

DOKTORI ÉRTEKEZÉS

Dömötörfi Ákos

Széchenyi István Egyetem
Műszaki Tudományi Kar
2019

Dömötörfi Ákos

Autóipari ellátási hálózatok logisztikai elemzése

Doktori értekezés

Témavezetők:

Dr. habil. Péter Tamás
Műszaki tudomány kandidátusa
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

Dr. habil. Harmati István Árpád
Egyetemi docens
Széchenyi István Egyetem Győr
Matematika és Számítástudomány Tanszék

Infrastrukturális Rendszerek Modellezése és Fejlesztése
Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola

Győr
2019

Tartalomjegyzék

RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE	3
1. BEVEZETÉS	5
1.1. KUTATÁSI TÉMA BEMUTATÁSA ÉS A KUTATÁS CÉLJA	5
1.2. A KUTATÁS SORÁN ALKALMAZOTT MÓDSZEREK ÉS A DISSZERTÁCIÓ FELÉPÍTÉSE	6
1.3. A VIZSGÁLATI KERETRENDSZER	8
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	10
2.1. PARADIGMAVÁLTÁS A LOGISZTIKÁBAN	10
2.2. A LOGISZTIKA DEFINÍCIÓJA	11
2.3. AUTÓIPARI LOGISZTIKA ÉS ELLÁTÁSI LÁNCOK	15
2.3.1. Az autóipar történelmi háttere	16
2.3.2. Ellátási lánc stratégiák az autóipari ellátási hálózatban	19
2.3.3. A lean menedzsment és az agilis gyártás alkalmazása az átfutási idők csökkentésére	23
2.3.4. Komplexitás és flexibilitás	26
3. AZ AUTÓIPARI ELLÁTÁSI HÁLÓZATOK ANALÍZISE	30
3.1. ÁLTALÁNOSÍTOTT AUTÓIPARI HÁLÓZAT FELÉPÍTÉSE	30
3.1.1. Egyszerűsített matematikai leírás	30
3.1.2. Logisztikai szempontú analízis	33
3.1.3. SMART ellátási láncok	55
3.1.4. Összefoglalás	63
4. SAJÁT EREDMÉNYEK ISMERTETÉSE	66
4.1. DINAMIKUS RENDSZERMODELLEZÉssel KAPCSOLATOS OPTIMÁLÁSI MÓDSZEREK ÉS A HATÉKONYSÁG NÖVELÉSE	66
4.1.1. Modellezési megközelítés	66
4.1.2. Összefoglalás	80
4.2. ELLÁTÁSI LÁNC DINAMIKÁT BEFOLYÁSOLÓ KAPCSOLÓDÁSI SZINTEK VIZSGÁLATA ..	82
4.2.1. Stratégiai szint (3-5 év)	84
4.2.2. Taktikai szint (1-3 év)	86
4.2.3. Operatív szint (0-1 év)	87
4.2.4. Összefoglalás	88
4.3. VÉLETLENSZERŰSÉGEN ALAPULÓ HÁLÓZATELEMÉLETI PÁRHUZAMOK	90
4.3.1. Leírás skálafüggetlen hálózatokkal	90
4.3.2. Kisvilág hálózatok	93
4.3.3. Hálózati evolúció	94

4.3.4. Magyarországi autóipari ellátási lánc szerveződési felépítésének vizsgálata	98
4.3.5. Szimulációs modellezés	105
4.3.6. Összefoglalás	111
5. ÖSSZEFOGLALÁS, JÖVŐBELI KUTATÁSI IRÁNYOK	114
IRODALOMJEGYZÉK	117
AZ ÉRTEKEZÉSHEZ KAPCSOLÓDÓ SAJÁT TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK	128
MELLÉKLETEK	130

Rövidítések jegyzéke

ADAS – Advanced Driver Assistance Systems – Fejlett vezetéstámogató rendszerek

AETR – Accord Européen sur les Transports Routiers – A nemzetközi közúti fuvarozást végző járművek személyzetének munkájáról szóló Európai Megállapodás.

ATO – Rendelésre összeszerelés

B2B – Business to Business – Vállalattól vállalatnak

BTS – Build to Stock – Készletre gyártás

BTO (1) – Build to Order – Rendelésre gyártás

BTO (2) – Buy to Order – Rendelésre vásárlás

BTF – Build to Forecast – Előrejelzésre gyártás

BTD – Build to Delivery – Szállításra gyártás

CEE – Central and Eastern Europe – Közép- és Kelet-Európa

CKD – Completely Knocked Down – Teljesen szétszerelve

CPS – Cyber-Physical Systems – Kiberfizikai rendszer

CODP – Customer Order Decoupling Point – Szétkapcsolási pont

DC – Distribution Center – Disztribúciós központ

EDI – Electronic Data Interchange – Elektronikus adatsere

EOP – End of Production - Gyártás hivatalos befejezése

ERP – Enterprise Resource Planning – Vállalati erőforrás tervezés

ETO – Engineer to Order – Rendelésre tervezés

FCL – Full Container Load – Egész konténeres szállítmány

FMS – Flexible Manufacturing System – Rugalmas Gyártási Rendszerek

IATF – International Automotive Task Force – Nemzetközi Autóipari Munkacsoport

INCOTERMS – International Commercial Terms – Nemzetközi Kereskedelmi Feltételek

IOS – Internet of Services – Szolgáltatások internete

IOT – Internet of Things – Dolgok internete

ISO – International Organization for Standardization – Nemzetközi Szabványügyi Szervezet

IT – Information Technology – Információs technológia

JIT – Just-in-Time – Éppen időben

JIS – Just-in-Sequence – Pontosan a szerelési sorrendnek megfelelően

KKV – Kis- és középvállalkozások

KPI – Key Performance Indicators – Kulcsfontosságú teljesítményjelzők / mutatók

K+F – Kutatás és Fejlesztés

LCI – Life-Cycle Impulse – Élet ciklus fellendítés (autón végzett „ránctelvarrás”)

LCL – Less than Container Load – Egy konténernyínel kisebb szállítmány

LSP – Logistics Service Provider – Logisztikai szolgáltató

MTA – Magyar Tudományos Akadémia

MTM – Methods Time Measurement – Módszeridő mérés

MTO – Make to Order – Rendelésre gyártás

MTS – Make to Stock – Készletre gyártás

M&A – Mergers and Acquisitions – Összeolvadás és egyesülés

NP – Nondeterministic Polynomial – Nemdeterminisztikus polinomiális

OEM – Original Equipment Manufacturer – Eredeti berendezés gyártó (autógyár)

PDCA – Plan-Do-Check-Act - Tervez, végrehajt, ellenőriz, intézkedik

PPAP – Production Part Approval Process – Gyártási Folyamat Jóváhagyási Eljárás

PSA – Peugeot Société Anonyme – Peugeot R szv nyt rsas g (beleértve a Citroen m rk t is)

REFA – Reichsausschuss f r Arbeitszeitermittlung – Birodalmi Sz vetség a Munkaid  meg llapításra

SCM – Supply Chain Management – Ellátásilánc-menedzsment

SKD – Semi Knocked Down – F lig sz tszerelve (r szegys gekre bontva)

SOP – Start of Production – Gyártás kezdete (autóiparban jellemz en a sz riagy rt s kezdete)

STS – Ship to Stock – Rakt rra szállítás (rakt rra gyártás)

TPS – Toyota Production System – Toyota termelési rendszer

TQM – Total Quality Management – Teljes min s g menedzsment

USA – United States of America – Amerikai Egyes lt Ăllamok

VDA – Verband der Automobilindustrie – N met Autóipari Sz vetség

VMI – Vendor Managed Inventory – Beszállító által menedzselt készletek

VSM – Value Stream Mapping –  rt k ram elemzés

1. Bevezetés

1.1. Kutatási téma bemutatása és a kutatás célja

A motorizáció fejlődésének köszönhetően az autógyártásnak az ipari termelésre gyakorolt hatása jelentős méreteket öltött az elmúlt évtizedekben. Ez a fejlődés továbbra sem állt meg és nemcsak a méreteket tekintve, de a minőségében is egyre komplexebb rendszerek megértését és irányítását igényli. Ezeknél a rendszereknél az értékteremtési folyamat egyik alapvető alkotóeleme a globális méreteket öltő ellátási lánc, melynek autóiipari környezetben történő logisztikai vizsgálata a doktori disszertációm témája.

Az autóiipar mélyebb vizsgálata azért aktuális és fontos, mert a nemzetgazdaságokra gyakorolt hatása jelentős, Magyarországon pedig napjainkban ez különösen fontossá vált. Ezért aktuális, hogy a témakört logisztikai szempontból elemezzem, amely megközelítés átfogó és segíti az autóiipari ellátási lánc rendszerének elemzését, különös tekintettel azokat az összefüggéseket és hatásokat, amelyeket a makro környezetre gyakorolnak.

Az autóiipari értékteremtő láncok nemzetközivé válása jelentős mértékben befolyásolja a gépjárművekkel kapcsolatos költségeket. Makrogazdasági szinten a világra kiterjedő beszerzés (global sourcing), nemzetközi termelési hálózatok és a világméretű elosztás (global distribution) jellemzi a gyártók ellátási hálózatait. A szállítási láncok sokrétűsége, az elemek és résztvevők nagy száma, a környezeti hatások figyelembevétele, a jogi szabályozások kényszerítő ereje önmagában elegendő input paraméterei annak a rendszernek, melyben az érdekeltek az egyes láncszemekben az erőforrás felhasználás csökkentését és az egyes tranzakciós költségek kapcsolatát próbálják optimalizálni, céljaik eléréséhez [42].

A 10 éve bekövetkezett világgazdasági válság azonban rámutatott arra, hogy a gépjárműipar különösen érzékenyen reagál a fogyasztói magatartás rövid távú változásaira, mivel az iparágban a termékélet ciklusok technológiai okokból már nem rövidíthetők tovább, a gyártói kapacitáskihasználás döntően befolyásolja a költségeket, ugyanakkor az átfutási idők (lead-time) növelését a piac nem tolerálja. A termék szortiment szélesedése és a nagy értékű termék miatt a készletezés sem adhat megoldást, mivel ez rendkívüli lekötött forgóeszköz állományt jelentene, ugyanakkor az ostorcsapás-effektus megjelenésével a rövidtávon állandónak tekinthető kapacitások rossz kihasználását, vagy éppen túlterhelését okozná. Elméleti kutatások, gyakorlati verifikációk és validálások alapján lehet azokat a modelleket, stratégiai és taktikai célrendszereket kialakítani, melyek alapján meghatározhatók a szétkapcsolási pontok (decoupling points) és az egyes célfüggvények

az autóipari ellátási láncban belül. A személyre szabottság (customization), az igények folyamatos fejlődése és a hosszú ellátási láncok miatt a komplexitás egyre növekszik, ami újabb és újabb kihívásokat generál. Ezeknek csak töretlenül, az innovatív megoldásokkal lehet megfelelni a jövőben [20].

Az ellátási lánc-menedzsment, és a logisztika egymástól elválaszthatatlan fogalmak, ugyanakkor, fontos differenciálni e két terület kapcsolódási pontjait és egyiket a másik értelmezésében vizsgálni. Kutatásom fő célja az autóipari ellátási hálózatok működésének elemzése és leírása. Téziseimben elsőként az autóipari ellátási lánc egyszerű modelljét írom le matematikai eszközökkel, majd vizsgálom logisztikai tényezők figyelembevételével. Ennek során az egyensúlyi állapot fenntartását biztosító modern irányítási rendszerként írom le annak működését és megfogalmazom annak definícióját. Fontosnak vélem bemutatni azon jövőbeli trendeket és alkalmazásokat, melyek a negyedik ipari forradalom (Ipar 4.0) vívmányaiként még nagyobb hatással lesznek az autóipari ellátási láncok irányítására. Külön hangsúlyt helyezek a két terület kapcsolódási pontjainak összegzésére. Ezután, modellt hozok létre a logisztikai hálózatok pozitív dinamikus rendszerének leírására. Majd meghatározom az ellátási láncban résztvevők közötti kapcsolatok irányítási szintenként eltérő bekövetkezési valószínűséggel rendelkező input adatait determináltság és sztochaszticitás szerint. Végül párhuzamot állítok fel skálafüggetlen hálózatok tulajdonságaival és szimuláció segítségével mutatom be a kapcsolódási struktúrákból levonható következtetéseket.

Céлом, hogy feltárjam és igazoljam azon összefüggéseket, amelyek logisztikai irányelvek mentén segítenek a rendszer jobb megértéséhez, továbbá bemutassam annak főbb mechanizmusait és sajátosságait. Másik fontos célkitűzésem olyan modellek létrehozása, amelyek gyakorlati szempontból segítenek leképezni azon szinergiákat, melyek az autóipari ellátási láncok optimalizálását teszik lehetővé.

1.2. A kutatás során alkalmazott módszerek és a disszertáció felépítése

Az ellátási lánc tevékenységeinek környezete folyamatosan változik és a változás a jövőben sem áll meg. Stank és szerzőtársai [129] tíz tendenciát határoztak meg az ellátási lánc-menedzsment területével összefüggésben, melyek közül a kutatásban releváns szempontokat igyekeztem szem előtt tartani az értekezés kidolgozása során. Ezek a következők:

- Rendszerszemléletű megközelítés: a teljes ellátási lánc teljesítményének optimalizálása és értékteremtés a vevő számára
- Információs szintézis: az információ holisztikusan megosztott közös értelmezése a teljesítmény javítása érdekében
- Kollaboratív kapcsolatok: közös felelősség és előnyök, rendszerszintű értékteremtés
- Keresletformálás: a kereslet proaktív befolyásolása, teljes rendszerérték létrehozására
- Transzformációs agilitás: állandóan változó körülmények
- Rugalmas hálózati integráció: a partnerek hatékony kiválasztása (mindkét irányban)
- Globális optimalizálás [129]

Doktori disszertációm első részében szakirodalmi áttekintést végeztem. Az irodalomkutatás során a releváns hazai és külföldi szakkönyvek, publikációk, illetve korábbi doktori munkák áttekintése történt meg. Az alapszakirodalmak tanulmányozásán kívül kiemelt figyelmet fordítottam arra, hogy az utóbbi 15-20 év a témában íródott szakcikkeit is bemutassam, valamint az elmúlt évek kutatásai során elért eredményeimet a disszertációmban felhasználjam. A terjedelmi korlátok miatt törekedtem arra, hogy leszűkítsem a területet a címbe megfogalmazott fő témakörre, ugyanakkor szem előtt tartva az ellátási lánc ezen szegmensének komprehenzív leírását is.

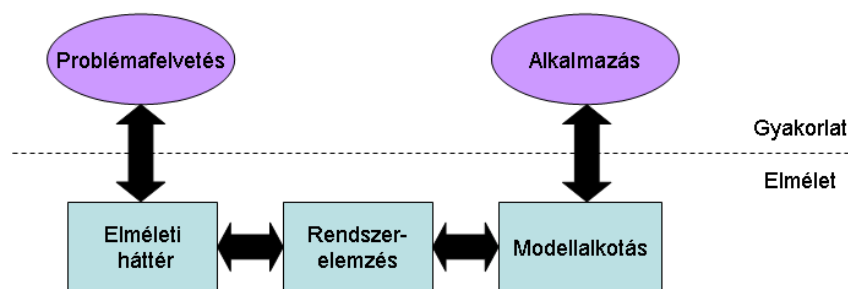
Számos kutatás témáját adta már a járműipari logisztika. A sokrétűségéből adódóan, fontosnak tartottam, hogy lehatároljam a központi témát (személygépkocsi ellátási láncok vizsgálata), egyfajta keretrendszert felállítva a vizsgálat pontos tárgyára.

Ezt követően a logisztika és ellátási lánc kapcsolatát vizsgáltam. Bemutattam a logisztika fogalmát, kapcsolódási pontjait és a különbözőségeit az ellátásilánc-menedzsmenthez viszonyítva. Ismertettem az autóiipari logisztika és autóiipari ellátási lánc témakörének szempontjából releváns és jelentőséggel bíró hazai és nemzetközi kutatásokat.

A disszertáció további részében rendszerszintű környezetben végeztem tipológiai vizsgálatokat, valamint elemeztem a logisztikai kapcsolatokat. A szakirodalom felhasználásával vizsgáltam az autóiipari ellátási láncok rendszerét. Munkám során ötvöztem az induktív és deduktív módszereket. A tézisek megállapításánál a gyakorlatban szerzett tapasztalataimat abduktív módon integráltam a modellek felírásához. A vizsgálatok során egyre inkább megerősítést nyert, hogy az autóiipari logisztikai modellek szorosan kapcsolódnak egyes közlekedéstudományi modellezési területekhez is. A kutatás

multidiszciplináris jellege különösen jól megfigyelhető az átfutási idők csökkentésére és járműkihasználtságra vonatkozó törekvések teljesítésénél. Ezzel párhuzamosan a probléma megoldása magával vonja a matematikai modellezés és számítási módszerek fejlesztését is, ezért matematikai eszközöket használtam fel az összefüggések leírására.

