

Innovációs környezet a globális autóiipari ellátási láncokban

Dömötörfi Ákos* Dr. Péter Tamás**

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

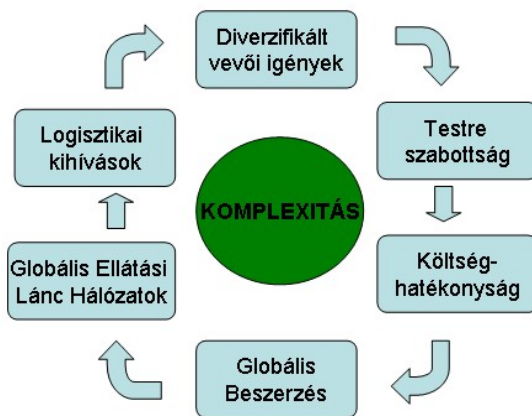
**BME Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék,
1111 Budapest, Stoczek u. 2. (e-mail: peter.tamas@mail.bme.hu)

Absztrakt: Az alábbi tanulmány egy sokéves kutatómunka eredményeit foglalja össze, amelyeket részben az autóiipari ellátási láncok logisztikai szempontú vizsgálatának körében végeztünk.

Különböző szempontok mentén írjuk le azon tudományos megállapításainkat, amelyek a témakörben releváns értékkel bírnak a modernkori autóiipari ellátási láncok irányításában, különös tekintettel az olyan modellezési eljárásokra, amelyek a hálózatalapú rendszerek elméletére támaszkodva vizsgálják a rendszereket. A kutatás szerves részét képezik a SMART technológiák és a 4. ipari forradalom biztosította technológiák integrált alkalmazását szem előtt tartva a gyakorlati szempontokat, a megkívánt követelményeket és az elméleti hátteret.

1. BEVEZETÉS

Az autóiipari ellátási láncban a vásárlói igények folyamatos fejlődése következtében a komplexitás egyre növekszik, amely újabb és újabb kihívásokat generál és ezeknek csak folyamatos innovatív megoldásokkal lehet megfelelni a jövőben. A komplexitás következményeként napjainkban a járműipar számtalan kihívással szembesül.



1. Ábra Autóiipari ellátási láncok integrált komplexitás-modellje (Dömötörfi-Péter, 2016)

Egyfelől meg kell felelni a vásárlók által támasztott követelményeknek (hogy diverzifikált személyre szabott igények kielégítésre kerüljenek), ugyanakkor az ezáltal okozott komplexitás csökkentése szempontjából a standardizálásra, az üzleti folyamatok egyszerűsítésére kell törekedni. Ezért a személyre szabott megoldások magas szintű versenyt eredményeznek az ellátási láncban, melyek rugalmas és intelligens mérnöki megoldásokat igényelnek, ugyanakkor az üzleti folyamatokban cél a komplexitás

csökkentése oly módon, hogy ez a termékösszetétel (portfólió) minőségi mutatóiban lépjen fel.

Kutatásunk során megállapítást nyert, hogy az autóiipari ellátási lánc egészét tekintve, egy nem statikus objektum, ezért az autóiipari ellátási láncok működésére vonatkozó átfogó kép leírására a véletlen gráf-alapú modellek a legalkalmasabbak. (Péter et al, 2015) Ez lehetőséget teremtett az önszervező hálózatok természetes módon történő változásának a vizsgálatára is.

2. INNOVÁCIÓS KÖRNYEZET AZ IRÁNYÍTÁSBAN

Az autóiipar a többi iparághoz hasonlóan egy új technológiai korszakváltásba lépett, amelyben az internet-gazdaság alapjaiban alakítja át a gyártási rendszereket. E folyamat a fizikai és a digitális világ közötti hidak előrehaladott és ütemes kiépítését, különleges innovációs alkalmazkodást, minden korábbinál gyorsabb válaszokat, bátor innovációs lépéseket kíván a gazdaság minden szereplőjétől, kormányzati gazdaságpolitikától, valamint az innovációs rendszer intézményeitől.

