

A topológia, a Boole-algebra és hálóelmélet a citylogisztika szolgálatában

Dr. Egri Imre, főiskolai tanár, Nyíregyházi Egyetem, Gazdálkodástudományi Intézet

E-mail: egri.imre@nye.hu

Röviden a szerzőről

Dr. Egri Imre, PhD, közgazdász a Nyíregyházi Egyetem Gazdálkodástudományi Intézetének főiskolai tanára. Kutatási területe az ipari logisztikai parkok, szolgáltatások, régiófejlesztés. Több szakkönyv szerzője, társszerzője, kutatási területén több projekt vezetését látta el sikerrel.

Absztrakt

Amióta városokban élünk létezik a citylogisztika. A logisztika tudománya a közlekedés és ellátás városi feladataira megoldást nyújtó megoldásaival napjainkra a matematikával is egy egységes rendszerré állt össze. A dolgozat azokat a matematikai lehetőségeket fogja össze röviden, amelyek napjainkban vonulnak be a citylogisztika eszköztárába.

Kulcsszavak: logisztika, hálóelméletek, citylogisztika

1. Bevezetés

Napjainkban a hálózatok tudománya a reneszánszát éli. Különösen, hogy a mindennapi életünknek talán egyik legfontosabb informatikai meghatározója az internet, és az internetre épülő különféle információs hálózatok, a gazdasági és a kulturális élet részévé váltak. Az immár klasszikusnak számító kutatók, Euler nyomán, Erdős és Rényi révén nemcsak a matematika, hanem a közgazdaság nyelvén is értelmezhetővé váltak a hálózat kutatási eredmények. Bestseller műként ismerjük Barabási Albert-László amerikai egyetemi professzor Behálózva című könyvét (Barabási, 2013). A hálózatosodás, a hálózatokban való gondolkodás nem hagyja nyom nélkül az olyan közgazdasági területeket sem, mint a logisztika. A hálózati elemek, mint a csúcsok és az élek, valamint a számosság a logisztikában már nem csak matematikailag, hanem vizuálisan is egyértelműen beazonosíthatók. Ez lehetővé teszi, hogy a hálózat tudomány terület eredményei a logisztika gyakorlatában is alkalmazhatóvá váltak az elmúlt években. A közlekedési útvonalak, a logisztikai központok, a térségi logisztika elemeiként jól leírhatók a hálózati matematika eszközeivel. Ugyanez elmondható a termelési logisztika üzemen belüli elemeiről is. A hálózatok nem csak a logisztika klasszikus műszaki elemeire használhatók, hanem az értékpálya leírására, a termékpálya jellemzésére, valamint a tulajdonosi pálya összetevőire és működésére is (Bányai – Cselényi, 2004). Kijelenthetjük, hogy a hálózatelmélet a logisztika hasznos eszköztárává tud válni, amely a nemzetközi logisztika, a termeléslogisztika, a globális gazdasági

folyamatokban, mind jobban felismerhetővé teszi az optimális elrendeződéseket, és a kapcsolatok lerövidítésével a gazdasági hatékonyság fokozójává válik.

A logisztika tudományában a fenti matematikai eredmények a városi logisztika területén szinte azonnali eredményeket hozhatnak, így alkalmazásukat és összehangolásukat már a tervezés folyamán célszerű megtenni. A logisztikai ma már nem csak mesterség, hanem tudomány is. Ezt a felhasznált matematikai és informatikai tudással mérik legtöbbször. A hálózatelmélet és a kapcsolódó matematikai elméletek egyre inkább gyakorlattá válnak, ha úgy tetszik, reneszánszukat élik.

A logisztika gyakorlata, fejlődése, a matematika alkalmazásának határait feszegeti. A globalizációval a hálózatosodás, tág lehetőséget nyit a modern tudományok alkalmazásában. A hálóelméleteket az üzemen belüli (termeléslogisztika) és az üzemek közötti, illetve az ellátási logisztika ma már a gyakorlatban is alkalmazza. A citylogisztika területe, illetve ebben a matematikai eredmények felhasználása időszerű és egyre tágabb teret nyer a jövőben is. A dolgozat a fenti lehetőségeket kísérli meg rendszerbe szedni és bemutatni az olvasó számára.