A különböző tudományterületeken megállapított párhuzamosságok figyelembe vételével és az elért eredmények alapján mindenképpen célszerű összekapcsolni a logisztikai folyamatok analízisét a közlekedési rendszerek folyamatanalízisével [110]. Mivel mindkettő pozitív dinamikus rendszer, hasznos kutatási terület ezeknek a kapcsolatoknak a mélyebb feltárása. A skálafüggetlen hálózatok tulajdonságaival kapcsolatos Barabási-féle elmélet a gráfelmélet és a valószínűségelmélet határterületét fedi le, mely szervesen beépül a kutatás szimulációs részébe. A disszertáció fő része ezeknek a témaköröknek a vizsgálatát és az autóiipari ellátási láncra vonatkozó kiterjesztési lehetőségeit tárgyalja.



1. ábra A kutatás abduktív keretrendszere (saját szerkesztés)

Kutatásaim során nagy szerepet játszottak a gyakorlati életben, empirikus úton megszerzett tapasztalatok és feldolgozásuk, melyeket igyekeztem a disszertáció főbb részeibe okozati következtetesként megfogalmazni.

Munkám utolsó részében összegeztem tudományos megállapításaimat és megfogalmaztam a jövőbeli kutatási irányokat.

1.3. A vizsgálati keretrendszer

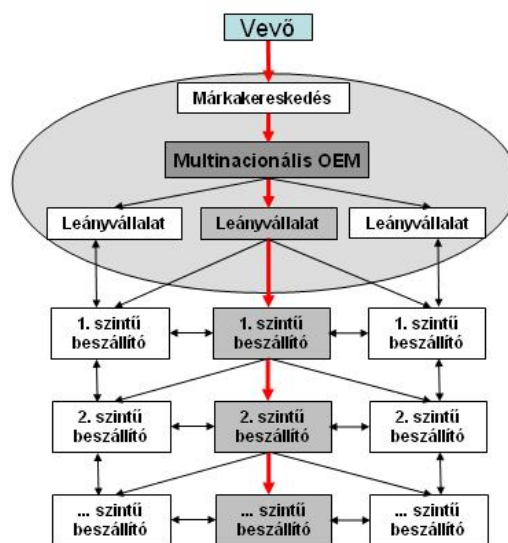
A járművek sokféleképpen csoportosíthatóak azok meghajtása, rendeltetési módja, mozgásközege stb. szerint. Az egyes járműtípusok egymástól elkülönülő, speciális szakterületet képeznek és általánosan összefogva nem tárgyalhatók, sem műszaki sem ellátási lánc elméleti szempontból. Ezért összetettségük miatt fontosnak ítélem lehatárolni a kutatás gerincét elsőként.

Disszertációmiban negligáltam, hogy a kutatást minden járműcsoportra kiterjesszem. Így a mozgás közege szerinti csak a szárazföldi járművek, közúti kategóriájába tartozó autók

(személygépjárművek) ellátási láncát elemzem. Az értekezés nem terjed ki teherautók, haszongépjárművek és egyéb szállító eszközök ellátási láncának vizsgálatára.

A disszertációban alkalmazott jármű, gépjármű, személygépkocsi stb. kifejezések előfordulása, ebben az esetben csak és kizárólag a személyautó szinonimájaként szolgálnak.

Az ellátási lánc vizsgálata során alapjában véve, a kiindulás origója az autógyár (OEM), amelyhez mérve határoztam meg a logisztikai tevékenységek irányultságait. Alulról felfelé (egyes ábrákon balról jobbra) haladva inputját tekintem bejövő (ellátási vagy beszerzési) tevékenységekhez kapcsolódó folyamatoknak, outputját kimenő (elosztási vagy disztribúciós) tevékenységekhez kapcsolódó folyamatoknak.



2. ábra Az autóiipari ellátási lánc jellemző felépítése (saját szerkesztés, [48] alapján)

A 2. ábrán látható elkülönülés azonban nem azt jelenti, hogy a feladatok irányultsága csak egyirányú. Egyes tevékenységek önállóan is megjelenhetnek, biztosítva ezáltal az átjárhatóságot, az ellátási lánc különböző szintjein (pl. minden szint végez beszerzési és disztribúciós tevékenységet).

A rendszert a 3. beszállítói szintnél mélyebben nem vizsgálom, mert az ennél lejjebb helyezkedő szereplők a kutatás szempontjából irrelevánsak (többnyire nyersanyag kitermelők). Az értéklánc másik végén a hivatalos márkaképviselőt tekintem határnak és a végtermék esetleges továbbértékesítésének útját nem vizsgálom. Ugyanakkor figyelmet fordítok a visszatérő logisztikára, mint az ellátási lánc pivotális elemére, mely napjainkban szinte minden ellátási lánc vizsgálat szerves része.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. Paradigmaváltás a logisztikában

A tudomány fejlődése Kuhn szerint nem más, mint paradigma-váltások sorozata. „*A kutatók mindig találnak olyan dolgokat, amik nem illeszkednek az adott rendezőelvhez. Amikor megszorodnak ezek az elemek, jön egy zseni, aki felrobbantja az addig érvényes magyarázatokat. Később, megint lesznek olyan elemek, amik nem illenek bele az újabb magyarázatba, ezért újabb paradigmaváltás jön. Ilyenkor egyúttal általában el is felejtik a korábbi rendszert. Ez tulajdonképpen érthető, mert e-szerint az új rendszer szerint akarják megmagyarázni, és nincs szükségünk a korábbira*” [79]. Kuhn 1962-es felismerése vezetett oda, hogy szinte kivétel nélkül minden tudományterületen paradigmaváltásokról beszélünk, újabb és újabb feltételezések, modellek és megoldások születnek. Annyiban azért lehet vitatkozni a kuhn-i kijelentéssel, hogy egy adott paradigma továbbra is működőképes és megfelelő bizonyos fokú tudományos kérdések magyarázatára. Mivel a világ azonban dinamikusan változik ezért újabb és újabb tudományos felvetésekre, (jelen esetben műszaki) megoldásokra van szükség.

Nincs ez másképp a logisztika kutatásával sem, mert ahogy a világ változik, úgy kell alkalmazkodnia a hálózat működésében résztvevő összetevőknek is, hogy a rendszer működőképes maradjon és az optimumra törekedjen.

Egy KKV-k körében végzett 10 éves tanulmány eredményéből kiderült, hogy a cégek 90 %-a raktározást és szállítást ért a logisztika alatt, és kevés helyen működik tudatosan a cégen belüli logisztikai folyamat [132]. Valójában számos definíciója van, hiszen mind-mind olyan terület sorolható alá, amely korábban más (tudomány) területekhez tartozott. Az a feltételezés azonban helyén álló, hogy a logisztika komplexitása napjainkban már olyan mértékűre nőtte ki magát, hogy egyes alfolyamatai már önállóan képesek meghatározni egy szervezeten belül olyan tevékenységeket, melyek korábban diverzifikáltan jelentek meg.

A mai piaci viszonyok legfontosabb jellemzője a gyors változás, ami miatt a vállalatok állandó alkalmazkodásra kényszerülnek. A vásárlói igényeket, véleményeket megismerni és ezeket az igényeket gyorsan, hatékonyan kielégíteni, a piaci siker (sőt, a piacon maradás) alapvető feltételévé vált. Hazánkban (a többi rendszerváltó országhoz hasonlóan) a fenti jelenségek hatását felerősítette, hogy a piaci kihívások együtt jelentkeztek a társadalmi-gazdasági útkeresés nehézségeivel. A kilencvenes évek elején a magyar köznyelvben a marketing és a logisztika még ritkán használt és jelentésében az átlagember

számára meglehetősen „titokzatos” volt. Mára mindkét szakterület megnevezése a sajtóban, médiumokban gyakran, talán túlságosan is gyakran használt kifejezés lett [73].

Ezért releváns a területtel mélyebben foglalkozni és összekapcsolni a doktori disszertációm témájával. Szeretnék egy általános képet adni azokról az általam vélt legfontosabb területekről, amelyek a logisztika (és a gazdaság) megváltozását okozták. Az átalakulás paradigmaváltást generált, mert az új szabályok, elvek és előfeltevések, már ellentétesek azokkal, amelyek korábban igaznak bizonyultak. A régi paradigma már nem alkalmas a valóság pontos leírására, lehetetlen egyetlen diszciplínába önteni, ezért szükséges annak mostani összetételét megvizsgálni.

2.2. A logisztika definíciója

Elsőként fontos értelmezni, hogy pontosan mit értünk logisztika szó alatt? A logisztikának, mint tudománynak nincs egyértelműen elfogadott definíciója, mely egyetemes szinten is lényeges kérdéskört vet fel. A Magyar Tudományos Akadémia 2016-ban elfogadott tudományági nomenklatúrája szerint, Magyarországon a logisztika önálló tudományágként nem létezik (leszámítva a hadtudományokat, ahol a katonai logisztika és védelemgazdaságtan megjelenik önállóan). Vállalati logisztika esetén, ha műszaki logisztikáról beszélünk, akkor általában a közlekedés- és járműtudományok alá szokás besorolni, ha pedig közgazdasági, menedzsment megközelítésű, akkor a gazdaságtudományok területén nyer megfogalmazást. Utóbbi megközelítés talán a tudomány által jobban elfogadott, mert az MTA IX. Gazdaság- és Jogtudományok Osztályába sorolja és kap helyet állandó osztályközi bizottságként.

Megvizsgálva a különböző definíciókat általánosságban megállapítható, hogy eltérő területeken másként határozták meg mit értenek alatta. Évtizedekre visszamenőleg sokan és sokféleképpen definiálták a logisztika fogalmát és annak lényegét. Értelmezésének irányzatait mindenki a saját (kutatási) szakterülete szerint közelítette meg. A kutatásaim során a következő definíciókra találtam [23]:

A német nyelvterületeken a logisztikát elsősorban üzemi, üzemgazdasági szinten, a vállalaton belül vizsgálják. Pfohl 1972-es definíciója szerint: *„A logisztika tartalmaz minden olyan tevékenységet, amellyel egy hálózatban mozgásokat és tárolásokat alakítanak ki, irányítanak és szabályoznak. Az együttes működés a hálózatban tárgyak és információk áramlását indítja meg úgy, hogy teret és az időt minél eredményesebben hidalják át.”* [114].

Jünemann 1989-es definíciója szerint: „*A logisztika anyagok, személyek, energiák, és információk rendszereken belüli áramlásának tervezésével, szervezésével, irányításával, és ellenőrzésével foglalkozó tudomány.*” [64].

Ezen megfogalmazások alapján megállapítható, hogy a logisztika olyan ellátó tevékenység, amely megoldja a vállalatokon belüli és a cégek közötti anyagáramlást, továbbá arra szolgál, hogy a teljes újratermelési folyamat anyagáramlási rendszerét átfogja, szervezze és irányítsa.

Az angol nyelvterületeken inkább a mikrogazdasági rendszerek (vállalatok) közötti anyagáramlásra, valamint a piaci és az üzleti folyamatokra és ezek szervezésére helyezik a hangsúlyt. Az Amerikai Logisztikai Társaság által elfogadott definíció a következő: „*A logisztika nyersanyagok, félkész termékek, és késztermékek hatékony áramlásának tervezését, megvalósítását és ellenőrzését szolgáló tevékenységek integrációja. Ezek a tevékenységek magukba foglalják a vevőszolgálatot, a kereslet előrejelzést, az elosztást, a készletgazdálkodást, az anyagmozgatást, a szállítást, a termelésprogramozást, és egyéb tevékenységeket is.*” [116].

Ronald N. Ballon definíciója szerint: „*A logisztika feladata az alapanyag beszerzéstől a végső fogyasztásig terjedően az anyagáramlásban előforduló összes szállítási, rakodási, tárolási tevékenységek szervezése, irányítása és ellenőrzése azzal a céllal, hogy az áramlásban lévő anyag időben és a legkisebb ráfordítással a megfelelő helyre jusson.*” [17].

Az Amerikai Egyesült Államok Logisztikai Tanácsa 1998-ban eképp fogalmazott: „*A logisztika – az ellátásilánc-menedzsment (Supply Chain Management, röviden SCM) részeként – alapanyagok, félkész- és késztermékek, valamint a kapcsolódó információk származási helyről felhasználási helyre való hatásos és költséghatékony áramlásának tervezési, megvalósítási és irányítási folyamata, a vevői elvárásoknak történő megfelelés szándékával.*” [135]. Ebben megfogalmazásban már megjelenik az ellátásilánc-menedzsment fogalma, melyet a későbbiekben bővebben is kifejttek.

A hazai szakirodalom a logisztika műszaki, gazdasági, elméleti, és gyakorlati kérdéseivel egyaránt foglalkozik. Megközelítésére leginkább a német és az angol felfogás ötvözése a jellemző.

„*A logisztika feladata az anyagok és információk rendszereken belüli és rendszerek közötti áramlásának tervezése, szervezése, irányítása és ellenőrzése, valamint a vizsgált rendszerben adódó feladatok megoldásához és tartós végrehajtásához szükséges tárgyi feltételek megteremtése.*” [135].

A kortárs logisztika egyik neves hazai alakja, Chikán Attila a logisztikát az értékteremtő folyamatok egyik tényezőjeként említi a termelés és a szolgáltatás mellett [15].

Körmendi szerint: „*A logisztikát az ellátás tudományaként szoktuk definiálni. Ennél sokkal többet mond az, amikor egy ésszerű gondolkodásmódként, filozófiaként említjük. Ezen filozófia központjában - mint hadszíntér - a piac, illetve a piaci verseny áll és ennek prominens főszereplője a vevő, korszerűbben a fogyasztó, a felhasználó.*” [78].

Földesi megfogalmazása: „*A logisztika anyagok, információk áramlásának szervezése, irányítása valamely tudatosan választott célrendszer megvalósítása érdekében.*” [43].

A logisztikát szokás az értékteremtő folyamatok hármas halmazának (termelés, szolgáltatás, logisztika) egyik elemként is definiálni. Ezzel összefüggésben Chickán és Demeter 2003-as megfogalmazása szerint a logisztika használati értéket, hely értéket és idő értéket állít elő [15].

A logisztikát másféleképpen az úgy nevezett „Megfelelőségekkel” is szokták jellemezni. A 6M egy általános elfogadott alapfeltétel, amely révén a logisztikai szervezeteknek meg kell felelniük partnereik elvárásainak:

- Megfelelő áru (szolgáltatás)
- Megfelelő mennyiségben
- Megfelelő minőségben
- Megfelelő helyen
- Megfelelő időben
- Megfelelő ár mellett [38]

A logisztikára vonatkozó definíció sokféleségének, ill. időben bővülő tartalmának elsődleges külső és belső okaira Lukovich mutatott rá [88]:

- folyamatosan változó piaci környezet, ill. szolgáltatási igények, a szolgáltatást igénybe vevők egyre sokrétűbb rendszerkezelt, ill. szolgáltatási igénye
- a piaci környezet-, ill. az egyes piaci igények változásainak, ill. bővülésének gyors, dinamikus jellege
- a hagyományos módon értelmezett logisztikai kiszolgálási folyamatba beépülő elsődleges hozzáadott finishing, értékteremtő tevékenységek egyre növekvő aránya: pl. címkézés, végszerelés, csomagolás, ill. átcsomagolás, marketingcsomagolás, konfekcionálás, végszerelés, stb.
- korábban lokális szeparált részrendszerek sorozataként kezelt ellátási lánc folyamatainak teljes körű, globális módon történő kezelési igénye, lehetősége

- a teljes ellátási láncra kiterjedő outsourcing folyamatosan növekvő igénye
- a vertikális, ill. horizontális integráció mértékének folyamatosan bővülő lehetősége, ill. követelménye
- az egyes rész-szolgáltatások, ill. a teljes ellátási lánc működtetése során fellépő intenzív kooperációs igény, ill. ennek lehetősége
- a logisztika „köztes” helyzetéből fakadó alábbi új lehetőségek:
 - a teljes ellátási lánc egyes szereplői közötti integráló, koordináló szerep, ill. ennek IT rendszer-lehetősége
 - a logisztika területén jelentkező szinergikus hatások érvényesítése a teljes ellátási lánc folyamata során
- az integrált logisztikai IT rendszerek fejlesztési eredményei, ill. hálózatos rendszerműködés eredményeként megnyíló új lehetőségek
- az ellátási lánc hálózatos rendszerműködésből következő informatikai határfelületek változó, egyre kiterjedő mértéke és egyéb IT rendszerekhez történő kapcsolódása
- a folyamatos innováció eredményeként elért új IT rendszerkezelési eljárások gyakorlat szintjén történő felhasználása és alkalmazása, pl.: folyamatos szimuláció, folyamatvezérlés, kereslet előjelzési eljárások, stb.
- a korábbi lokális rendszerkezelési megoldásokat egyre inkább felváltja a globális szemlélet ill. megközelítés, ennek megfelelően
 - szimuláció alapján történő tervezés és folyamat-irányítás
 - globális optimumra történő tervezés igénye, ill. lehetősége
 - dinamikus rendszerkezelés, ill. járattervezési igények, ill. lehetőség
- az általános versenyhelyzet a logisztikai szolgáltatásokkal szembeni általános és egyedi minőségi rendszer-igényeket is folyamatosan növeli

Mindezen változások egyben folyamatos paradigmaváltást is eredményeznek, mivel a régi megoldásokkal, ill. módszerekkel hosszú távon már nem lehet versenyképes szolgáltatást nyújtani [88]:

- az új megoldások a folyamatos innováció eredményeként permanens változás állapotában vannak
- mindezekon túl a logisztika területén nem létezik egyetlen, minden feladatra adekvát közös és egységes rendszermegoldás

Tekintve a felsorolt tényezőket, a folyamatosan átalakuló globális gazdaságban a gyártóknak és szolgáltatóknak újabb és újabb kihívásoknak kell megfelelni, melyek újabb „M”-ek beépüléséhez vezethetnek [23].