Mely trendek befolyásolják jelenleg az autóiipart:

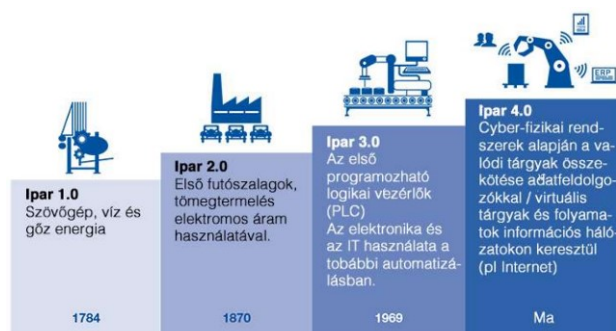
1. Folyamatosan növekvő elektronikai és szoftver alapú alkalmazások a járműirányításban
 - a. Az elektronikai rendszerek nagyobb mint 90%-ban járulnak hozzá az járművekben alkalmazott innovációkhoz és új applikációkhoz.
 - b. Egy járműtípus bevezetésének időkerete 3-4 évre csökkent, ezért az új szoftverek életciklusa csak hónapokban mérhető

- c. Az elektronikai és szoftveres rendszerek költsége 20%-al kevesebb a 10 évvel ezelőttihez képest
2. Platform modularizáció
- OEM-ek (Original Equipment Manufacturer) növelik a modellválasztékot, mialatt csökken a jármű platformok száma (azaz több közös alkatrészt lehet legyártani nagyobb darabszámban, olcsóbban)
 - Beszállítók konszolidációja (alacsonyabb számú, de méretében nagyobb beszállítók)
3. Változások az értékesítési csatornában
- Növekvő számú online vásárlók
 - Alacsonyabb energiaráfordítást igénylő szolgáltatások járművásárláskor, szervizeléskor, finanszírozási és biztosítási döntések meghozatalakor.
4. Szigorúbb szabályozási környezet (PwC, 2017)

Ennek következtében egyfajta paradigmaváltás megy végbe az autóiipar szereplőinek körében, mely arra törekszik, hogy ne ott állíts elő értéket, ahol a vevő van, hanem ahol optimális. (Dömötörfi, 2014) Ezért ezt már nem lehet a hagyományos gyártási modellel kielégíteni, mivel nem csak egyenként kell optimalizálni az entitásokat, hanem hálózatba kapcsolva azokat. A termelést innentől fogva nemcsak a távolság, mint tényező befolyásolja, hanem a teljes ellátási lánc kapacitáskihasználtsága, erőforrása, logisztika, beszállítók elhelyezkedése stb. Ennélfogva komplexen és áthatóan kell vizsgálni az ellátási láncban rejlő lehetőségeket, amely ma már nemcsak szükséges, de lehetséges is a meglévő technológiai megoldások segítségével.

2.1 Ipar 4.0

Több iparági elemző a napjainkban zajló technológiai fejlődés jelentőségét az elmúlt korok ipari forradalmaihoz hasonlítja: a gőzgép megjelenése, a tömeggyártás általánossá válása, majd az elektronika és információtechnológia elterjedése után ma a virtuális és fizikai valóság összeolvadásának, vagyis a negyedik ipari forradalomnak vagyunk részesei. (Husi 2016)



2. Ábra Az ipar „forradalmi” (Husi, 2016)

Számos vállalat kimozdul a tradicionális ipari környezetéből, hogy összefogja az érték folyamatot, ezért az Ipar 4.0 célja, hogy az egymáshoz csatlakozó rendszereket, hálózatokat egységesítse, amely által a gépek okossá válnak, ezáltal okos hálózatok és még okosabb infrastrukturális rendszerek jöhetnek létre.

Az ellátási láncban résztvevők számára az Ipar 4.0-hoz kapcsolódó megoldások középpontjában az emberek, gépek és tárgyak valós idejű, intelligens összekapcsolása áll. Az eszközök okos (SMART – Lásd később) tulajdonsággal rendelkeznek, ezáltal részei egy olyan környezetnek, ahol egyrészt egyedi eszközként is tudnak működni, de összefogva valami újat, mást, többet képes biztosítani. Minden termék egy digitális lánchoz fog tartozni. A teljes életciklus és digitális lánc integrálása lesz az alapköve ennek a digitális láncnak, a meglévő és új innovatív üzleti modelleknek. Ebben a környezetben szükségünk lesz arra, hogy felismerésre kerüljenek a meglévő információ források, ezeket kombináljuk és megvizsgáljuk, azaz modellezzük, melyet a következő fejezetekben mutatunk be autóiipari ellátási láncokra alkalmazva. (Husi, 2016)