2. A gráfelmélet logisztikai lehetőségei

A gráf (vonalrendszer) egy olyan csúcspont (csomópont) és ív (él és ág) halmaz együttese, amelyben minden egyes élvégződéshez egy pont tartozik (Egri, 2012). Ennek segítségével különböző struktúrák ábrázolhatók:

- utak, utcák hálózata,
- villamoshálózat,
- vasút hálózat,
- közúti hálózat,
- információk körforgása, áramlása egy rendszerben,
- technológiai összeszerelési rendszerek,
- anyagáramlási és erőforrás áramlási utak, kapcsolatok hálózata.

E struktúrák alkotják a makrologisztika elemeit (utak, vasutak, tengeri és légi útvonalak, információcsatornák, stb. rendszerét). Ugyancsak leírhatók az üzemen belüli (mikro-gyártási)

logisztika elemei a gráfelmélet segítségével. A gráf egy halmaz és a halmaz elemeinek egymáshoz való hozzárendelését megadó hozzárendelési szabályok összessége.

$$\{A, B, C, D, E\}$$

$$F(A) = \{B, C, E\}$$

$$F(B) = \{C, E\}$$

$$F(C) = \{D\}$$

$$F(D) = \{0\}$$

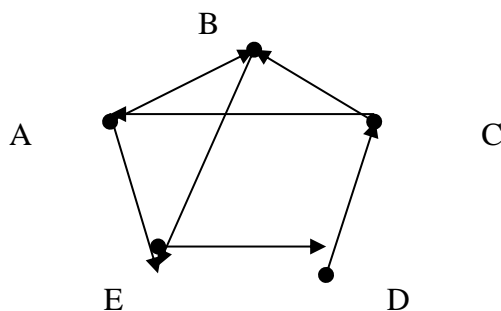
$$F(E) = \{D\}$$

Ahol a $\{0\}$ az üres halmaz. A gráfot a

$$G = (X, F)$$

szimbólummal írhatjuk le.

A térben ábrázolható mértani szerkezetet topológiai gráfnak nevezzük.



Értelmezésünk során megkülönböztethetünk irányított és nem irányított fogalmakat. Az irányított fogalmak:

- út,
- körút,
- hurok (egységnyi hosszúságú körút),
- erősen összefüggő gráf (bármely két csúcsa között van egy út x-ből y-ba).

Az irányított gráf esetén a kapcsolatok jellemzésére a 0, +1 és -1 értékeket használjuk. Nem irányított fogalmak:

- él,

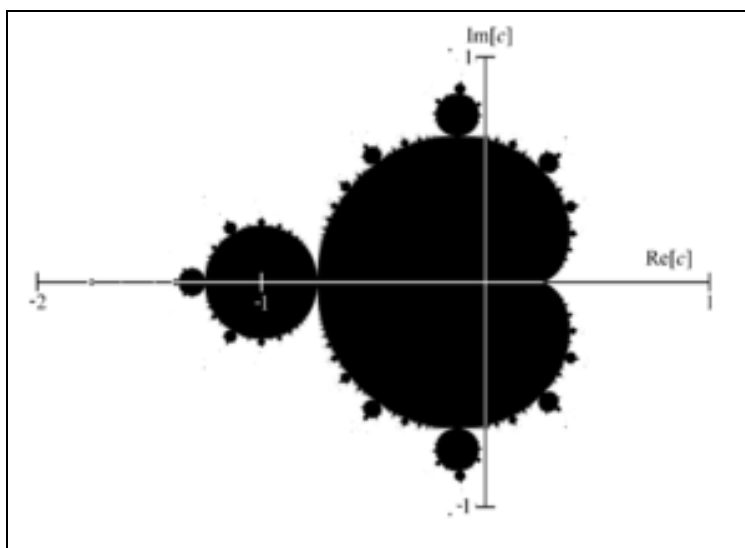
- lánc,
- összefüggő gráf (bármely x, y között van egy lánc),
- teljes gráf, bármely két elemet él köt össze.