Az előző fejezetekben megismerhettünk néhány megfogalmazást a logisztika definíciójára vonatkozóan. Több korábbi szerzővel [17],[130] egyetértve, véleményem szerint is a logisztika szélesebb körben történő értelmezését Kirsch definíciója adja meg, aki szerint a logisztikát a gazdaságban és a gazdaságon kívül, a termelő és nem termelő területekre is lehet vonatkoztatni. Rendszeren belüli és rendszerek közötti folyamatokra nézve is vizsgálja a logisztikát, nem csupán az anyagok és termékek, valamint az információ áramlását jelöli meg, mint a logisztika által lefedhető folyamatokat, hanem logisztikai folyamatként fogja fel a személyek és az energia áramlását is. *„A logisztika az energiának, az információnak, a személyeknek és különösen az anyagoknak (alapanyagok és késztermékek) az egyes rendszeren belüli és rendszerek közötti áramlásának alakítása, irányítása, szabályozása és megvalósítása.”* [68].

Összefoglalásként megállapítható, hogy a logisztika a vállalatok legszerteágazóbb, legkülönbébb funkciókat megvalósító tevékenysége. Ezért egyfelől multidiszciplináris, mert több tudomány eredményeit implikálja, másrésztől interdiszciplináris, mert ezeket az eredményeket összehangoltan alkalmazza. Lényegében egy szemléletmódot jelent, amely sikerét annak köszönheti, hogy a korábbi elméletek különálló funkciókra tagolt vállalatát újra egységben próbálja szemlélni, és az egész rendszer hatékonyságát próbálja javítani.

Fontos megállapítani, hogy nagyon sok párhuzamosság van és emiatt jól össze lehet kapcsolni a logisztikai folyamatok analízisét a bonyolult, nemlineáris közlekedési hálózati rendszerek sztochasztikus folyamatanalízisével (u.i. mindkettő pozitív rendszer) és hasznos kutatási terület a témakörben ezeknek a kapcsolatoknak a feltárása [104],[106],[108]. Ezek érintik a sztochasztikus logisztikai folyamatok területét, a folytonos dinamikus rendszerek modellezését és a dinamikus számításokat a logisztikai modellek esetében. A témakörben előtérbe kerül a véletlen gráfok tulajdonságaival kapcsolatos Erdős-Rényi elmélet [35] és a skálafüggetlen hálózatok elmélete is [2], amely a gráfelmélet és a valószínűségelmélet határterületét fedi le. Ezeket a disszertáció későbbi fejezetében tárgyalom.

2.3. Autóipari logisztika és ellátási láncok

A fogyasztói igények az idők során változtak, amely az ellátási rendszerek számára is új kihívást jelentett. Míg a múltban a hosszú termékélet ciklusok, nagy sorozatnagyságok, alacsony számú termékvariációk voltak a jellemzők, addig ez napjainkra megváltozott. A

fogyasztói igények differenciálódása miatt korunk információs társadalmában a termékvariációk nagy száma figyelhető meg, kis sorozatnagyságokkal és rövidebb termékélet ciklusokkal kiegészülve. Ha ezeket a trendeket figyelembe vesszük, akkor a jövő előre jelezhető: még rövidebb termékéletciklusok fognak megjelenni, nagyobb számú termékvariációk lesznek a jellemzőek és a sorozatnagyságok mértéke az egyhez fog konvergálni [20].

Nincs ez másképp az autóiparban sem, ahol a vásárlói szokások szintén kiszámíthatatlanabbak lettek. A vevők többsége egyre intenzívebben akar különböző extrákat autójába és kevésbé hajlandó elfogadni a szokványos szériafelszereltséget. A kereslet tehát már nem a kínálathoz igazodik, hanem az individuális, erősen differenciált vevői igény határozza meg a modellek sokszínűségét. Ezért a felhasználók napjainkban magas szintű technikai- és kényelmi elemeket (infotainment), valamint a legmodernebb vezetéstámogató rendszereket (ADAS) és biztonságtechnikát várják el. Elmondható, hogy az autó a használati termékből a személyes életstílust kifejező presztízstermékké vált, ezért fontosnak tartom bemutatni az autóiipari ellátási láncok modernizációjának hátterét.

2.3.1. Az autóipar történelmi háttere

Visszanyúlva a gyökerekhez Drucker (1946) az „*Iparok iparának*” aposztrofálja az autóipart [32]. Ez a kijelentés egy olyan periódusban született, amikor a világháborúkkal sújtott korszak végérvényesen növekedési pályára állította a mobilitást és annak szüntelen fejlődését. Henry Ford legendássá vált mondata, mely szerint: „*Vevőink minden színiigényét ki tudjuk elégíteni, ha fekete kocsit rendelnek.*” [40] nélkül a mai autóiipari ellátási lánc szinte érthetetlen.

Az autóipar fejlődését a homogén tömegtermelés bevezetése indította el körülbelül 100 évvel ezelőtt az USA-ban. Akkoriban a munkahelyi etikát a gyártósorok határozták meg. A tömegtermelésnek oximoronikus célja volt: kiirtani az iparban uralkodó kézműveseket, akinek helyén Henry Ford és mások több ezer szakképzetlen munkást foglalkoztattak az élet minden területéről. Filozófiájuk az volt, hogy kevés előzetes képzéssel minden munkafolyamatot a legegyszerűbb feladatokká alakították át, ezért ismétlődésük miatt bármelyik munkavállaló optimálisan tudta őket végezni. A megközelítés biztosította a termék konzisztenciáját és megóvta a szakképzett munkavállalók felkutatásának, valamint képzésének szükségességét. Emellett lehetővé tette, hogy alacsony bért kelljen kifizetni. A vezetők a tömeges elbocsátás fenyegetését használták, mint fő tárgyalási eszközt arra, hogy befolyásolják a munkavállalókat. Több mint fél évszázadon keresztül gyarapodtak az ilyen

gyárak [84]. Habár, ezek a rendszerek is megengedtek bizonyos fokú szabadságot a különböző termékvariánsok legyártására, de nem a jelen (és főként nem a jövő) komplexitására voltak tervezve, mivel az architektúra alapja a tömegtermelés elvein alapult.

Taylor több mint 80 évvel ezelőtt definiálta a termelésmenedzsment fogalmát. A „*taylorisztikus*” szervezet jellemzője, hogy szinte minden gyártási és ipari mérnökségi folyamatot alaposan megtervez. A „*taylorizmus*” az elemi folyamatokra lebontva definiálta a dolgozók feladatait. A tevékenységeket részletesen, az alpmódszerek, például a módszeridő-mérés (MTM) vagy a REFA (munkamegosztás/munkarendszer, ipari szervezet és vállalati fejlesztés) egyesítésével tervezték. A folyamatleírások nagyon részletes időfelvételen alapultak. Az autógyártásban és más ágazatokban működő globális vállalatok ezt a módszert a mai napig alkalmazzák a folyamatok kiszámításához, összehasonlításához és szabványosításához. Az újszerű termékek és szolgáltatások költség- és tudásalapú gyártásának szerkezeti átalakulása alapjaiban változtatta meg az emberek szerepét az ipari termelés területén. Köszönhető volt ez annak is, hogy a vevők domináns érdeklődésének tendenciája nagyobb rugalmasságot és magasabb hozzáadott értéket kezdett el igényelni [62].

A helyhez kötött ipari termelés logisztikájában az elmúlt évszázad döntő javulása és forradalma alapvetően együtt járt a szabványosítással és az egységesítéssel. Az 1950-es években a Toyota az úttörő szerepet felvállalva tovább szabványosította a folyamatokat, mely nemcsak az autógyártásban, de másutt is új távlatokat nyitott meg. A folyamatmodelllezés, a vizualizáció és a szabványosítás alkalmazása a vállalatok többségének szervezetében óriási strukturális változásokat eredményezett a funkcionális és a folyamatalapú paradigma irányába [63]. A szervezetek folyamatosan harcolni kezdtek a hatékonyságért, az értékfolyamatokra és a logisztikára összpontosítottak. Törekedtek az egyszerűsítésre és szabványosításra, a veszteségek (idő és minőség miatti) megszüntetésére valamint, a hibákra való gyors reagálásra. Továbbra is alacsony költséggel és magas színvonalon termeltek, de biztosították a szükséges diverzifikációt. Rendszereiket "lean production" -ként ismerik el. 1950-ben a Toyota (eredetileg szövőgépgyártó) meglátta a lehetőséget az autógyártás terén. Eiji Toyoda, az alapító leszármazottja hónapokat töltött az USA-ban, tanulmányozva a Ford gyártási műveletét. Visszatért Japánba és elindult egy olyan termelési rendszer felépítésének irányába, amely felismerte a változó keresleti igényeket, és jövedelmezően kisszámú különböző típusú gépkocsit gyártott, minimális raktárkészlettel és magasan képzett munkaerő mellett. A Toyota filozófiája az volt, hogy a

keresletnek megfelelő kis tételekben gyártson és a gyors szerszám cserékkel, a termelésben biztosítsa a rugalmasságot, egyúttal csökkentse a veszteségeket. A készleteket minimális szinten tartották és a hibák azonnal nyilvánvalóvá váltak, így javítva a minőséget is. A munkásokat a feladatokért, a minőségért és a tervezésért felelőssé tették, a szalagszerű gyártásra berendezkedett mentalitás eltűnt [149]. (A lean rendszerekről a 2.3.3-as fejezetben írok bővebben.)

A fogyasztói magatartás és az igények változása, azonban tovább alakította az iparág működését. A múltbéli növekedés mozgatórugója az volt, hogy sok autót adtak el kevésbé speciális jellemzőkkel. Az árbevétel nagy része abból eredt, hogy a gyártók megtalálták azt a jó termékportfólió kompromisszumot, amely a lehető legtöbb fogyasztó igényével találkozott. Ezzel együttesen a logisztika modernizációja a közlekedési, kezelési és raktározási területektől a folyamat-orientált irányítási, tervezési és irányítási diszciplínáig fejlődött. Womack, Jones és a Roos 1990-es autóiipari szektorban végzett jelentős munkája rámutatott arra, hogy a verseny agresszívabbá vált, és az ügyfelek elvárásai növekedtek lettek, ezért folyamatosan szükség van új versenyképességi forrásokra. A globális erők világszerte növekvő nyomást gyakoroltak a piacokra és az ellátási láncokra. A megnövelt hozzáadott értékű kiszolgálás, a termék élvezeti értékével és az egész világot lefedő ellátási láncok iránti kereslettel új követelményeket és kihívásokat jelentettek [149]. A 2000-es évek elejére egyre inkább nyilvánvalóvá vált, hogy a hosszú évtizedeken keresztül működő push (toló) rendszerek az autóiiparban már nem állják meg helyüket. A növekvő készletezési költségekből fakadó nyomás és a csak nagymértékű kedvezmények árán értékesíthető készleten lévő autók, arra készítették a gyártókat, hogy újragondolják kereslet kielégítési stratégiáikat [59]. Ezért sokkal flexibilisebb és átalakíthatóbb összeszerelési rendszerek szükségesek, amely nemcsak a termeléslogisztika felépítésének adaptációt kívánja meg, hanem a teljes termelési és logisztikai rendszer integrációját [65].

Napjainkban az autóiipar konszolidációja zajlik, amely alapjaiban változtatja meg az iparágat [143]. Számos összeolvadás és egyesülés (M&A) megy végbe, melynek célja, hogy a hatékonyabb méretgazdaságosság mellett vegye fel a versenyt a jövő kihívásaival. Az akvizíciók révén új területek szinergiáinak hatása is létrejön, úgymint piacszerzés, alternatív hajtású járművek fejlesztése stb. (pl. PSA és Opel közelmúltban történt egyesülése). Ez a konszolidáció megfigyelhető a komponensek terén is, mert az autógyárak gyakran helyezik ki első szintű beszállítókhöz az egyes főbb alkatrészek, modulok gyártását is. A moduláris beszállítás csökkenti a komplexitást az autógyáraknál azáltal, hogy kevesebb cikkszámot kell kezelni, mert egy modul több járműváltozatba is beépül.

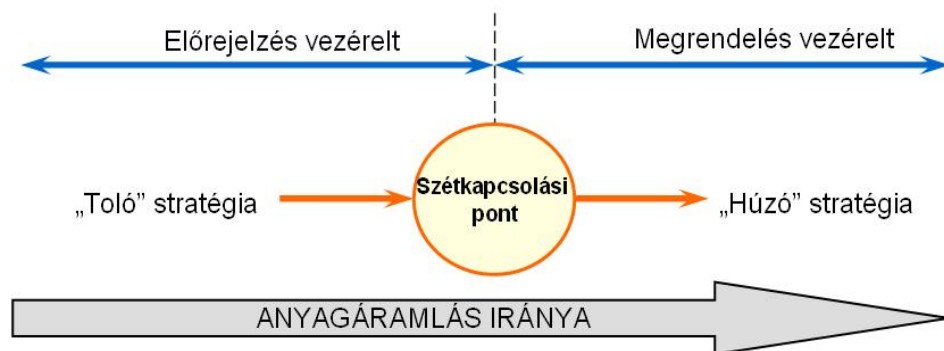
Ugyanakkor növeli a beszállítók felelősségét és gazdasági kockázatát (a készlettartás miatt) [59].

2.3.2. Ellátási lánc stratégiák az autóiipari ellátási hálózatban

A globális átalakulás és verseny kiéleződése azt eredményezte, hogy az autóiipar az egyik legfejlődőképesebb és legaprólékosabban kidolgozott gyártási ágazat lett. Ez az iparág mindig is élen járt a technológiai innovációk területén, de egyben számos lehetőséget és veszélyeket is magában rejt a fejlett és fejlődő országokban egyaránt. Különösen fontos ez napjainkban, amikor a gazdasági átrendeződések korát éljük (helyenként dinamikus fejlődés, máshol recesszió). Ezért az iparág résztvevőinek hatékonyabban kell a dinamikus változó környezethez igazodniuk. A növekedés sikerességéhez elengedhetetlen feltétel a technikai fejlődés is. A korszerű berendezések és robotok megjelenésével az autóiipari komponenseket nagyon olcsón, nagyon nagy tömegben folyamatos termelés szerint szalagszerűen lehet gyártani. A termék értéke a vevő szemében nem függ attól, hogy a terméket milyen hatékonysággal állították elő, ezért az autógyárak a kapacitás növelése mellett csak a költségek csökkentése révén tudják jövedelmezőségi mutatóikat javítani. A költséghatékony gyártás szükséges, de önmagában nem elegendő feltétele a piacon való fennmaradásnak. Ezért szükséges olyan technikák alkalmazása, amelyek ezeket a problémákat átfogóan tudják kezelni. Ha a koncepciót megfelelően sikerül kiterjeszteni az OEM-ek határain túl, akkor jelentős megtakarítás érhető el a lánc egészét tekintve.