2.2. Modellezés skálafüggetlen hálózatokkal

Esetünkben, hálózat alapú komplex rendszereket vizsgálunk. Melyek azok a rendszerek, amelyek komplexként írhatóak le? A pl. a sejtek melyek az életfunkciókat támogatják, az agy, a társadalom, a gazdaság. Mindegyik egy nagyon összetett rendszer, amely a meglévő alkotóelemei közötti interakciója által működik. Ezek olyan hálózatok melyekben valami lejátszódik, de valójában soha nem leszünk képesek értelmezni a komplexitást mind addig, amíg nem értjük a hálózatok működését. Ezért mondhatjuk, hogy a 21. század a komplexitás százada, de ugyanakkor mondhatjuk, hogy a hálózatosság százada is, (Barabási, 2003).

A hálózatelmélet alapot szolgáltatott arra, hogy miféleképpen vizsgáljuk a hálózat belső kölcsönhatásait, mi az egyes kölcsönhatások jelentése, melyek a kölcsönhatások céljai, hogyan járulnak hozzá az egyes kölcsönhatások a hálózat megfelelő működéséhez? Van azonban néhány általános hálózati tulajdonság mely felfedezésre került az elmúlt két évtizedben (Barabási, 2003). 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 autóiipari ellátási lánc hálózatára, amelyben nem minden autógyár kapcsolódik minden autógyárral, hanem más kisebb egységek (beszállítók) kapcsolódnak egy, vagy több hubhoz (autógyárakhoz), 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 autóiipart jelenti. A közösség autógyárak és beszállítók csoportja, melyek jobban ismerik a csoporton belüli tagokat, a csoporton kívülieket (jól ismerik egymást az autóiipari vetélytársak). 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 kívülvilág 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 klaszter alakítanak, ki (pl. egy alkatrész sem hiányozhat az autóból, különben funkcionálisan nem működik megfelelően).

Egy lépéssel ezeket az összefüggő hálózatokat továbbgondolva, következő kérdés milyen erők 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.

2.3. SMART Technológiák alkalmazása

A Széchenyi István Egyetemen 2012 novemberében indult TÁMOP -4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0012: „Smarter Transport” Kooperatív közlekedési rendszerek infokommunikációs támogatása c. projekt, melynek célja a közlekedési rendszerekkel szemben támasztott alapvető személy- és áruszállítási igények hatékonyabb, biztonságosabb és környezetbarát (Lakatos 1994,2012) megoldásokat alkalmazó kielégítése, alapvetően fejlett infokommunikációs technológiák kutatásával és alkalmazásával.

Részben ez a projekt adta az inspirációt, arra, hogy hasonló irányelvek mentén, ugyanezen tényezőket az autóiipari ellátási lánc vizsgálatára is felhasználjuk, mivel számtalan párhuzamosság figyelhető meg a két rendszer analízise között. Interdiszciplináris megközelítésben, azt a szűkebb értelemben vett zárt szabályozási kört szeretnénk leírni (azaz magát az autóiipari ellátási láncot) amely önálló részrendszert alkot, ugyanakkor kapcsolódik az azt körülvevő makro környezethez (gazdasághoz) is. Ez egyaránt felvet multidiszciplináris (főként műszaki és társadalomtudományi) kérdéseket is, amelyeket megfelelő keretrendszerbe foglalva, az alábbi alapvetési kérdések fogalmazódtak meg.

1. „Okos” háttér: az autóiipari logisztika területén milyen feladatokat kell elvégezni és mely folyamatok járulnak hozzá, ahhoz, hogy egy rendszert SMARTnak tekintünk?

2. Mely eszközökkel lehetséges ezeket a folyamatokat modellezni és hogyan lehet az outputokat virtualizálni? (Matematikai, hálózatelméleti, szimulációs, soft computing stb. eszközök).

3. Melyek a bemenő információk adatforrásai (Vadvári-Várlaki, 2015) milyen módszerekkel lehet és érdemes őket rendszerezni és milyen mélységben kell az adatokat vizsgálni, valamint, az ellátási lánc mely szintjén?

4. Milyen ismérvek mentén épülnek fel a visszacsatolások (szabályozó körök), amelyek definiálják a szükséges beavatkozásokat?