Megkülönböztethetünk még:

- részgráf (ha bármely gráfból elhagyunk egy vagy több ívet),
- algráf (ha egy gráfból elhagyunk egy vagy több csomópontot és az azokhoz vezető és induló íveket),
- fa (olyan összefüggő gráf, amelyben nincs körút),
- húrág (a fa alakzat komplementere).

3. Sejtés a Mandelbrot-halmaz logisztikai jelentésére

A Mandelbrot halmazt Benoit Mandelbrot fedezte fel (Levin G., 1996). A halmazt a következő ábrával szemléltethetjük:



1. ábra. A Mandelbrot-halmaz a komplex számsíkban

Forrás: Levin G., 1996

A matematikában a **Mandelbrot-halmaz** azon c komplex számokból áll (a „komplex számsík” azon pontjainak mértani helye, halmaza), melyekre az alábbi (komplex szám értékű) x_n rekurzív sorozat:

$$x_1 := c$$
$$x_{n+1} := (x_n)^2 + c$$

nem a végtelenbe tart. Tehát, az M Mandelbrot-halmaz a komplex számoknak az az $M \subset \mathbb{C}$ részhalmaza, melyre

$$M = \{c \in \mathbb{C} \mid x_n \not\rightarrow \infty\} .$$

4. Hálók

A hálók, hálózatok mindig voltak, vannak és lesznek. Azért mert ezek nem csak az emberi tevékenység elemei, hanem a természet elemei is.

4.1. Természeti hálók

A természetben is beazonosíthatók azok az erők és kapcsolatok rendszere, amelyek az atomok szerveződésétől a világmindenségig, a galaxisok szerveződéséig tartanak. Legközelebb hozzánk a látható világ egyes elemei vannak, így a vízrajz, a természetföldrajz szinte minden eleme. Így a folyók rendszere, az óceánokban folyó áramlatok, a nagy légköri rendszerek, vagy az élővilág nagy rendszerei, így a madarak vonulása, a halrajok vonulása és az állatvilág életciklusát felölelő útvonalak mind-mind leírható a hálózati tudomány elemeivel. Ezekre szinte mindig ráépülnek a gazdasági hálók is, így a hajózás, a tengeri halászat vagy akár a mezőgazdaság gyakorlati elemei is. Új terület lehet a megújuló természeti erőforrások hasznosításában a hálózati tudományok felhasználása (szélerőművek, vízi erőművek).

4.2. Perszonális hálók (emberi hálók)

Legősibb háló a vérségi kapcsolatokon alapuló családi háló, amit a modern világ mai napig nem elemzett kellő mélységben. A szervezet és szervezéselmélet a történelem folyamán különböző, ma már a hálóelméletekben is jól beazonosítható szervezeteket alakít ki. Barabási teóriájában rávilágít az emberi kapcsolatok jól nyomon követhető törvényszerűségeire, amelynek alapján ma már a gazdaság, a politika jól hasznosíthatja a feltárt törvényszerűségeket. A természeti hálókhoz jól kapcsolódó és illeszkedő emberi hálók természetüktől fogva átfogják és rendszerbe tagolják ősidőktől fogva az emberi kapcsolatokat. Tulajdonképpen innen eredeztethetők a hatalmi hálók, végső során az állam is. Napjainkban az internet megkettőzi az emberi kapcsolati rendszert és olyan új dimenziókat hoz, amely az emberi kapcsolatokat közvetlenné teszi (pl. a Facebook segítségével minden ember, minden emberrel közvetlen kapcsolatot létesíthet). Ez a kultúrában és az emberi világban még leírhatatlan perspektívákat rejt. Az egész emberiség egységes globális hálóként viselkedhet, amelyet a marketing már ki is használ.