Ennek egyik előfeltétele a megfelelő tervezés, melyet Meyr 2004-es tanulmánya is bemutat. Kutatása már nem csak az alkatrészellátásra fókuszál, hanem széles körben érinti a kapcsolódó területeket. Kiemeli, hogy a készletre történő termelési - Build to Stock (BTS) - rendszert felváltja a - Build to Order (BTO(1)) - rendelésre történő gyártás [94]. Ez tulajdonképpen a push rendszerről a pull (húzó) rendszerre való átállás. Az autóiiparban mindkét megoldás egyszerre van jelen, ugyanakkor nagy dilemmát jelent, hogy mikor melyiket alkalmazzák. Nyilvánvaló, hogy nagy értékű, egyénre szabott autók esetén a húzó elv fog érvényesülni (pl. Ferrari, Rolls Royce stb.). Vannak azonban olyan piacok (pl. Amerika), ahol a vevők nem tolerálják a hosszú átfutási időket, ezért a gyártók rá vannak kényszerítve arra, hogy toló rendszerben állítsanak elő. Ez azt is magával vonja, hogy a termékek kevésbé differenciáltak, és több a standard kivitel. Ha a két végletet kivesszük a rendszerből és egy általánosan fenntartható, folyamatosan működő modellt próbálunk felállítani, akkor a push és pull rendszerek ötvözési lehetőségét kell megvizsgálni.

Az úgynevezett funkcionális termékek (többnyire standard tömegtermékek, pl. élelmiszer) kereslete viszonylag stabil, a múlt adataira alapozva jól előre jelezhető [47]. Ezzel szemben ez az elv az autóiparra nem igaz. Hogy a rendszer e téren mutatkozó hiányossága minimális legyen és a termék a lehető legkisebb átfutási idővel (throughput time) jusson el a vevőhöz, először az ellátási láncot kell rugalmassá tenni. Az ilyen típusú csatornák fő jellemzője az, hogy a konkrét kereslet vezérli az értékteremtő folyamatokat, azaz a gyártás megkezdése előtt ismert az új jármű tulajdonosa. Cél az összeszerelés késleltetése (postponement), azaz, hogy az egyénre való testreszabás a gyártási- és ellátási láncban minél később, a fogyasztóhoz minél közelebb menjen végbe. A moduláris tervezés eredményeképpen a kereslet lebontásával meghatározhatók olyan szakaszok, ahol a standard modulok iránti stabil kereslet lehetővé teszi a méretgazdaságosság kihasználását, a toló-elvű megközelítés alkalmazását. A két szakaszt elválasztó pontot szétkapcsolási pontnak (decoupling point) nevezzük [47].



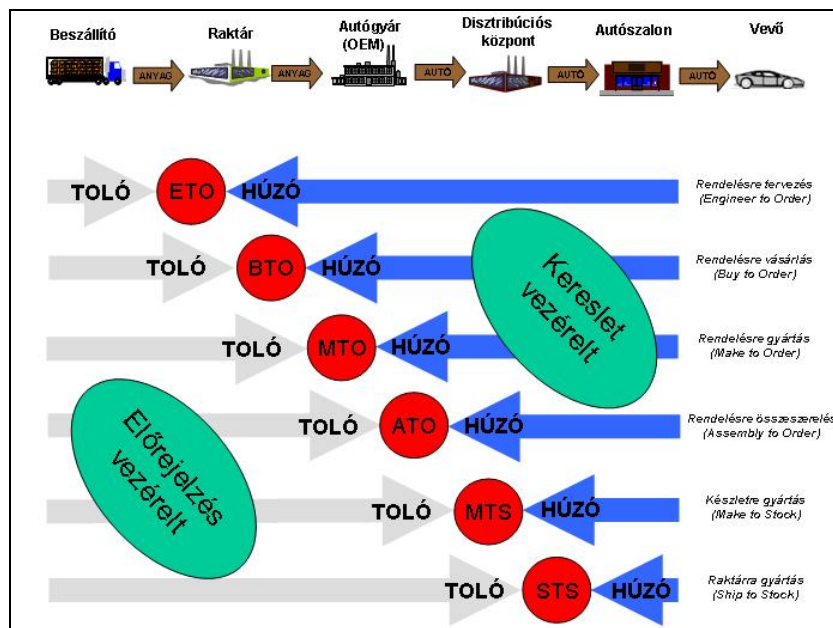
3. ábra A szétkapcsolási pont szerepe az ellátási láncban (saját szerkesztés [100] alapján)

Másképpen: a szétkapcsolási pont úgy is definiálható, hogy az úgynevezett upstream tevékenységek (fejlesztés, tervezés) már nem a keresleti előrejelzések, hanem a vevői megrendelés által vezéreltek. Vagyis, a szétkapcsolás befolyásolja az operatív menedzsment tevékenységét, a termelés folyamatosságát, a gyártásközi készletek elhelyezését, továbbá biztosítja a kritikus egyedi összetevők rövid átfutási idejét a személyes igényeket is kielégítő tömegtermelés sikerességéhez.

Elméleti esetben a vevői rendeléssel kapcsolatos ellátási lánc tevékenységeket későbbre kellene helyezni és a rendelés beérkezése után végrehajtani, azonban ez további késéseket okozna. A valóságban azonban, hogy a keresletre időben reagálni lehessen, néhány tevékenységet már végre kellene hajtani, mielőtt a vevői rendelés megérkezik. Ebből következően a vevői megrendelés határozza meg az egyes tevékenységek szétválasztását,

ezért az angol terminológiában vevőmegrendelés által meghatározott szétkapcsolási pontnak (Customer Order Decoupling Point - CODP) szokás nevezni [20].

Néhány fogalmat azonban a szakirodalom gyakran összekever, vagy más kifejezést használ ugyanarra. Olhager szerint [103] a szétkapcsolási pont elhelyezkedése az értékláncon belül pontosabban meghatározza a különböző gyártási lehetőségeket. Ez alapján beszélhetünk rendelésre tervezésről (ETO), rendelésre vásárlásról (BTO(2)), rendelésre gyártásról (MTO), rendelésre való összeszerelésről (ATO), készletre gyártásról (MTS) és raktárra szállításról (STS). Gyakran találkozni a Build to Order (BTO) és a Build to Stock (BTS) kifejezésekkel is. Előbbi az MTO-val, utóbbi az MTS-el ekvivalens.



4. ábra Az autóiipari ellátási lánc szétkapcsolási pont modellje (saját szerkesztés [100] alapján)

Az autóiiparban, ezeknek a stratégiáknak az alkalmazását elsősorban a megcélzott vevőkör határozza meg, de az általános modell itt is felállítható. A 4. sz. ábrán látható, hogy a húzó elv milyen mélyre hatol az autóiipari ellátási lánc szerkezetében. A szétkapcsolási pontok pontos helyének meghatározására a Wikner és Rudberg által felállított P/D hányados szolgál [148], ahol:

- „ P ” a termelés teljes átfutási ideje (beleértve tervezést, alkatrészbeszerzést, gyártást, kiszállítást)
- „ D ” a kézbesítés átfutási ideje.

A P/D ráta azért is fontos, mert kifejezi azokat a termelési és tervezési tennivalókat, amelyeket spekulációkra kellene alapozni. Eszerint a gyártási stratégia megfelelő ütemezésére a következő arányszámokat javasolja [148]:

$$\frac{P}{D} \ll 1 \rightarrow ETO, \quad (2.1)$$

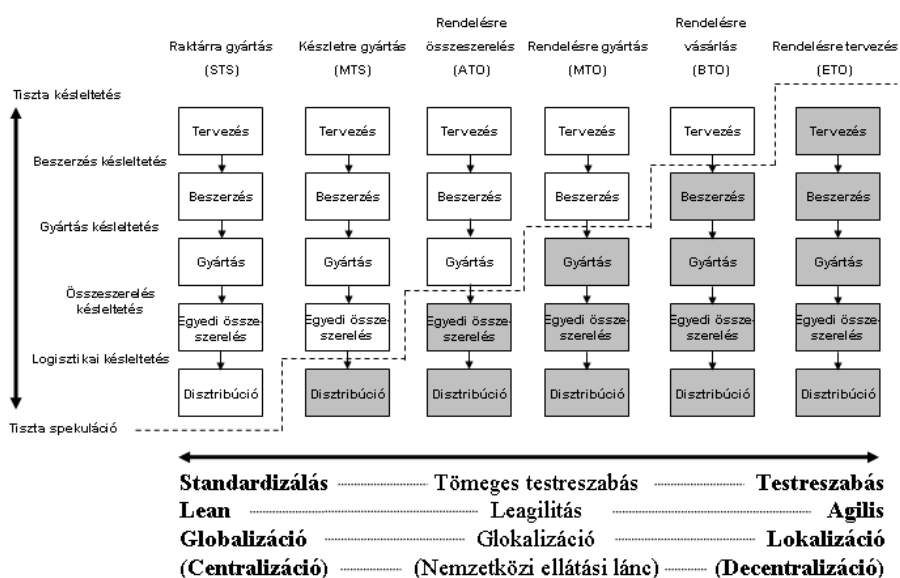
$$\frac{P}{D} < 1 \rightarrow BTO, \quad (2.2)$$

$$\frac{P}{D} = 1 \rightarrow MTO, \quad (2.3)$$

$$\frac{P}{D} > 1 \rightarrow ATO, \quad (2.4)$$

$$\frac{P}{D} \gg 1 \rightarrow MTS, \quad (2.5)$$

Összefoglalva, tehát a szétkapcsolási pont az a pont, amely megmutatja, hogy a vevői megrendelés készletetése milyen mélyen avatkozik be a gyártás ütemezésébe. Ha a termelés teljes átfutási ideje sokkal nagyobb, mint maga a kézbesítés átfutási ideje, akkor korábban el kell indítani az egyes termelési fázisokat és előre, azaz készletre kell gyártani. Máskülönben az ellátási lánc átfutási ideje tovább nő, amely hátrányt okoz. Ha a két átfutási idő azonos, akkor a megrendelésre történő gyártás a megfelelő stratégia (a gyakorlatban ez a leggyakoribb). Ahhoz, hogy egy gyártó képes legyen az autókat a vevő igényei szerint megtervezni, a kézbesítési időnek nagyobbak kell lenni, mint a termelés átfutási idejének. Ez tipikusan a luxuskategóriák gyártására jellemző, azaz ha a P/D arány jóval kisebb, mint egy, akkor a stratégia ETO jellegűnek mondható.



5. ábra Az autóiipari ellátási lánc átfogó stratégiai modellje (saját szerkesztés [150] alapján)

A különböző termelési stratégiákat és a készletetést figyelembe véve Yang et al. [150] alapján felállítható az autóiipari ellátási láncot átfogó stratégiai modell (5. sz. ábra.). Ebben a modellben a szétkapcsolási pontok helyét a színváltás és a szaggatott vonal jelenti.

Suthikarnnarunai (2008) hívja fel a figyelmet az autóiipari ellátási láncok előrejelzésének pontatlanságára, amely megköveteli azt, hogy a gyártók különböző gyártási stratégiákat alkalmazzanak. Ezért két újabb fogalmat vezet be a koncepciók közötti átmenetek finomhangolására [131]:

1. Előrejelzésre gyártás (BTO) átmenet az ATO és MTS
2. Szállításra gyártás (BTD) átmenet az MTS és STS között

További fontos szempontként emeli ki az ellátási láncok hatékonyságát negatívan befolyásoló tényezőként a közvetlen kapcsolat hiányát a gyártó és a végfelhasználó között, amely járulékos késést okoz a rendelés feldolgozásában és a késztermék kiszállításában. Negatívumként értékeli, hogy hiába megy végbe a termék összeszerelés lean irányelvek mentén, ha az toló rendszer szerint készletre termelést eredményez [131].

Az ellátási láncot összekötő elemként, a logisztika alapvető szerepet tölt be a Build to Order koncepció felépítésében [9]. Bevezetéséhez (a magas készletek elkerülése érdekében) olyan integrált információs rendszer szükséges, amely azonnal továbbítja az anyagszükségletet, amint azt az autógyár definiálta. Hogy a magas készletezési költségek hatása csökkenjen, néhány viszonylatban szükséges a szállítási frekvenciát növelni, mely jelenséget úgynevezett költségátváltásoknak vagy költségpároknak (trade-off) nevezünk. Az alacsonyabb járműkihasználtság enyhítése érdekében a csomagolási egységek standardizációja az egyik legjobban bevált módszer. A körjáratok kiterjesztése szintén javíthatja a kihasználtságot, ugyanakkor megnövelheti az átfutási időt és komplexitást az átrakási feladatokhoz [59].

2.3.3. A lean menedzsment és az agilis gyártás alkalmazása az átfutási idők csökkentésére

Az előző alfejezetekben bemutattam, hogy milyen kihívásokkal kellett (kell) szembenéznie az autóiipari ellátási láncoknak az idők során. Ebben a részben összefoglalom, hogy mely eszközök segítették e problémák megoldását.

Mivel a vevők igényei gyorsan változnak, és a technológia döntően tovább nem gyorsítható, ezért hatékony megoldást kellett találni az átfutási idők csökkentésére. Erre nyújtott lehetőséget a lean menedzsment bevezetése és az agilis értékteremtés koncepciójának felismerése, melyek térhódításukat az autóiiparnak köszönhetik.

A 2008-as gazdasági válság segítette rávilágítani az autóiipari cégeknek azokra a hiányosságokra és pazarlásokra (pl. General Motors csődvédelem kérése), amelyek csökkentették piaci pozícióikat versenytársaikkal szemben. Ennek elkerülésének egyik eszköze volt a lean (más szóval karcsú) szemlélet alkalmazása, amely a japán Toyota gyár termelési filozófiájának alapja és elsősorban operatív folyamatok „karcsúsítására” szolgált. A vevők hatékonyabb kiszolgálása érdekében viszont a lean megközelítés ma már nemcsak operatív, hanem menedzsment szinteken is egyre nagyobb szerepeket tölt be a vállalatok életében [20].

A lean alapvetően két szinten ragadható meg: a karcsú menedzsment stratégiai szintjét alkotó alapelvek és a karcsú menedzsment konkrét megvalósulását biztosító operatív eszközök szintjén. Az öt stratégiai alapelv a következő [149]:

1. *Érték elve*: meg kell határozni azokat a folyamatokat, amelyek a vevők számára értéket képviselnek. Definiálni kell melyek a hozzáadott értéket tartalmazó és nem tartalmazó tevékenységek a vevő szempontjából (5S, TQM, Standard Work).
2. *Értékáram elve*: meg kell határozni azt a folyamatot, mely az érték előállításához szükséges. Azonosítani kell az összes, a termék vagy szolgáltatás előállítása szempontjából szükséges tevékenység láncolatát, azaz az értékáramot, és azonosítani kell a veszteségeket (VSM, One Piece in Flow, Heijunka, Muda).
3. *Áramlás elve*: folytonossá, megszakítások, eltérések és megállások nélkülivé kell tenni a második alapelvben meghatározott értékáramot (Poka-Yoke, PDCA, Jidoka).
4. *Húzó elv*: alkalmazása biztosítja, hogy csak a valós vevői igények miatt kerüljenek az értékteremtő folyamatok kivitelezésre. Csak akkor és csak azt szabad előállítani, amit a vevő igényel. (JIT, JIS, Kanban)
5. *Folyamatos fejlesztés elve*: a tökéletességre való törekvés, japánul a kaizen elve melyet a lean menedzsment állandó, kis lépéseken keresztül történő fejlesztéssel kíván elérni (Kaizen, TPM, SMED).

A gyakorlatban az alapelvek kiegészülnek a zárójelekben található konkretizált lean menedzsment eszközökkel. Ezek részletes bemutatásától most eltekintek, de azt meg kell jegyezni, hogy a lean csak akkor működik igazán hatékonyan, ha az autógyártók és beszállítóik közösen dolgoznak céljaik megvalósításán, mivel a pazarlások ellátási lánc szinten szűrhetőek ki optimálisan. Itt is érvényes az a megállapítás, hogy egy-egy rész javíthatása csak szuboptimális eredményt hoz. Az intenzív együttműködés további nagyon

fontos indoka, hogy egy-egy lean rendszer nagyon érzékeny a keresleti ingadozásokra, legfeljebb 10-20 %-os ingadozást tud kezelni (autóiparban általánosan elfogadott benchmark érték 15%). A vevői igények pontos ismerete tehát elengedhetetlen, hogy éppen akkor és annyi legyen termelve, amennyire szüksége van. Így a szállító vállalat nem pazarol (pl. készlet, túltermelés), nem sérti az áramlás és a húzásos rendszer alapelveit. Ez csak a vevővel szorosan együttműködve valósítható meg. Az ilyen típusú vevői igények rákényszerítik a beszállítóra a lean-t [86].