5. Milyen technológiák szükségesek ahhoz, hogy a rendszert irányítani lehessen, hogyan kommunikáljon egymással ember, gép, környezet olyan módon, hogy az erőforrások optimálisan legyenek kihasználva?

Kulcskérdés azonban, hogy mitől lesz a rendszer SMART? Az Ipar 4.0 elvek térhódításával ennek megértése napjainkban már könnyebb, azonban érdemes megemlíteni, hogy e tekintetben mit várunk el a rendszer működésétől, hogy más elvek szerint működjön az eddig megszokotthoz képest.

Autóiipari ellátási láncok esetén komplex, világméretű hálózatokról beszélünk, ahol rengeteg szereplőt kell egységbe integrálni (vevő-Tier 1 kapcsolat), ahhoz, hogy a végtermék felépüljön és a végfelhasználóhoz el is jusson. Ennek szervezése rengeteg infokommunikációs tevékenységet generál, mely adatokat megfelelően felhasználva rendszerünket SMART-á tehetjük a későbbi tervezési, de akár azonnali problémák megoldására is.

Egy másik lehetőség lehet, amikor különböző kommunikációs rendszereket, mint alrendszereket építünk be az ellátási lánc irányításába (részint nem új dolgok pl. GPS, nyomkövetés). Ezek összehangoltsági foka azonban még napjainkban sem tekinthető véglegesnek, ráadásul ez dinamikus változó rendszer, ezért a megfelelő alkalmazás csak majd később tekinthető SMART-nak.

Egy harmadik megközelítés az lehet, amikor különböző intelligens megoldásokat keresünk, ezeket csoportokba szervezzük és ettől lesz a rendszerünk SMART. Ez az elgondolás csak rész-optimum megoldást adhat, ezért a gyakorlat szempontjából nem a legprecízebb eljárás mód.

Összefoglalva tehát nagyon sokféle megközelítés jöhet számításba, de a mi felfogásunkban akkor lesz SMART a rendszer, ha irányításra alkalmas, automatikus infokommunikációs támogatást nyújtunk a közlekedési, logisztikai, beszerzési, tervezési, irányítási, döntéshozatali stb. alapfolyamathoz, ez által a rendelkezésre álló adatokat, információkat valós időben, minél szélesebb körben, a redundanciát elkerülve juttatjuk célba az ellátási lánc minden szintjén.

A zárt szabályozási körben tehát, optimális lenne, ha az ellátási láncban résztvevő minden individuális egység együttműködne, mert ha egy kör megakad, az hátráltathatja a rendszer működését. (Az egész rendszer a skálafüggetlenségből adódóan nem állna le, ugyanakkor annak egyik alrendszere alacsonyabb hatékonysággal működne.)

Ennek áthidalásának egyik módja a különböző rendszerek integrációja, amely az ellátási rendszer felsőbb szintjein a minőségi szabályozásnak köszönhetően megvan (pl. szinte kötelező elvárás az EDI kapcsolat OEM és Tier 1 között), azonban egyre lefelé haladva az ellátási lánc szintjein a kapcsolat lazul, esetleg felbomlik, melyek az operatív működést nagyban befolyásolják és olyan negatív hatásokat idéznek elő, mint például az ostorcsapás effektus. (Tosun et al., 2013)

Nyilvánvalóan számtalan egyéb más megoldás is létezik, de akármelyik módszert is választjuk, definiálnunk kell az elérendő célokat:

- Hatékonyságon szeretnénk-e javítani? (Erőforrás kihasználás)
- Pénzügyi sikerességet szeretnénk növelni? (Profitabilitás)
- Környezetterhelésen szeretnénk javítani? (Emisszió)
- Közlekedésbiztonságot szeretnénk növelni (Fejlett gépjárművezetés támogató rendszerek ADAS.)
- stb.

2.3.1 Lehetséges megoldások

Napjainkban számtalan intelligens megoldás létezik, azonban ha az ellátási lánc folyamatait nézzük, ezek többnyire egymástól elszigetelten működnek és kevés közöttük a kapcsolat.

1. Fontos, hogy az alfolyamatokra egy olyan közös platform kerüljön kidolgozásra, amelyet mindenki elfogad és mindenki követ. (A gyakorlatban ehhez az eltérő régiók miatt valószínűleg iparági szintű, esetleg gazdasági szintű globális beavatkozás szükséges.)

