parameters of spatial nonlinear vehicle swinging systems, for identification and purposes *Periodica Polytechnica Transportation Engineering* (36) 1 pp. 131-141.