Ahhoz, hogy a lean-t hatékonyan ki lehessen terjeszteni az egész értékteremtő láncra, egy másik képességgel is tisztában kell lenni, ez pedig az agilitás. Az agilitás nem egy egyszerű vállalati, hanem üzleti szintű képesség, amely az ellátási lánc egyik végétől a másikig terjed. Magába foglalja a szervezeti struktúrákat, az információs rendszereket, a logisztikai folyamatokat, de főként a gondolkodásmódot. Napjaink kihívásokkal teli üzleti környezetében, ahol az ingadozás és a megjósolhatatlan kereslet normává vált, elengedhetetlen az agilitás szükségességének felismerése [99]. Más szóval az agilitás úgy is jellemezhető, mint az a képesség, amely lehetővé teszi a gyors reagálást a keresletben lévő változásokra.

Egy agilis szervezet legfőbb jellemvonása a rugalmasság, ami valójában a rugalmas gyártási rendszerek koncepciójából (FMS) származik. Az agilitás azonban nem összekeverendő a karcsúsággal, ugyanis a lean célja, hogy kevesebb eljünk el többet. Paradox módon sok cég, mely üzleti gyakorlatként alkalmazta a karcsú gyártást, mégsem tudott egyben agilis is lenni saját ellátási láncában. Az autóipar számos esetben igazolta ezt a tényt. Valójában sokszor sikerült megszüntetni a készleteket azáltal, hogy a termelést pontosan az autógyár és a végső felhasználó igényeihez igazították, de a pazarlás és tartalékok kiiktatása a teljes folyamatból nem mindig javította a reagáló képességet változó igények esetén. A lean termelés ez a fajta rugalmatlansága vezetett az agilis gyártás megfogalmazásához [20].

Ahhoz, hogy ezeket a paradoxonokat elkerüljük a gyakorlatban a lean és agilis paradigmák kombinációját kell az egész ellátási láncra értelmezve alkalmazni, amelyet a Christopher „leagilis” megoldásnak nevezett el. Az autóiparban különösen fontos, hogy az egyedi igényeket a mérethatékonyság kihasználása miatt tömegtermeléssel érjük el. Ezért a két rendszer kombinációja megfelelő megoldásnak tűnik. A leagilis koncepció lean oldala felelős a „tömeges testreszabás” „tömeg” részéért, az agilitás pedig a „testreszabás” részéért [16].

2.3.4. Komplexitás és flexibilitás

A disszertációban megfogalmazott tézisek szinte mindegyikével összefüggésbe hozható a komplexitás fogalma ezért fontosnak véltem felkutatni az autóiipari környezetben értelmezett szakirodalmi hátterét.

A komplexitás mennyiségi mérésére irányuló első erőfeszítéseket Kolgomorov (1965) és Chaitin (1969) végezte. Mindkettő egyetértett abban, hogy egy rendszer bonyolultsága összefügg azon legrövidebb program hosszával, amely a rendszert reprodukálja [72],[14]. Autóiipari környezetben a tömeges személyre szabás (mass customization) növekvő elterjedése miatt alkatrészek, beszállítók ezreinek, különböző termelő eszközök sokaságának és emberek százainak koordinálása szükséges ahhoz, hogy a végtermék elkészüljön. A különféle termékvariációk és az ebből következő összetettség egyre nagyobb kihívássá váltak napjaink autóiipari termelésében [7].

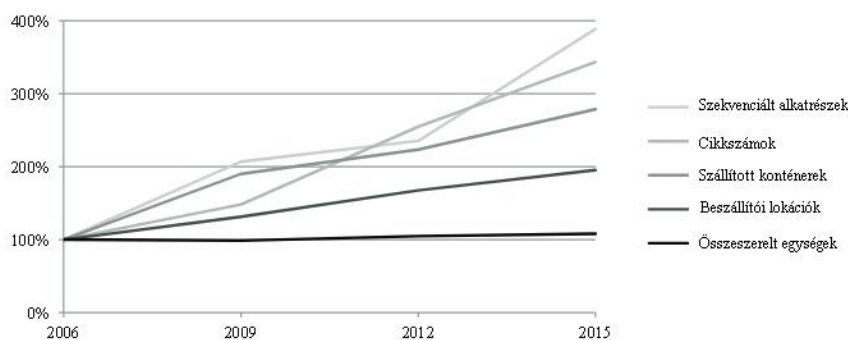
Befolyásoló tényező sorszáma	Befolyásoló tényező	Befolyásoló tényező leírása
1	(Autó) modellek száma	A modellek magasabb száma magával vonja, hogy több alkatrésze van szükség.
2	Cikkszámok mennyisége	A cikkszámok sokszínűségét az opcionálisan választható extrák, vagy ország specifikus alkatrészek generálják; a cikkszámok nagyobb mennyisége növeli a helyigényt.
3	Platformok száma	A platformstratégia növeli az egységesség fokát az egy családba tartozó modelleken belül.
4	Közös alkatrészek és nem közös alkatrészek aránya	A közös alkatrészek magasabb aránya csökkenti a helyigényt az üzemben belül.
5	Felfutások száma	Az ellátási folyamatokat módosítani kell és az új alkatrészeket be kell építeni a meglévő struktúrákba.
6	Kifutások száma	Az ellátási folyamatokat módosítani kell.
7	„Ráncfelvarrások” száma (LCI)	További cikkek és pótalkatrészek rendszerbe való integrálása.
8	Termelés volumene	A termelés magasabb volumene magasabb szállítási igényt von magával.

1. Táblázat A termékvezérelt komplexitást befolyásoló tényezők összefoglalása [36]

A globalizáció, a termékdifferenciálódás és a növekvő vevőorientáció tovább növeli a termelés és logisztika bonyolultságát, melyet a rövid termékélet ciklusok és folyamatosan változó technológiák tesznek még intenzívebbé [51]. Az autóiiparban az új termékek

sorozatgyártásba eső éveit előre rögzítik körülbelül egy 12 éves időhorizonton, amelyből megközelítőleg 5-6 év a tervezési, prototípus és bevezetési időszak, 6-7 év pedig a szériatermelés [128]. Ez után a beszállítóknak pótalkatrész ellátási kötelezettsége marad, amely általánosan további 15 évet ölel fel és tovább növeli a komplexitást. Így a fejlődés folyamatosan növekvő termékvariánsokat és funkciókat eredményez, amely még tovább fog folytatódni az alternatív hajtásokhoz köthető új alapanyagok és megoldások bevezetésével [65].

Az individuális vevői igények kielégítése érdekében, napjaink vásárlói széles palettából tudják saját igényükre szabni autójukat, amely milliárdos nagyságrendű (elméleti) modellvariánst eredményez. A növekvő számú opciók tovább növelik a kezelendő alkatrészek számát is, ezért különösen a logisztikai szektort befolyásolja a termék komplexitásának kérdése. Ezen felül, a (főként luxusautókat előállító) vállalatok lehetőséget biztosítanak megrendelőik számára, hogy leendő járművük konfigurációját még néhány nappal a gyártás megkezdés előtt változtassák. Ez azt idézte elő, hogy mára egyre növekvő számú alkatrész kerül beszállításra, széles körű beszállítói körből, rövid tervezési és szállítási ciklusokkal [7]. Mivel a termelési területeken rendelkezésre álló terület nagyságrendjében nem lett nagyobb, de a variációk száma nő, kisebb egységcsomagolások és nagyobb számú szekvenciált alkatrészek felé toldott el az operáció lefutása. Jelentősen megnövekedett a logisztikai feldolgozási idő és szállítások aránya, melynek következményeként a bonyolultság összetettebb logisztikai rendszereket eredményez [65].



6. ábra A logisztika komplexitásának növekedése az Audi ingolstadti gyárában (2006 = 100%) [118]

A komplexitás tárgyához szorosan kapcsolódik a korábban már említett flexibilitás fogalma. Thomé és szerzőtársai a rugalmasság öt fő fajtáját különbözteti meg: típusa, mérete, ráfordított időkerete, hierarchiája és felhasználása szerint. Mivel a rugalmasság gyakran társul valamilyenfajta átalakulással, központi eleme a változás. Ezért az ellátási lánc folyamatok minden szintjén kulcsfontosságú jellemző a határidő, egy rendszer hosszú

távon nagyon rugalmas lehet, de rövid időhorizonton belül (néhány nap múlva) szinte semmilyen rugalmasságot nem mutat [137].

Nagyszámú jármű legyártása nemcsak az egyetlen kihívást jelentő kérdés, mellyel az autógyáraknak foglalkozniuk kell. Gazdaságos módon kell irányítaniuk a terméktípusonkénti változó mennyiségeket is. A komplexitás flexibilis gyártósorok szükségességéhez vezet, mellyel jobb kapacitáskihasználtság és beruházási költségcsökkenés érhető el. Ezért a diverzifikáció, az elérhető járműváltozatok számának növekedése és a hatékonyság iránti igény hasonlóan hat a logisztikai és összeszerelési folyamatokra. A maximális rugalmasság akkor érhető el, ha a fajlagos költség állandó marad, még akkor is, ha a modellválaszték összetétele változik [80].

Gazdaságilag meg kell határozni azt a küszöbszintet, ahol a vásárló számára nyújtott előnyök meghaladják a logisztikai komplexitás kezelésének költségeit (intangibilis költségek). E cél elérése érdekében először meg kell határozni és számszerűsíteni a befolyásoló tényezőket. Különösen, a komplexitást irányító kölcsönhatások közötti összefüggéseket, amelyhez az új adatanalitikai módszerek - például a strukturális egyenletmodellezés, vagy „Big Data” analízis- kifejlesztésével ma már elérhetők. Ezek azok a módszerek, amelyek új lehetőséget nyitnak meg ezen kihívások kezelésére [36]. Az intelligens gyárak szintén kezelhetővé teszik a gyártási folyamatok növekvő bonyolultságát és biztosítják, hogy a termelés egyszerre hatékony és fenntartható is legyen [58].

Az autóiipari logisztikai rendszer hatékonyságának másik fő feltétele a stabil és átlátható tervezési információ. Szinte a legtöbb autóiipari szervezet a (megfelelő tervezési hiányosság eredményeként) a bizonytalanságot nevezi meg hatékonyságának gátló tényezőjeként. Harmadrésről az információ standardizációja szükséges nemcsak a beszállító-vevő kapcsolatában, hanem a logisztikai szolgáltatók között is [59].

Összefoglalva tehát, a globalizáció és a magasabb piaci heterogenitás a modellvariációk jelentős növekedéséhez vezetett. A növekvő számú modellnek a meglévő üzemi struktúrákba való beépítésének szükségességéből adódóan, a bonyolultság jelentős növekedése figyelhető meg az OEM üzemeiben és különösen a logisztikában. Ez gyakran negatív hatást gyakorol a vállalatok folyamataira és költségstruktúráira [36].

Az irodalomkutatás során igyekeztem sokrétű, releváns szakirodalmakat bemutatni, mely a téma szempontjából döntő jelentőséggel bírnak. Ezeket a disszertáció további részeiben is alkalmazom az egyes tézisek igazolásakor. Terjedelmi okokból azonban nem tudtam vállalkozni minden mű részletes ismertetésére, viszont mindenképpen fontosnak tartom kiemelni a német szerzők munkáit. Akárcsak az iparágban, a modern logisztika autóiipari

kutatásaiban a német vonal meghatározó szerepet tölt be. Számos szerző foglalkozott és foglalkozik a mai napig is a területtel, melynek fontosnak vélt területeiről önálló kötetek is megjelentek [46],[51],[55],[60],[61],[70],[123],[147].

3. Az autóipari ellátási hálózatok analízise

3.1. Általánosított autóipari hálózat felépítése

3.1.1. Egyszerűsített matematikai leírás

Az ellátási láncok tipizálhatók. Azok típusát elsősorban a láncban megjelenő termék és az alkalmazott termelési stratégia (pull vagy push) határozza meg [98]. Minden iparágnak sajátosságai vannak. Néhányat a kiskereskedők uralnak (az élelmiszeripar az egyik legjobb példa erre), néhányat az elsődleges szállítók (a mobiltelefon-ágazat, az acél és a vegyi anyagok) és mások, ahol az összeszerelési műveletek irányítják a rendszert, pl. az autóipar. Minden hálózatot jellemzi annak sajátos felépítése, résztvevői, kapcsolatai, relációja, hierarchiája. Az autóipari ellátási lánc hálózatának leírásához a gráfelmélet alapjait alkalmazom, ahol a hálózatot alkotó csomópontok az egyes vállalatok és a közöttük lévő élek a szervezetek közötti kapcsolatokat jelentik. A csomópontok magukba foglalják a beszállítókat, disztribúciós központokat, a raktárakat, terminálokat, vevő telephelyeit stb. Minél több él kapcsolódik a csomópontokhoz, annál több új együttműködési lehetőség létezik a csomópontok között. Amikor egy új elem csatlakozik a hálózathoz, nem kapcsolódik az eredeti hálózat összes csomópontjához, de előnyben részesíthet racionális kapcsolódási lehetőségeket megfelelő képességek birtokában, vagy olyan csomópontok kiválasztásával, amelyeknek több összekötő éle van. A (preferenciális) kapcsolat folyamatos kiválasztásával (beszállító és vevő között) végül összetett hálózatot jön létre [154].

Nagy hálózatról van szó, a fő probléma a hálózat kezdeti feltételeinek meghatározása, amelyek nem triviálisak és befolyásolják a hálózat dinamikáját. Albert és társai diszkrét lefolyásúként magyarázzák a dinamikát, amely esetében, egy új csúcs, aszerint csatlakozik egy másikhoz, hogy mekkora a kapcsolati fokszáma [1]. Azonban, a kapcsolat létrejöttének valószínűsége nemcsak a fokszámtól, hanem az euklideszi távolságtól is függ, feltételezve, hogy a csomópontok és élek térbeli elhelyezkedése ezt lehetővé teszik. Ezáltal függ a közlekedési módtól is, mert a csomópontok törekednek a nagyobb fokszámmal rendelkező vagy közelebbi csomópontokkal való kapcsolódásra [33]. Vagyis, lefordítva az autóipari hálózatokra, minden egyes új kapcsolódó résztvevő csatlakozni kíván valamelyik OEM-hez, vagy együtt dolgozni vele. (Részletes vizsgálat a 4-6. tételben.)

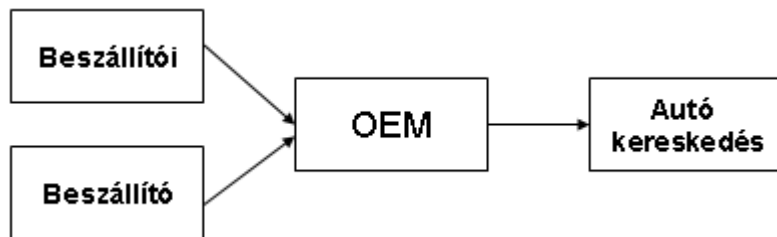
Az autóipar alapszerkezetét autógyártók (OEM) és számos beszállító alkotja, amelyek lehetnek alkatrész beszállítók (gyakran KKV-k) vagy olyan nagy multinacionális termelők,

amelyek teljes modulokat szerelnek össze az autógyárak részére. Az elmúlt évtizedben egyre több értékteremtés és hozzá kapcsolódó know-how került át az OEM-től a speciális beszállítókhöz, beleértve a K+F-et is. Ezen túlmenően, a megnövekedett komplexitás egy másik kihívást jelent, mivel az autó, különböző egységeit összekötő elektronikus rendszereknek közös nyelven kell kommunikálniuk (platform) és képesnek kell lennie beavatkoznia anélkül, hogy megbízhatóságát elvesztené [13].