2. Rendezzük egységbe ezeket az objektumokat, teremtsünk összeköttetést közöttük. Ez lehet egy adatátvitel, egy közös adathálózat használata, vagy valamilyen együttes gondolkodás. Ha mindegyik rendszert mindegyikkel összekapcsoljuk és biztosított a felhasználók számára saját céljaiknak megfelelő automatikus kiértékelő eljárás, akkor ki fog alakulni egy intelligens rendszerek hálózata, amely nagy lépés afelé, hogy ez a rendszer SMART legyen. Ezáltal máris elindultunk egy irányba, hogy az ellátási láncot intelligenssé tegyük.

3. Jelen korunk fontos kérdése az energia felhasználás, alternatív energiaforrások bevezetése és elterjedése, amelyre a meglévő gyakorlatban már számtalan példát láthatunk.

Ezek megfelelő működtetése szintén összehangolt szinten történhetne, ha azokat a megújuló energiaforrásokból megtermelt excesszív energiákat megfelelő módon elraktároznánk és ezt például a villamos meghajtású járművek töltésére használnánk. Ezáltal ugyancsak összekapcsolható két független rendszer, amely segít abban, hogy a SMART rendszerek irányába mozduljunk el.

2.4 „Big Data” Analízis

Ahogy 2015-ös tanulmányunkban is rávilágítottunk (Dömötörfi-Péter. 2015), a digitalizáció szerepe a mobilitásban is egyre meghatározóbb lesz. Előtérbe kerültek a prediktív technológiák és a sok értékes információkból elvégzett ún., „Big-Data elemzések”.

Ma már rendkívül nagy adathalmaz „termelődik” és ez a trend napról napra folytatódik. Amikor az autóiipari ellátási láncokat logisztikai szempontból megvizsgáljuk, a „Big Data” elemzéseknek az előrejelzésben és üzleti tervezésben van a legnagyobb szerepe ezért, ha valamilyen adatelemzési módszerrel visszafejtjük a múltbeli igényeket, vásárlói szokásokat, máris eljutunk egy olyan lépcsőfokra, amely segítséget ad az intelligens modellezéshez, támogatva a stratégiai tervezést. Ennek több szempontból is jelentősége lehet, akár egy beruházási kérdés kapcsán, de a napi üzletmenetben a rendelés feldolgozásban is, amely eszköz az ellátási lánc alsóbb szintjein egyre nagyobb segítséget nyújthat, mivel az információ pontossága is torzulhat. Fontos hangsúly a SMART technológiák együttműködésében van, amely segíthet abban, hogy erőforrásokat tehermentesítsünk a rendszerben gondolkodás által.

Abban az esetben, ha ezt, mint egy rendszert vizsgáljuk és külön-külön mindegyik rendszernek van valamilyen többlete, vagy hiánya, valamint még kombináljuk az egyéb externális költségekkel, akkor adódik a rendszer ráfordítása. Ha az a célunk, hogy a ráfordításokat minimalizáljuk, akkor visszajutottunk az előbbi gondolathoz, amely szerint ezt leegyszerűbben úgy tudjuk elérni, hogy együttműködnek a rendszerek, adataikat, információikat megosztják egymással és így egy komplex rendszert alkotnak. Ha ezt a komplex láncolatot tovább folytatjuk, akkor ügyelni kell arra, hogy ez a láncolat ne szakadjon meg, különben az architektúra nem fog megfelelően működni.

Először meg kell néznünk, hogy vannak-e jó megoldásaink és hogy ezek a megoldások összekapcsolhatóak-e, vagy csoportosíthatók-e. Ha ez sikerül, akkor eljutottunk oda, hogy van egy SMART rendszerünk és utána talán még egy lépést továbbhaladva eljuthatunk a SMART ellátási lánchoz, ahol ez az együttműködés kikerül a logisztika köreinek kívüli, egyéb rendszerekre is (pl.: környezet, infrastruktúra, marketing stb.)

KÖVETKEZTETÉSEK

Amikor az autóiipari ellátási hálózatok fejlesztéséről beszélünk, rendkívül komplex problémáról van szó.

Ahhoz, hogy ezt megfelelően próbáljuk modellezni, és hogy az újfajta informatikai lehetőségeket ötvözve megállják a helyüket a gyorsabb, pontosabb és hatékonyabb kiszolgálás érdekében, valójában egyszerre többféle, eklektikus rendszerek alkalmazásáról és integrációjáról beszélünk.