4.3. Szervezeti hálók

Az emberi élet különböző területei sajátos szerveződési formákat hoznak létre, így az előző hálókból következtetve és részben azokból eredeztetve alakulhattak ki olyan hálózatok, amelyek jellemzők a tudományra, a kultúrára, a hatalomra, vagy egyes speciális emberi tevékenységekre. Ezeknek jórészt meg van a saját speciális szervezetelmélete, amelyeket egymással összekeverni veszélyes. Sajátos célrendszere és túlélő képessége van a vallások kapcsolatrendszerének és hálóinak. A hatalom, mint fő cél alkotja az állam és igazgatás szintén sajátos hálórendszerét. A szervezeti hálók, mint a hálók hálója értelmezhetők. Minden célrendszerhez sajátos szervezeti, illetve hálótípus rendelhető. A tudatosan felépített hálórendszerek jelentősen növelhetik a hatalom, a kultúra, a tudomány, stb. hatékonyságát, eredményességét. Azok a szervezetek, amelyek nem hálózatosodnak, szigetszerűvé válnak, növekedésük korlátozott lesz és kevésbé tudnak alkalmazkodni. A sajátos célok itt is sajátos szervezeteket és hálókat generálnak, és egyik rendszert a másikba átvinni szintén konfliktusokat okoz.

4.4. Gazdasági hálók

A gazdasági célok, a gazdasági növekedés, a gazdaság fennmaradása vagy akár a profit célok mind-mind sajátos gazdasági hálórendszerrel és szervezeti struktúrával alakítottak ki. A gazdasági élet hálózatai, a hálókön belül, (külön) igen dinamikus fejlődő rendszert alkotnak. Ha a világgazdaságot egyetlen globális rendszernek fogjuk fel, akkor ebben egymással párhuzamos horizontális hálókat és ezek egymásra épülő vertikális rendszerét ismerhetjük fel. E horizontális rendszereket pályáknak ábrázolva, az alábbi pályák azonosíthatók be.

4.4.1. Tulajdonosi pálya

A tulajdon azon jogosítványok birtokosa, amelyek az emberek között a tulajdonhoz (mint tárgyhoz) való hozzáférés kizárólagosságát biztosítja. E jogok kötődhetnek személyekhez, illetve szervezetekhez. A gyakorlatban, a mai gazdasági életben, bonyolult érdekrendszereket megjelenítő rendszerré állnak össze ezek a viszonyok. Érdekes fejlődése a rendszernek, hogy megjelentek az önmagukat birtokló gazdasági szervezetek. A szervezeten belül legfontosabb a rendelkezési jog, ezzel együtt a tulajdonosi jog. A mai nemzetközi gazdasági szervezetek hatékonyságának növeléséhez jelentősen hozzájárul a tulajdonosi háló optimalizálása. A hálózatok segítségével olyan erőforrásokat is be tudnak kapcsolni, amelyek egymástól távol esnek és a tulajdonosok is elkülönülnek. A részvények mozgatórendszerének, a tulajdonosi

csomagok globalizációja, a nemzetközi hálóként működő cégek hatékonyságát megsokszorozhatja (Karmazin, 2015).

4.4.2. Termékpálya

A termékpálya elsősorban műszaki, technológiai alapon határozza meg egy termék létrejöttének lépcsőfokait, az azokhoz szükséges, nélkülözhetetlen munka és természeti törvényeken alapuló technológiai folyamatokat. A termékpálya végső soron meghatározza a termelési egységek és ezek hálózatának optimális nagyságát és technológiai minimumát. A hatékony technológia a folyamatos fejlődéssel és innovációval egyre nagyobb egységeket kíván, illetve egyre nagyobb hálózatokat generál. Jelenleg az azonos technológiájú hálózatok összeolvadásának, integrációjának lehetünk tanúi (kereskedelmi hálózatok). A termékpályából fejlődik ki a többi gazdasági háló.