Az egyénre szabott végfelhasználói igények arra ösztönzik az ellátási láncban résztvevőket, hogy intelligens, újszerű megoldásokat alkalmazzanak, ami egyrésztől tovább növeli a komplexitást, másrésztől segít elkerülni a láncban fellépő bizonytalanságokat. Ez komplexitást eredményez a logisztikában, a szállítási folyamatokban, az anyagmozgatásban, a kommissiózásban, gyártósor ellátásban és a raktározásban is. Ezért, a tervezési célok megvalósításához az ellátási hálózatok elemzésére és modellezésére van szükség elsőként. A vállalatok általánosan alkalmazott modelljének segítségével elemzem a fő ellátási lánc folyamatok penetrációs fokát, mely segít az ellátási lánc definíciójának meghatározásában. A három szint közötti kapcsolatokra további állításokat fogalmazok meg a 3. tézisben. Ezek a szintek:

- operatív szint
- taktikai szint
- stratégiai szint [29]

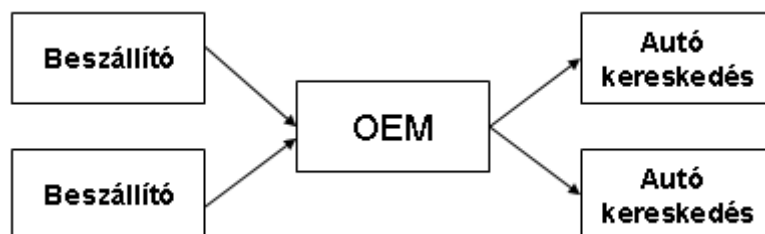
A bizonytalanság és a nemlinearitás miatt a jövőbeni fejlesztési iránymutatások továbbra is tisztázatlanok és homályosak. A hálózati dinamikára vonatkozó sztochasztikus aktor modellek lehetővé teszik számunkra a hálózati evolúció folyamatának elemzését és a különböző vezetési tényezők elkülönítését ebben a komplex folyamatban [29]. Ezzel ellentétben a hálózati regressziós modellek kevésbé alkalmazhatók a hálózati adatok esetében, mivel a megfigyelések függetlenségét kifejezetten kihagyják a hálózat attribútumai közül. Az egyik csomópont hálózati tulajdonságai nem függetlenek a többi csomópont hálózati attribútumától [13]. A következő részben leírom azokat a változókat, amelyek meghatározzák az ellátási lánc hálózatának alapját az autóiiparban. Az alapfolyamatok leírására egy háromszintes modellt választottam, amely kellően reprezentálja a rendszer működésének alapjait.



7. ábra Az autóiipari ellátási lánc hálózat alapvető modellje (saját szerkesztés [154] alapján)

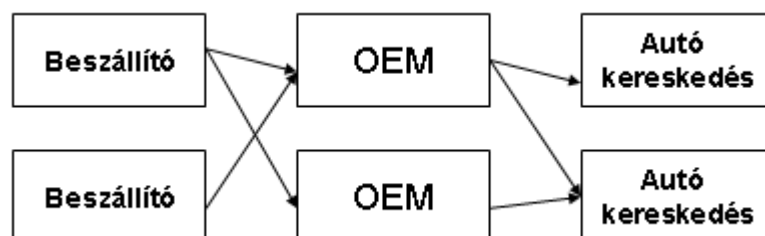
A kezdeti autóiipari ellátási lánc hálózatban n összekötött csomópont van, melynek tagjai beszállítók, OEM-ek és vevők (autókereskedésen keresztül).

Minden egyes T időintervallumban, p valószínűséggel csatlakozik egy beszállító vagy egy autókereskedés az autógyárhoz (OEM) melynek fokszáma m ($m \leq i$), és koordinátáik véletlenszerűen adódnak: (X_i, Y_i) .



8. ábra Az autóiipari ellátási lánc kiterjesztett hálózat modellje (saját szerkesztés [154] alapján)

Minden egyes T időintervallum esetén, $1-p$ valószínűséggel csatlakozik egy OEM csomópont, melynek fokszáma $m(2 \leq m \leq n-i)$, ha az egyik beszállító és az eredeti csomópontok kapcsolódnak a márkakereskedésekhez, és legalább egy input csomópont kapcsolódik egy vevőhöz. Az új csomópont koordinátáinak hozzárendelése szintén véletlenszerű (X_i, Y_i) . P általában nagyobb, mint 0.5 , mert az összekapcsolódás valószínűsége kisebb, mint hogy az OEM csatlakozzon a beszállítói csomópontokhoz [28],[29].



9. ábra Az autóiipari ellátási lánc kiterjesztett hálózati modellje többszörös kapcsolatokkal a résztvevők között (saját szerkesztés [154] alapján)

A fenti hálózati modell gyakorlati leképezésének első lépése az elemzéshez szükséges résztvevők rögzítése. Minden olyan beszállítót és vevőt, amely kapcsolatban áll egy autógyárral fel kell jegyezni és rögzíteni a köztük lévő kapcsolatot.

A következő lépés, két csomópont között meglévő kapcsolat alapján létrehozni a kapcsolati mátrixot. Például ha az „A” jelű beszállító és az „A” jelű OEM között üzleti kapcsolat van, az OEM „A” és az OEM „B” kapcsolatot létesít (intercompany), vagy az OEM „B” és az autókereskedés „A” rendelkezik szállítási kapcsolattal stb., akkor a kapcsolat meglétét a mátrixban 1, míg a kapcsolat hiányát nullával jelöljük [29],[28].

A csomópont fokszáma és fokszám eloszlás mértékének meghatározásakor (feltételezve, hogy a hálózat skálafüggetlen hálózat) a statisztikai paramétereknek a skálafüggetlen hálózati csomópont eloszlásfüggvényének kell megfelelniük. Az a valószínűség, hogy középpontokat ugyanazokkal az élekkel írja le $P(k)$:

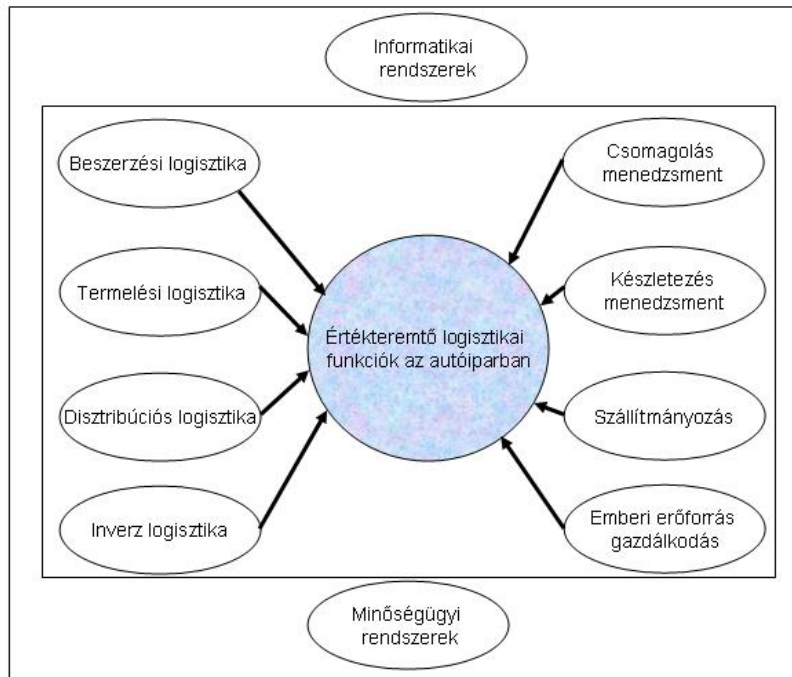
$$P(k) = c \cdot k^{-r} \quad (3.1)$$

$$f(x) = \frac{c}{x^k} \quad (3.2)$$

ahol c állandó konstans, k a csomópont fokszáma, r index. Ha a hálózati csomópont teljesíti azt a feltételt, hogy mértéke (2, 3) közötti index, akkor a hatványfüggvény-eloszlás azt jelenti, hogy a hálózat skálafüggetlen hálózat. [5],[2],[28].

3.1.2. Logisztikai szempontú analízis

Az autóipar számos előrelépést tett a szervezési módszerek terén, melyek hozzájárultak a korszerű megközelítéshez. Elsőként alkalmazta a Toyota Gyártási Rendszerét (TPS), mint üzleti modellt folyamataira. Azonban fontos stratégiai kérdés maradt, hogy a termelés legyen igazítva a logisztikához, vagy a logisztikát igazítsuk a termeléshez? Ezért ebben az alfejezetben logisztikai kritériumok alapján vizsgálom az ellátási lánc hálózatát. Elemzem annak az egész láncra vonatkozó összefüggéseit és bizonyítást adok a bemutatott elemek ellátási láncban betöltött logisztikai szerepére.



10. ábra Az autópári ellátásilánc-menedzsment logisztikai eszköztára (saját szerkesztés)

A vizsgálat során az autópári ellátási láncot, mint hálózatot állítom a vizsgálat középpontjába. A specifikus üzleti kapcsolatokat szempontjából eltekintek annak alapvető egységeire való lebontásától, ugyanakkor kiragadok néhány specifikus területet, melyek ezen speciális karakterisztikák mentén mutatják be a rendszer tipikus jellemzőit. Vizsgálatomban igyekszem elkerülni a nagymértékű differenciálódást, amely szétaprózódáshoz vezethet, azonban törekszem feltárni az egyes jelenségek közti mechanizmusok főbb összefüggéseit, melyek az egyensúlyi állapot fenntartását biztosítják. Először az ellátási lánc alapmodellje mentén definiálom a működést, majd rátérek a vizsgálati kritériumok szerinti elemzésre.

Beszerzési (ellátási) logisztika az autópárban

A bejövő logisztikai folyamatok fő funkciója, minimális költségek mellett az áruk összegyűjtése a beszállítóktól és azt egységcsomagként eljuttatni a megfelelő összeszerelő üzembe, amikor szükséges. Ellátási lánc szempontból az egyik legfőbb kérdés, hogy mely stratégiai területekre kell fókuszálni a költséghatékonyság érdekében, mely beszerzési piacok jelenthetnek megoldást a jövőben és milyen logisztikai vonatkozásai vannak a folyamatoknak. A költségek alapvetően négy költségnemből állnak: rendszerben lévő készletek költsége, raktér kihasználtság, megtett útvonalak hossza, valamint adminisztrációs- és egyéb költségek [59].

Az autóipar folyamatosan változik. Új meghajtások, új technológiák, új piaci versenyzők, új üzleti modellek, új kihívások és lehetőségek, így adekvát a kérdés: hogyan kell mindehhez alkalmazkodni? Kell-e valamin változtatni? Mi a helyes út? Nyilván ez magával vonzza a logisztikai feladatok átstrukturálását és globális szinten egy olyan átrendeződés fog végbemenni, amely újabb és újabb földrajzi területeket kapcsolhat be az ellátási lánc keringésébe, tovább növelve ezáltal a komplexitást [29].

A globális ellátási lánc állandó mozgásban van, a globális GDP nő, a tőkeáramlások a nemzetek közt és a megavárosok létrejötte megváltoztatja az áruk mozgását világszerte. Ezért néhány globális trend hatással van az ellátási láncokra, így az autóipar beszerzési piacára is [Top 7 Supply Chain Trends]:

- Negyedszázados folyamatos növekedés után a világ exportja 2008-ban visszaesett és csak most kezd helyreállni.
- Az új technológiák felülírják a régi üzleti modelleket és új hatékony megoldásokat hoznak az elavult iparágakba.
- A jövedelmek a fejlődő gazdaságokban olyan mértékben növekednek, mint még a történelem során soha.
- A nyugati országok társadalmának elöregedésével, Kína készen áll már arra, hogy átvegye a világgazdaságban a nagyhatalmi vezető szerepet.

A 2010-től 2015-ig tartó periódusban a kínai minimálbérek átlagosan 13%-al emelkedtek. A nagyobb part menti kikötővárosokban nemzetközileg is felzárkóztak a korábban is fejlett ázsiai országok átlagához. Habár a bérszintek még mindig jóval alacsonyabbak, mint Japánban, Dél-Koreában vagy Szingapúrban (melyek mindegyike importálja a munkaerőt Kínából), a kínai gyárakban dolgozók bére már jelentősen magasabb, mint például Bangladesben, Vietnámban vagy Kambodzsában.

Ez nagymértékű low-cost transzferekhez vezetett már korábban más olyan élómunka igényes iparágban, mint a textilipar, a játékgyártás vagy a cipőgyártás. Az autóipart akkoriban még nem érte el ez a hullám, elsősorban a komplexebb technológiának, az elvárt minőségi színvonalnak, a megkövetelt termékbiztonságnak, a szállításból adódó gazdaságosságnak stb. köszönhetően, de a piaci elvárások és körülmények megváltoztak. Egyrészt az árverseny miatt a vállalatok a fennmaradás érdekében rákényszerülnek olyan területeken befektetni, amelyek mellett még gazdaságosak tudnak maradni. Míg egy elektronikai ipar, vagy textilipar esetén a cégek a világ szinte bármely pontjáról tudnak szinte azonos költségek mellett a világpiacokra értékesíteni, autók esetén nincs ez így. Az

autógyártóknál is előnyt élveznek és valós elvárás a beszállítóktól, hogy a termelés az OEM közelében helyezkedjen el, megteremtve a rugalmas reagálásnak a lehetőségét. Az elsősztintű beszállítók kénytelenek a jövőbeli profit reményében olyan országokban is befektetni, ahová alapesetben a volumen, vagy bérköltéség miatt nem terveztek volna gyártás létrehozni [22]. Ezért az ellátási lánc alsóbb szintjein kell azt a profitot realizálni, ami által egy trade-off helyzet jön létre, és stratégiaailag kell megfelelő döntést hozni [57]. Nincs egységesen elfogadott struktúra, minden termék, alkatrészcsoport más és más, de köszönhetően a fejlett árutovábbítási technológiának és a fejlett közlekedési rendszereknek, ezek áthidalása napjainkban már jóval egyszerűbb feladat. A fő törekvés globálisan olyan területek megcélzása, ahol elkerülhető a munkaerő költéségének jelentős növekedése és kisebb az infláció mértéke.

Ahhoz, hogy megfelelő beszerzési stratégiát válasszon egy szervezet a jövőbeli kihívásokra, először az ellátási láncban rejlő képességeket kell felülvizsgálni. Ha mindezek ismertek, utána következhet a termékportfólió és vállalati sajátosságok alapján (méret, elhelyezkedés, vevők távolsága, vevők összetételekének szerkezeete, stb.) a megfelelő strukturális felépítés megválasztása.

Szükséges figyelembe venni a gazdaságilag fejlett régiókat egy országon belül, hogy érdemes-e egyáltalán még ott befektetni. Szintén nem elhanyagolható szempont az export és import ügyekkel kapcsolatos korlátok. A gyakorlatban egyre elterjedtebb, hogy egy működő üzleti kapcsolatra alapozva, egy beszállító az autógyártó kérésére oda telepíti az üzemét, ahol a legnagyobb hatékonysággal tudja előállítani termékét. Itt nemcsak elsősorban bérköltéség jellegű ráfordításokra kell gondolni, hanem hol áll rendelkezésre szabad kapacitás, megfelelő nyersanyag, stb. Amikor a beszerzési súlypont áthelyeződik egy új, eddig fejletlen területre az a gyakorlat terjedt el, hogy először alacsony komplexitású termékek kerülnek gyártásra, alacsonytól közép kategóriás technológiai szinten, olyan gyártóberendezéseken melyek a világon széles körben ismertek.

A piac által diktált jelen kor autóipari elvárásaival szemben azonban ez már nem mindig állja meg a helyét. A felgyorsult globalizálódó világot a vásárlók egyedi igényei irányítják és a lehető legkülönbélebb termékeket szeretnék megkapni, a lehető leggyorsabban. A korábbi paradigma, mely szerint ellátási láncok versenyeznek egymással hatványozottan igaz. Minden vezetési szinten az optimalizálásra kell törekedni. Optimalizálni a termelési folyamatokat úgy, hogy harmonizálva legyenek a beszállítói minőségi követelményekkel, annak érdekében, hogy a garanciális költéség minimálisak maradjanak. Globális vállalatcsoportok szintjén, ehhez kell igazítani a megfelelő beszerzési stratégiát. Egyfelől

globális átalakulás, másfelől a helyi piacok megőrzése figyelhető meg. A teljesség igénye nélkül említhető Ausztrália, ahonnan a legtöbb nagy autógyártó már kivonult és 2017-re a teljes autógyártás megszűnt a magas béreknek köszönhetően. Ezeken a területeken minden autó importált, mely további kihívások elé állítja majd az ellátási lánc szereplőit. Ellenpéldaként említhetők a kelet-európai országok (köztük Magyarország is), illetve Mexikó, ahová szívesen fektetnek be az autóiipari vállalatok, megőrizve ezzel valamelyest a regionalitást, ugyanakkor a költségek alacsony szinten tartását, mely biztosítja a gazdasági egyensúlyt is [22].

Termelési (üzemen belüli) logisztika

Ellátásilánc-menedzsment elemzés szempontjából a termelési (vagy üzemben belüli) logisztika egy zárt rendszerként fogható fel. Számos kutatás foglalkozik a Just-in-Time (JIT) rendszerekkel, üzemben belüli logisztikai optimalizálással, raktározással, stb., amelynek témakörében a legtöbb autóiiparral összefüggésbe hozott logisztikai publikáció íródott, ezért ezek részletes elemzésétől eltekintek. Fontos azonban megemlíteni néhány alapvető összefüggést a hálózat elemi részeként történő integráció miatt.