A döntések támogatására célunk egy olyan kiber-fizikai rendszer létrehozása, amelyben a folyamatok állandó változásának leképezésére újabb és újabb real-time alapú modellezés - és beavatkozás szükségeltetik. Különösen fontos ez az ellátási láncban, ahol meg kell teremteni azt a feltételt, amelyben a logisztikai részfolyamatok maguktól adaptálhatók és a pozitív rendszerek elméletére támaszkodva, dinamikus szervezési eljárásokkal teszik hatékonyabbá a rendszer egészének működését.

Napjainkban logisztikai rendszereiben jelenlevő intelligens eszközökből rengeteg információ származik, és nem az a fő kihívás, hogy ezekből hogyan tudunk optimális modellt alkotni, hanem az, hogy a környezetből belépő nagymennyiségű információt úgy tudjuk feldolgozni, hogy egy viszonylag jó és gyakorlatban alkalmazható modellünk legyen. Ezért a jövőbeli informatikai fejlesztések számára nagy a kihívás, mert rengeteg eszköznek, különböző platformoknak az egymás közötti rendszerbe kapcsolása, információk hatékony feldolgozása és továbbítása lesz a fő feladat. Másképpen úgy is fogalmazhatunk, hogy olyan új funkciók jelennek meg, melyben a fő kérdés az, hogy miképpen kapcsoljuk össze az embereket és a gépeket a hatékony információáramlás érdekében. Az új folyamatmodellek és adatvezérelt irányítás számára, a rendszernek olyan szinten kell rugalmas lennie, hogy felismerje, ha a rendszer működésén módosítani kell és azt el is végezze. Ezért, ebben a folyamatban az információ minősége kulcsfontosságú az ellátási lánc bármely szintjén.

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. [
- Dömötörfi, Ákos (2013). Paradigmaváltás a logisztikában. *Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia 2013 Budapest, Konferenciakötet, Paper 17*, pp.86-95.
- Dömötörfi Á., Péter T. (2016) Autóiipari ellátási láncok modern modellezésének lehetőségei, *Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia 2016, Konferenciakötet.* Paper 31, pp. 159-164.
- Dömötörfi Á., Péter T. (2015) Autóiipari logisztikai hálózatok sztochasztikus modellezéséhez szükséges paraméterek elemzése, *Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia 2015, Budapest, Konferenciakötet, Paper 19*, pp. 120-124.

- Husi G. (2016) *Ipar 4.0*, Jegyzet, Debreceni Egyetem. <http://www.eng.unideb.hu/userdir/vmt2/images/tantargyak/robottechnika/Ipar%204.0%20jegyzet.pdf>
- Lakatos István (1994) Gépjárműmotorok szelepezérlése, Győr: Jaurinum Bt., 1994. 132 p.
- Lakatos István (2012) Modeling of a Naturally Aspirated Gasoline Engine in the GT-suite Software Environment *In: Matija Fajdiga, Jernej Klemenc (szerk.), IAT 2012 - Innovative Automotive Technology. Dolenjske Toplice, Szlovénia, 2012.04.12-2012.04.13. Ljubljana: Laboratory for Structure Evaluation (LAVEK), 2012. pp. 77-94. (ISBN:978-961-6536-61-5*
- Péter, T., Lakatos, I., Szauter, F. (2015) Analysis of the complex environmental impact on urban trajectories. *In: ASME/IEEE International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications (MESA). Boston, Massachusetts, USA, August 2-5, 2015, DETC2015-47077, pp. 1-7. DOI: 10.1115/DETC2015-47077*
- Tosun U., Dokeroglu T, Cosar A. (2013) A New Parallel Genetic Algorithm for Reducing the Bullwhip Effect in an Automotive Supply Chain, *7th IFAC Conference on Manufacturing Modelling June 19-21, 2013. Saint Petersburg, Russia, IFAC Proceedings Volumes, Vol. 46. Issue 9, pp. 70-74*
- Vadvári, T., Várlaki, P. (2015) Identification of Supply Chains Based on Input- Output Data. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering.* 43(3), pp. 162-167. DOI: 10.3311/PPtr.7931

Internetes források:

- PwC (2015). Automotive perspective 2015, <https://www.strategyand.pwc.com/media/file/Automotive-perspective-2015.pdf> Letöltve: 2017.06.17