4.4.3. Értékpálya

A termékpálya során megszülető termék a hozzáadott munka, anyagokat, energia és intermedierek révén folyamatosan növeli értékét. Ezen értéknövelő pálya egyúttal a gazdasági háló elemi alapján épül fel, jellemzésére a hálóelmélet megállapításai is használható. A termékpálya egyes fázisai (termelés, kereskedelem, innováció, stb.) különböző nagyságú hozzáadott értékeket generálnak. Így az értékalapú hálózatosodás törekszik ezen fázisok átfogására, illetve beolvasztására. Napjainkban az alapanyag termelés, a feldolgozás, a kereskedelem, a pénzügyi szféra hálózatalapú integrációjának lehetünk tanúi.

4.4.4. Informatikai pálya

Jellemzően az informatikai pálya kiinduló pontja nem a termelés, hanem a fogyasztás, a piac. Így a termékpálya egyes elemei közötti informatikai kapcsolat teszi lehetővé a hatékony termelést, az értékarányos cserét és az értéknövekedést. Elemei a megrendelés, a termékről szóló információk, a piaci és termelési szükségletek, a mennyiségi és minőségi jellemzők. Az információ ma már önálló és egyre növekvő értékkel bír, azt lehet mondani, hogy a termelés alapjává vált. A jó információk birtoklása megtöbbszörözheti a gazdasági élet szereplőinek hatékonyságát. Az informatikai hálók azonnali információkat biztosítanak a termelőknek és a gazdasági élet szereplőinek. Az informatikai pálya tette lehetővé napjainkban a termelés, a fogyasztás globalizálódását.

4.4.5. Logisztikai pálya

A fenti pályaelemeket integrálja a logisztika, nem csak üzemen belüli (belső logisztika), hanem üzemen kívüli (külső, nemzetközi logisztika) területén.

A logisztika technológiai fejlődése lehetővé teszi a termelés, a fogyasztás totális globalizálódását. A felsorolt gazdasági hálók, a gazdaság hatékonyságát jelentősen növelhetik és növelik. A logisztika által generált kapcsolódások, hálózatok beborítják a globális világot és olyan nemzetközi rendszert alkotnak, amelyek nagyon sokszor felülírnak eddig hatékonynak mondott gazdasági tevékenységeket. Összekapcsolják vertikálisan a gazdasági ágazatokat, valamint egymástól távol eső földrajzi területeket. Létrejön a globálisan egységes termelés, az egységes piac és az egységes finanszírozás. A gazdasági hálók a logisztika törvényszerűségein és hálózatokon keresztüli optimalizációs tevékenységein át képes létrehozni a globálisan egységes gazdaságot. E hálók felismerése és alkalmazása, a gazdaság növekedésének legújabb lehetőségeit hordozzák magukban.

5. A hálók típusai

A fenti tipizálást elsősorban az időrendi kifejlődésük alapján tettük meg. Amennyiben a tipizálást más szempontok alapján végezzük, a hálózatok újabb tulajdonságai tárulhatnak fel előttünk. A hálókat, ha a fenti megjelenési területükről leválasztjuk, és működési intenzitásukat tekintjük megkülönböztető jelnek, akkor három nagy csoportba sorolhatjuk:

- Statikus hálók. Mindazon hálókat, illetve elemeit sorolhatjuk ide, amelyek materiálisan és vizuálisan folyamatosan jelen vannak és működésre készen állnak. Ezek leginkább a gazdasági élet azon elemei, amelyek infrastruktúrában öltenek testet (utak, vasutak, termékpályák, stb.).
- Dinamikus hálók. Azon kapcsolati rendszerek, amelyek a statikus hálókat felhasználva csak időszaki kapcsolatot jelentenek a statikus hálók elemei között (például fuvarozó vállalkozások eszközállománya, maguk az információk, stb.).
- Virtuális hálók. A statikus és dinamikus hálókkal párhuzamos kapcsolatrendszerek, amelyek csak részben élők, kialakításukat az informatika, a kölcsönös kapcsolati lehetőségek fenntartása teszi lehetővé. Ilyenek lehetnek a virtuális ipari és logisztikai parkok, virtuális termékpályák.