A Toyota termelési rendszere (TPS) által életre hívott JIT rendszerek alapvető folyamatá váltak szinte minden OEM számára világszerte. Különösen az autóiiparban kiemelkedő és széles körben alkalmazott koncepció a termelésben és a logisztika területén. A JIT a karcsúsítás elvét követi, és szigorúan húzó rendszer orientált. Fő célja a nulla vagy alacsony készletű ellátási rendszer megvalósítása. Ezen kívül a vállalatokon belüli és az egyes vállalatok közötti árutovábbítási folyamatok igény szerinti kialakítását, valamint a rövid szállítási és ciklusidőket igyekszik megvalósítani [58]. A JIT célja a teljes ellátási lánc rugalmasságának és agilitásának növelése, ugyanakkor be kell látni azt is, hogy jóval túlmutat a termeléslogisztikai körön és kihat az egész ellátási láncra. A termeléslogisztikai folyamatok célja inkább a teljes rendszer kiegyenlítése (balancing).

Ugyan térben általában nem a termelésben kezdődik, de az üzemben belüli logisztikai feladatok első lépése az áruátvétel folyamatával kezdődik. Itt kell megemlíteni az autóiipari rendszerek minőségi követelményeit, melyek a strukturált felépítéséből adódóan kihatással vannak a vállalati működés szinte összes területére, így a logisztikára is. Sokrétűségéből adódóan most csak azokat a területeket mutatom be, melyek a logisztikához kapcsolódnak. Jelenleg széles körben alkalmazott autóiipari minőségügyi szabvány az ISO/TS16949:2009, melyről fokozatosan egyre több gyár áll át az IATF 16949:2016-ra. A tanúsított szervezeteknek 2018. szeptember végéig volt határidejük, a recertifikációra. Az ISO

szabvány mellett számos autógyár rendelkezik saját belső szabványával, ugyanakkor a gyakorlatban a nemzeti szintű szabályozás is elterjedt (pl. VDA 6.3 Németországban).

Végighaladva az értékláncon, az ISO TS szabvány megköveteli az ellátási lánc alsóbb szintjein a bejövő áru ellenőrzést, amely legtöbbször a raktári áruátvételi folyamatokkal van összefüggésben. Ezzel szemben az OEM-ek általában már nem végeznek tételes bejövő áru ellenőrzést. Egyrészt a beszállított alkatrészek mennyisége és azok bonyolultsági foka nem teszi ezt lehetővé, másrészt az első szintű beszállítók által szállított termékek többszörös minőségi ellenőrzésen esnek át a kiszállításig, ezért követelmény, hogy 100%-ig kifogástalan alkatrészek kerüljenek beszállításra. A kereskedelmi feltételekben rögzített szerződések alapján magas büntetési költségek terhelik a beszállítót, ha egy adott termékről a gyártósoron derül ki, hogy minőségileg nem megfelelő. Gyakran azt is eredményezi, hogy a vevő újbóli minőségellenőrzést rendel el, akár a készlet teljes átválogatásával [7].

A raktári operációban leggyakrabban alkalmazott anyagmozgatási mód az emelővillás rakodóval támogatott mozgatás. Kutatási szempontból két problémát vet fel:

- Meghatározott számú szállítási (betárolási) feladatot kell szétosztani ez rendelkezésre álló gépek között.
- A betárolási feladatok sorrendjének meghatározása a targoncánként [19],[50].

Fontos szempont megemlíteni azonban az időablakok szerepét, mely a raktári operáció kiegyensúlyozása szempontjából döntő jelentőséggel bír. A nagy gyártók erőteljes alkupozíciója lehetővé teszi számukra, hogy beszállítást korlátozó időablakokat alkalmazzanak. Ha egy megrendelés korán megérkezik, a járművön addig kell maradnia, amíg meg nem nyílik a szállítási időablaka. A késést gyakran súlyosan büntetik a fix időkeret miatt. Habár az autógyárak gyakran hangoztatják, hogy az összes érintett fél működését összehangolják, de azáltal, hogy a szállítójárműveket szükségszerűen parkoltatják, veszélyeztetik a teljes ellátási lánc versenyképességét [139].

Az alkatrészek éppen időben történő beszállítása jelentősen csökkenti a készleteket az autógyártóknál és a gyártási igényeket a termelésstervezés középpontjába helyezi [93]. A JIT általános koncepciója egy olyan termelési rendszer létrehozása, amely megszünteti az összes olyan tevékenységet, amely nem teremt hozzáadott értéket a végtermékhez, vagy nem teszi lehetővé az anyag folytonos áramlását, kizárva a költséges és pazarló elemeket egy folyamaton belül. A JIT célkitűzései alapvetően kapcsolódnak a disztribúcióhoz és a logisztikához, beleértve a következőket:

- az áru előállítás, amelyet a vevő kíván

- az áru eljuttatása, amikor a vevő kívánja
- tökéletes minőségű termékek előállítás
- a veszteségek eltávolítása (munkaerő, készlet, mozgás, terület, stb.).

A vállalatok számos technikát alkalmaznak kisebb vagy nagyobb mértékben, amely adoptálta a JIT filozófiát, de a disszertációban ezek részletes bemutatásától szintén eltekintek. Azonban JIT-nek is vannak negatív hatásai, melyek általában trade-off jellegű költségpárok. Leggyakrabban emlegetett példa a megnövekedett szállítási igény és a készlet szint közti optimum megtalálása. Ezek a logisztika ráfordítások azonban tovább csökkenthetők, ha pontosan a szerelési sorrendnek megfelelően (JIS) kerülnek a termelésbe. A Just-in-Sequence lényege, hogy a szekvenciálás során a komponensek oly módon vannak sorrendbe állítva, ahogy azok később az autókba majd beépülnek. A szekvencia „befagyasztása” után, számos gyártó próbálja fenntartani ezt a szekvenciát nemcsak a végső összeszerelésben, hanem az azt megelőző folyamatokban (pl. karosszériagyártás, festőüzem stb.) is. Német környezetben, ezt a változtatások nélkül végrehajtott szekvenciát „Perlenkette”, másnéven gyöngysor koncepciónak is nevezik [71]. Mindegyik koncepció lerövidíti a szállítási ciklusokat, optimumot keres az irányítási ráfordítások és a gyártási sorozatnagyság között, ugyanakkor nagyban függ a megfelelően megtervezett és kivitelezett logisztikai tevékenységektől [8]. Az összeszerelés és az intra logisztikai folyamatok befolyásolják egymást. Általában a logisztika támogatja az összeszerelést, viszont a növekvő számú variáns részarányának köszönhetően a logisztika egyre fontosabbá válik, és egyre nagyobb arányban járul hozzá a teljes költséghez. Ezért a termelési logisztikát nemcsak támogató folyamatnak lehet tekinteni, hanem irányító funkciónak is [80].

Disztribúciós (elosztási vagy értékesítési) logisztika

A kimenő logisztikai folyamatok elsődleges funkciója, szétosztani az elkészült járműveket a kereskedésekbe, vagy végső felhasználókhöz. Két fő típusa az autógyáraktól a disztribúciós központokban (DC), majd onnan a kereskedésekbe való eljuttatás.

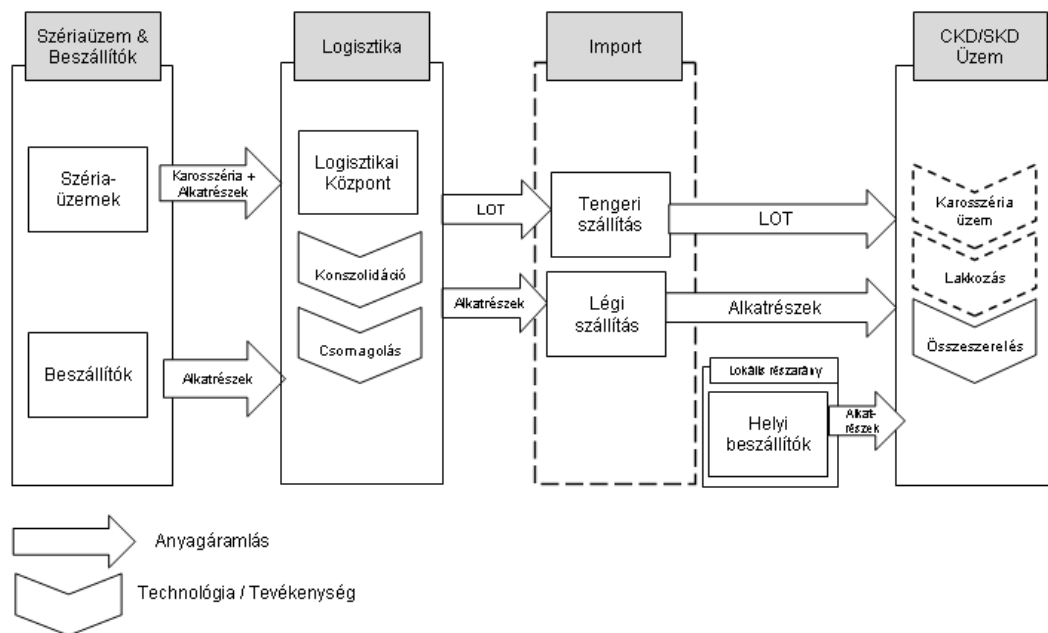
Az elosztási logisztikában fő költségtényezők a szállítójárművek kihasználtsága és a fuvar költséghez viszonyított fizikai sérülésekből adódó kiadások aránya, ami az esetek 2,5%-ában előfordul. (Bővebben a 2. tézisben) A bejövő logisztikához képesti legfőbb különbség, hogy általában nem JIT rendszerben mennek véghez a kiszállítások [59].

Disztribúciós logisztikai szempontból fontos megemlíteni a pótalkatrész ellátást is, amely nem a klasszikus értelemben vett késztermék elosztási logisztikának felel meg. A

késztermék ebben az esetben a félkész, általában önmagában használatra nem alkalmas komponens, de logisztikailag hasonló disztribúciós folyamatokon megy keresztül, mint az autók.

Az elmúlt években az átfutási idő csökkentése kitüntetett figyelmet kapott az iparágban. Az átfutási idő csökkentése azt is magával hordozza, hogy a rendszer jobban alkalmazkodik a piaci változásokhoz, ezáltal növeli a vásárolói megelégedettséget [93]. Autóipar esetén átfutási időnek az autókereskedések által leadott rendeléstől, a gyártáson át tartó, a készautó átvételéig eltelt periódust nevezzük. A minőséghez kapcsolódóan és az ellátási láncsal összefüggésben a szakirodalom kevés esetben emeli ki az autóipari folyamatok részeként fontos szerepet betöltő a validációs teszteléseket. Az átfutási időt döntően befolyásoló faktor kritikus fontosságú a fejlődő országokból érkező exportőrök számára, ahol az akkreditált tesztlaboratóriumok szűkösek, és a validáció várakozási ideje ezért meglehetősen hosszú. Ennek logisztikai hatása, hogy a terméket jóváhagyás hiányában nem lehet értékesíteni, vagy az idő szűkében csak extra fuvarral és költséggel (sok esetben légi úton) eljuttatni. Ezek elkerülésére jelenthetnek megoldást a disztribúciós központok, melynek szerepét Nozick és Turnquist tanulmányozták. Fókuszálva az autóipari elosztóközpont helyének, fenntartásának, készleteinek, szállítási- és szolgáltatásminőségének hatásaira megállapították, hogy a folyamatok ezen multikritériumok mentén történő leírása ad megbízható modellt a működésre [102].

Autóipari termékek külföldi piacokon, versenyképes áron történő értékesítésének céljából az autógyártók gyakran létesítenek termelést külföldi országokban, alacsonyabb volumenekben. A minőség megőrzése és a vonatkozó kockázatok elkerülése céljából, az anyaországban használt ugyanazon alkatrészekből, a megfelelő csomagolási előírások figyelembe vételével készítenek egységgyűjteményeket, melyeket aztán hajókra és egyéb szállítóeszközökre rakva szállítanak egy külföldi országba, ahol a végleges összeszerelés megtörténik. Ezt nevezzük CKD (Completely Knocked Down), vagy SKD (Semi Knocked Down) gyártásnak [91].

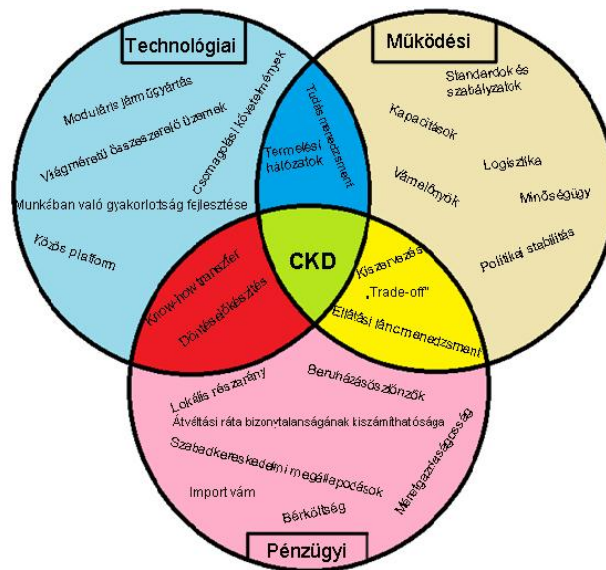


11. ábra A CKD ellátási lánc folyamat [91]

Általában tipikus kereskedelmi szabályozások vonatkoznak a helyi alkatrészek beépítésére azért, hogy az elkészült autó ne importált termékként kerüljön forgalomba. Ezért a helyileg beszerzett alkatrészek aránya (local content) meghatározó, melyek kötelező jelleggel bekerülnek az ellátási láncba. Az évek során egyre inkább bizonyítást nyert az a földrajzi átrendeződés, mely a CKD országokat többé már nem elsősorban CKD gyártóközpontnak tekintik, hanem az összeszerelési tevékenységeken kívül termékfejlesztési, kutatási és innovációs szerepet is betöltetnek. Köszönhető ez annak, hogy a fejlett országok bérszintjéhez képest alacsonyabb ráfordításokkal érnek el hasonló eredményeket a fejlesztésben is, azonban a következő faktorok még mindig döntő súllyal szerepelnek::

- A földrajzi távolságtól függően a csomagolással és szállítmányozással kapcsolatos ráfordítások magasabb költségeket eredményezhetnek, mint egy készre szerelt autó értékesítése az export piacokon.
- Az alacsonyabb volumenből adódóan a CKD gyárakban előállított autókhoz magasabb fix költségek járulnak.

A logisztikai alapokon nyugvó CKD koncepció, magával hozott olyan szekunder elemeket a fejlődő országokban, melyek beépültek az ellátási lánc irányításába. A 12. ábrán bemutatott kombinált modell mutatja be azokat a kapcsolódási területeket, amely által a CKD önmagában képes irányítani globális ellátási hálózatokat nemcsak logisztikai, hanem más szempontból is [24].



12. ábra A többcélú CKD-központú modell [24]

A termelési költséghatékonyság és a növekvő számú autóiipari áttelepítések a tradicionális ipari központokból (Észak-Amerika, Nyugat-Európa, Japán) a fejlődő (vagy talán már fejlett) országokba (Kína, Thaiföld, Brazília stb.) egyre több teljes vertikumú gyártást foglalnak magukba. Ez részint köszönhető a fent bemutatott modell következményeként, mely egyben megerősíti azt a tényt is, amelyet a beszerzési logisztikai résznél bemutattam, hogy az ellátási lánc hatékonysága szempontjából „friss” területek meghódításával lehet további versenyelőnyökre szert tenni. Kutatók szerint a CKD által elindított transzferek annyira meghatározzák az autóiipar jövőjét, hogy 15-20 éven belül a CKD teljesen eltűnik és a helyi gyártás fogja felváltani azokban az országokban, melyben a költségek racionalizáltan alacsonyok maradnak [69].