Abban az esetben, ha a hálók zártságát vizsgáljuk, megkülönböztethetünk zárt és nyitott hálókat. Zárt hálóknak minősíthetjük azokat a rendszereket, amelyek kapcsolataik révén nem szabadok más hálózatokkal való együttműködésükben. Ilyenek lehetnek egy termelő üzem

belső kapcsolatai (amelyet elsősorban a technológia és a sajátos irányítási, szervezési rendszer határozhat meg). A külső, nyitott hálózatoknak minősíthető rendszerek azok, amelyek kapcsolataikat rugalmasan alakítják, szervezeti struktúrájuk gyorsan változhat (ilyenek lehetnek a piaci hálók, a külső logisztikai hálók, a kutatási, pénzügyi hálók, stb.). A gazdasági egységek természetes törekvése az, hogy a nyitott hálózatokból egységes, belső szabályok alapján működő hálózatokat hozzanak létre (monopolizálás).

6. Hálók cityben

A citylogisztika megközelítésünkben minden olyan erőforrás áramlást tartalmaz, amely a városok életéhez szükséges. Ezek megszervezése, illesztése, a városok közötti hálózatokhoz való kapcsolása alkotja a citylogisztika elemeit. Ahhoz, hogy ezek harmonikusan működjenek, tisztában kell lennünk a városok építészeti szerkezetének lehetőségeivel és technikai adottságaival. A városok szerkezete történelmileg három nagy típusba sorolható: az úti települések, amelyek egy tengelyre felfűzhetők, a rácsos (négyzetrácsos) szerkezetű települések, amelyek a klasszikus görög városok szerkezetét mutatják, és a centrális elrendezésű városok, amelyek napjainkban dominánsak (pl. Budapest szerkezete). Ezekre a városokra jellemző, hogy a kivezető (vagy bevezető) logisztikai tengelyek számossága meghatározható. Általában 7-8 út vezet be ezekre a településekre, mint ahogy Barabási is publikációiban megállapította.

A városi logisztika statikussága és dinamikussága az alábbi táblázat szerint szerkeszthető.

	Statikus	Dinamikus
Utak	X	
Perszonális		X
Áruellátás		X
Víz	X	
Csatorna	X	
Energia	X	
Információ	X	
Hulladék		X

1. táblázat. Városi hálók

Forrás: saját szerkesztés, 2016

A fenti táblázatban is jól látható, hogy a városi logisztika egy bonyolult, több rétegű, egymással is kapcsolatban álló, egymást determináló rendszerből áll. E rendszerek elhelyezkedése nagyban függ a funkcióktól és a kapcsolatoktól. Egyes rendszerek a fejlettségüktől függően elhelyezkedhetnek tengelyesen (egy dimenziós), vagy kétdimenziós (sík) rendszerben, amelyben megtalálhatók a logisztikai fák, a logisztikai ciklusok és a logisztikai cellák. Ezekből fel lehet építeni egy város logisztikai rendszerét. A városok általában több évtizedes, esetenként több évszázados vagy ezeréves „maggal” rendelkeznek, amelyek logisztikai kapacitása nem felel meg a mai igényeknek. Itt a logisztika a háromdimenziós rendszereket alkalmazza, vagyis a térbeli logisztikát. Így terjed napjainkban robbanásszerűen a felüljárók rendszere, a magasvasút, az aluljárók rendszere, a mélyvasutak, vagy a közműveknél a közműalagutak hálózata

Továbbá a gépkocsi tárolás (parkolóházak), illetve mélygarázsok rendszere is megoldást jelent a városok központjának túlterhelésére. A városi logisztika fejlődésének másik iránya a logisztikai szolgáltatások által jól megközelíthető külterületekre, külső gyűrűkre való elhelyezés lehet, például a bevásárlóközpontok, ipari parkok, de akár a lakóparkok elhelyezése is jó megoldást (logisztikai terminológia szerint ezek lehetnek a cellák) nyújthat a citylogisztikai kihívásokra. A városok fejlődése a klasszikus agráripári, vagy akár szolgáltató funkció mellett napjainkban inkább a termelő, illetve fogyasztó, valamint a piacot adó funkció dominanciájával jellemezhető. A mai nagyvárosok, ipari, gazdasági konglomerátumok esetenként 10 millió vagy ettől is több embert szolgálnak ki. Itt a klasszikus háló megközelítés már kevés, ebben az esetben komplex térhálókról beszélhetünk, vagyis a hálók hálója megközelítés felelhet meg. A jövő a matematika segítségével azokból a modellekből vezethető le, amelyeket Mandelbrot-halmaznak hívunk. Ezek a halmazok az atomok elhelyezkedését, illetve az űrbeli objektumok elhelyezkedését, valamint a természetben fellelhető biológiai (élet) képeit mutatják meg, amelyek a jövő városainak logisztikai leírását is leképezhetik.

7. Összefoglalás

Az információs rendszerek fontossága és a globalizálódásban betöltött szerepe meghatározó és egyre újabb területeket hódít meg, így időszerűvé vált a nemzetközi információs menedzsmenttudomány és a vállalati információs menedzsment törvényszerűségeinek és gyakorlatának feltárása, kutatása és optimalizálása. Az informatika a tudomány és az oktatás

tényleges nemzetközivé válását teszi lehetővé. Az oktatás tárgyi feltételei az oktatási hálózatokon keresztül (a jogi megfeleltetésen alapulva) az informatika keretein belül válhat nemzetközivé. A tudásháló mindig is létezett és a csúcsok mindig nemzetköziek voltak. Napjainkban azonban a tudásháló, a tudás nemzetközivé válása már jogi kereteket is öntött (egységes nyelvezet, Bolognai rendszer, szakmák nemzetközi megfeleltetése, stb.). Az internet keretében és az informatika legújabb gyakorlati lehetőségei alapján, az emberek közötti kapcsolatok az ún. közösségi hálókból szerveződnek. Ez az egyéni, emberi kapcsolatokat is globálissá tette. A kultúra globalizációja az előzőekből fakad. Az érintkezés nyelve, a kapcsolatok kulturális dimenziója egységesül és perspektívái egyelőre megjósolhatatlanok. A városi logisztikában ma már a hálózatok hálózatosodása jelenik meg, mint ahogy már említettük. Megjelentek az ipari parkok hálói, a logisztikai központok hálói, a specializált és integrált logisztikai ipari parki hálózatok, továbbá a lakóparkok, üdülőkörök hálózatai. Specializálódik, egyúttal integrálódik a vasút, közút, vízi, és légi utak rendszere és a hálózati integráció teszi lehetővé kapcsolódásukat. A hálózatosodás és annak eredményeinek hasznosítása, a termelési technológiát és integrációját is megváltoztatta és megváltoztatja. Így a raktári rendszerek, a termelési-ellátási rendszerek és az együttműködési rendszerek is új lehetőségekkel gazdagodnak. A hálózatosodás és annak eredményeinek alkalmazása, a logisztika, a termeléslogisztika minden elemére új hatással van, új szervezeti formákat eredményez és a jövőt ez fogja meghatározni. A fenti, a gazdasági életben már kialakult hálózati rendszerek a citylogisztikában is egyre inkább teret nyernek és a városok komplex fejlődését határozzák meg a jövőben.

8. Felhasznált irodalom

- EGRI I. (2016): Hálóelmélet a citylogisztika szolgálatában. Előadás az 54. Közgazdász Vándorgyűlésen. 2016. 09.15-17. Kecskemét
- BARABÁSI A.L. (2013): Behálózva. Helikon, Budapest
- BÁNYAI T. – CSELÉNYI J. (2004): Logistics Networks University, Miskolc
- EGRI I. (2012): Újabb matematikai eszközök lehetősége a logisztikai folyamatok vizsgálatában. Logisztikai Híradó. XXII. évf. 3.sz., 41-43.old. Budapest
- LEVIN, G. (1996): Disconnected Julia set and rotation sets. Annales scientifiques de l'ENS, XII. 25-35.old.
- KARMAZIN GY. (2015): Logisztikai szolgáltató központok fejlesztése hálózati kutatások eredményeinek felhasználásával. Logisztikai Híradó, Budapest