Visszutas (inverz vagy hulladékkezelési) logisztika és csomagolás menedzsment

Autóiipari ellátási láncok esetén a visszutas logisztika 3 fő folyamatát különböztettem meg:

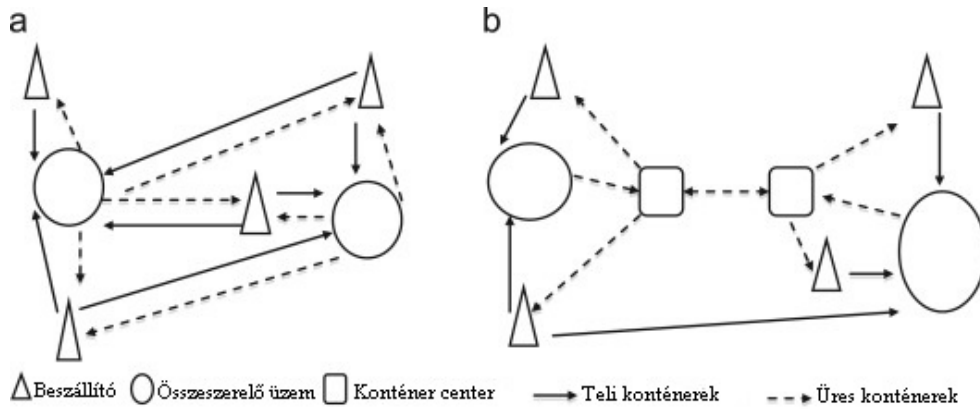
- Újrahasznosítás (recycling)
- Több utas csomagolás/Göngyöleg (returnables/empties)
- Visszahívás / Visszaküldés (recall/reject)

Az újrahasznosítási folyamatoknak az autóiiparban nagy tradíciója van és az ellátási lánc minden szintjén jellemző, amennyiben azt a termék műszaki paraméterei engedélyezik. Az alkatrészek értéke miatt ez az ágazat a legfejlettebb újrahasznosítási folyamatokkal rendelkezik, mely javarészt műanyag és fémipari termékek, csomagolóanyagok

reciklikálását jelenti. Szintén ide kell sorolni az autóbontókban fellelhető komplett egységek újbóli beépítését is. A Volvo vagy a BMW már a tervezés szintjén beépítik a későbbi szétbontási lehetőséget az autó koncepciójába és stratégiai céljuk a teljes szétszerelésre tervezett autók gyártására. Az elképzelés az, hogy az autókereskedőn keresztül a használt autókat a vásárlóktól visszavegyék, szétszereljék őket, majd újrahasznosítsák az alkatrészeket, akár az új autók gyártási folyamata során [124]. A hulladékkezelési logisztika azonban problémákat is felvet [111], mert az autóiipari cégek számára a visszatás logisztika még mindig nem kap elég figyelmet. Különösen problémát okoz ez a dinamikusan fejlődő országokban (pl. Kína), ahol az autók száma évről évre nő, de az inverz logisztikai folyamatok nem elég kiforrottak [85].

Autóiiparban széles körben alkalmazott módszer a többutas, forgó csomagolások (göngyölegek) segítségével történő szállítás, amelyek visszajuttatását szintén az inverz logisztikai folyamatok közé kell sorolni. Göngyöleg mindazon csomagolási eszköz, amely a terméket szállítás közben a megrongálódástól óvja és a rendeltetési céljának megfelelően többször is felhasználható, (zsák, rakodólap, rekesz, láda, hordó, ballon, kanna, palack, kábelcsévék, tartós kartondoboz stb.) és amelyekre vonatkozóan a rendelkezések a kibocsátó visszaváltási kötelezettségét előírják [Adófórum]. Jellegét tekintve megkülönböztethető belső (üzemen belüli) és külső (üzemek közötti) csomagolásmenedzsment. Az üres göngyölegek visszaszállítása lehetővé teszi, hogy azokat újra megtöltve ismét az áruszállítást segítsék elő. A körforgásból adódóan az ellátási lánc egy zárt hurkot alkot [7]. A forgó csomagolások felhasználási módja szerint létezik közös használatú és dedikált göngyöleg. Hozzárendelt egy csomagolás, amikor a beszállító a saját csomagolóját (sok esetben csak egy termékre specializáltan) használja, míg a másik típus az ellátási lánc szereplői között forog. A dedikált csomagolási mód előnye a könnyű kezelhetőség és a specifikus célú felhasználás, míg a közös használat csökkenti a felesleges készleteket és az elhasználódás is lassabb. Dedikált alkalmazási mód esetén a felhasználóknak saját biztonsági készleteket kell tartaniuk az üres csomagolók amortizációja, gyakori elvesztése vagy késve érkezése miatt. Megosztott használat esetén, mivel a göngyölegek központilag menedzseltek nagyobb transzparencia van a rendszerben. Utóbbi alkalmazásához az autógyártók és beszállítók együttműködése szükséges, megfelelő informatikai háttérrel, amely üzemeltetési költségeket is felemészt. A gyakorlatban a csomagolások időben történő visszaszállítása a beszállítók egyik legnagyobb aggodalma. Ennek következményeként, a szállítási kockázatok elkerülésére extra készletek kerülnek a rendszerbe [155]. Buchanan és Abad vizsgálta a többutas

csomagolások készletezésének a problémáját és egy adott időperiódusban forgásban lévő konténerek számának sztochasztikus függvényeként írta le a visszaérkezések gyakoriságát [12].



13. ábra A csomagolóanyagok áramlása az autóiipari alkatrészek logisztikájában [155]

Autóiipari környezetben a legtöbb vállalat műanyag vagy fém alapanyagú többutas csomagolót alkalmaz (beleértve a raklapokat, konténereket és egyéb állványokat is). Az egyutas csomagolókhöz képest környezetvédelmi és fenntarthatóság szempontból a többutas csomagolók alkalmazása előnyösebb a hosszabb élettartamuk miatt, valamint a csomagolók mennyisége miatt is [2015].

Az Audi ingolstadti gyárába például napi 600 teherautó szállít göngyölegben, ugyanakkor visszutas tekintetben ez a szám már csak 230 kamiont jelent. A kimenő irányban közel harmadjára csökkent volumen oka, hogy a tároló rekeszek, ládák, egyéb egységgrakomány képző eszközök üres állapotban összehajthatók és ezáltal kisebb helyet foglalnak [7]. Többutas csomagolások esetén azonban, olyan többletköltségekkel kell számolni, mint megnövekedett fuvar költség, tárolás, tisztítás vagy javítás. Továbbá olyan járulékos ráfordítások is jelentkezhetnek, mint a rongálódásból, dézsmálásból és rossz címzettnek való kiszolgáltatás miatti költségek. Ugyanakkor összességében mondható, hogy visszaforgó csomagolások fajlagos költsége alacsonyabb az egyutas csomagolásokénál [142]. A csomagolóanyagok menedzsmentje kardinális kérdés az autóiipari logisztikában, mert az iparág az alacsonyabb profit és a nagyfokú verseny miatt állandó költségcsökkentési kényszernek van kitéve [155].

A harmadik típusú inverz logisztikai folyamat a visszahívások és visszaküldések, amelyek sűrűn előforduló jelenségek az autóiiparban. Egy autóiipari vállalat jövőjét, gazdasági eredményeit, presztízsét és társadalmi megítélését (pl. Volkswagen károsanyag kibocsátási botránya) nagyban befolyásolhatja egy ilyen esemény. Az okok, amelyek egy

visszahívással kapcsolatos akciót elindítanak általában minőségi eredetűek, de ezek mélyebb szintű megértéséhez a problémák gyökér okát kell feltárni. Annak ellenére, hogy az autóiparban szigorú előírásoknak kell megfelelni, mégis előfordulnak ilyen esetek, melyek bizonyíthatóan arra is visszavezethetők, hogy a termékek tervezésnél nem fordítottak elegendő figyelmet annak robusztusságára, reliabilitására. Másik ok lehet, amikor egy második szintű beszállító már hibás terméket szállít az első szintű beszállítónak és ez csak, piacra kerülés után derül ki. Ebben az esetben felmerül a bejövő áru ellenőrzés funkciója, mely hivatott kiszűrni ezen hibákat, ezért fontos a termékek nyomon követhetőségének dokumentálása az ellátási lánc alsóbb szintjein is.

Schatteman által meghatározott inverzlogisztikai okokat [120] autóiparra alkalmazva az alábbi táblázatban foglalom össze azok autóiparra vetített tartalmát:

Tényező	A termék visszaküldésének leggyakoribb okai (Schattemann szerint)	Autóiparra vonatkoztatott megfelelő (saját szerkesztés)
1.	Az ügyfél nem elégedett.	Jelentéstartalom ugyanaz.
2.	Telepítési vagy használati probléma.	Jelentéstartalom ugyanaz. Legkevésbé előforduló probléma. Élő példa lehet az autóiparból, pl. amikor az autó szoftveres vezérlése nem működik megfelelően.
3.	Jótállási igény.	Jótállási (garanciális) igény lehet egy komplett autóra, de akár annak részegységeire is. Gyártónként változó garanciális időhosszok.
4.	Hibás rendelésfeldolgozás.	A vásárló nem azt a felszereltséget kapja, amelyet megrendel. Gyakorlatban előfordul, hogy push rendszerben legyártott terméket próbálnak meg eladni hasonló konfigurációval, mint amelyet a vevő megrendelt, de mégsem 100%-ig ugyanazt.
5.	Kiskereskedelem túlkínálata.	Szintén a push rendszerrel összefüggésbe hozható visszaküldési mód, amely az autóiparban kevésbé jellemző. A gyakorlatban legtöbbször úgy oldják meg, hogy a túlkínálati, vagy kifutó modell kerül értékesítésre árengedményen keresztül, elkerülve ezáltal a visszaküldést.
6.	Gyártási visszahívási program.	Szériahibával legyártott termékek visszahívása, mely gyakran emberi élet kockáztatására, vagy a közlekedésbiztonsági tényezőre van hatással.

2. Táblázat Autóipari termékviszáramok okainak ekvivalencia táblázata [saját szerkesztés]

A hatodik tényező a legfontosabb az összes altípus közül, mert a termékbiztonsággal van összefüggésben. Ezért az ilyen helyzetekben bekövetkező károk korlátozása érdekében a diszkriminált termékeket a lehető leggyorsabban ki kell vonni a forgalomból, vagy visszahívni cserére [124].

Készletezés menedzsment

Az autóipari vállalatok a gazdasági nyomás hatására rá vannak kényszerítve arra, hogy alacsonyban tartsák a készleteiket. Anyagfolyamataikat igyekeznek húzó irányelvek által vezérelni, melynek legfőbb eszközei a JIT és JIS rendszerek.

A csak akkor (only if) és éppen időben megközelítések sűrű beszállításokat idéznek elő - elsősorban a közutakon. Ezek időbeli kapacitáskorlátját a tehergépjárművek munkaidejét befolyásoló szabályozás, az AETR adja meg. Az úthasználati díj, vagy épp az ingadozó rakománynagyság sok vállalat számára megnehezíti a „percreekész” követelményt, mivel az „úton lévő raktár” kockázati tényezővé vált. A potenciális sorállás miatt erősen megnövekedhetnek a termelési költségek is, és a vállalatok rákényszerülnek arra, hogy ezeket a kockázatokat a minimálisra csökkentsék. Emiatt, az utóbbi évek megfigyelhető trendje, hogy újból növekednek a raktárkészletek, a raktárak nagyobbak lesznek és az áru előállítási költsége is növekszik. A raktározási folyamat ugyanakkor az elmúlt években a műszaki és szervezési innovációk következtében hatékonyabb lett.

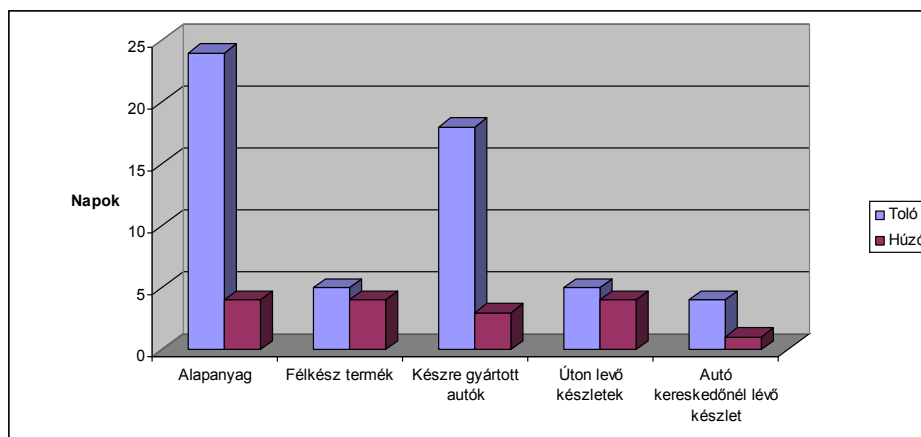
A készletek optimalizálásával szintén együtt járó fogalom a trade-off párok jelenléte. Például, kis tételek sűrű beszállítása mellett, alacsony a raktározási költség, de a készlet-utánpótlási költség, illetve a tranzakciós költség nő. Felmerül a kérdés viszont, hogy hol van az optimum? Kérdés, hogy mekkora legyen a gazdaságos rendelési tételemnagyság? Matematikai úton viszonylag könnyen megoldható a probléma, ha meghatározzuk a logisztikai költségfüggvényt, (a trade-off költségpároknál a metszéspont kétszerese adja az optimális rendelési tételemnagyságot, megközelítőleg tehát azt az értéket kell megrendelni, amelynél a két költség egyenlő) [21].

Az optimális költségek definiálása mellett az alkatrészek megbízható és gyors beszállítását nehezítő további probléma az erősen ingadozó rakománynagyság. Ha például az autógyártók csökkentik a készleteket és a raktárakat leépítik, a beszállítók készlettartásra kényszerülnek. Az alapanyagtól a végtermékig terjedő, raktár nélküli beszállítói lánc természetesen nem létezik és további problémák adódnának az üzemen belüli anyagáramlásban is. A darabjegyzékek gyakran hibásak vagy a mennyiségi adatok pontatlanok. Emiatt esetenként üzemen belül és nem pedig “út közben” keletkeznek a nagyobb problémák. A készletgazdálkodás fő kérdése az, hogy hogyan válasszuk meg a szállítások idejét és egy-egy beszállításra kerülő tétel nagyságát ahhoz, hogy az alábbi 3 költségcsoport összege minimális legyen, miközben biztosítani kell a termelés zavartalanságát [21].

1. Készlettartás költségei: készletek fizikai létéhez kapcsolódó költségek (raktározási, kezelési költségek, amortizáció), készletek értékéhez kapcsolódó költségek (adók, biztosítási költségek).
2. Készletutánpótlás költségei: fuvarozás, szállítmányozás költségei, a rendeléssel és az átvétellel kapcsolatos költségek (rakodási, anyagmozgatási, őrzési költség).
3. Készlethiány költségei: csak közvetve mutathatók ki, nagyságuk meghatározása problémás. Pl. termeléskiesés költsége, elmaradt nyereség, kötbér, vevő elvesztése, stb.

A fenti költségcsoportok között a már említett trade-off kapcsolat van, ezért az ellátási lánc szereplőinek jelentős felelőssége van abban, hogy milyen megoldást választanak a logisztikai feladatok végrehajtására.

Felesleges készletekért senki nem akar fizetni, vagy legalábbis nem akarja, hogy annak forgási sebessége lassú legyen. A nagy lekötött tőke egyik fő indoka lehet a push alapú logisztikai rendszer, melyek szintjét Zhang és Chen hasonlította össze, a járművek készlet szintjén az ellátási lánc egyes szakaszaiban push és pull rendszerekre [153]. Ez azért is kitüntetetten fontos, mert gazdasági válság idején átértékelődik a fontossági sorrend.



14. ábra Lekötött tőke szintjének összehasonlítása push és pull rendszerek esetén [21]

Megfigyelhető, hogy a késztermék készletek megközelítőleg 6-szor nagyobbak push rendszer esetén. Továbbá átlagosan, egy húzó rendszer lekötött tőkéje körülbelül 44%-a az ugyanilyen összehasonlításba vett toló rendszernek. A szintek közötti nagy eltéréseket, a következő tényezők határozzák meg, ill. befolyásolják:

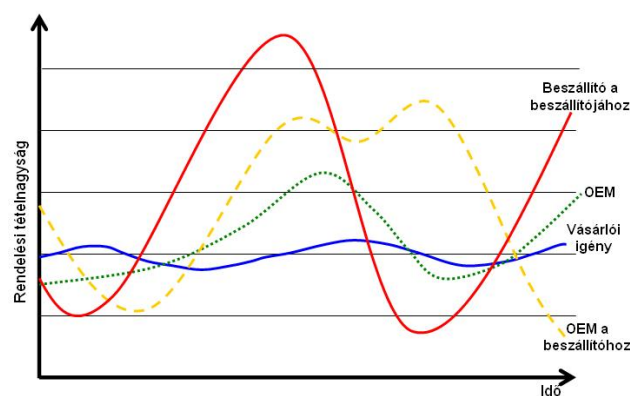
- szétkapcsolási pontok (decoupling points) elhelyezkedése az ellátási láncban (szakirodalmi részben már bemutatásra került)
- ostorcsapás effektus (bullwhip effect)
- beszállítói beágyazottság szintje

A húzó rendszerben termelő autóiipari vállalatok annyiban előnyt élveznek a többi iparághoz képest, hogy a termelési folyamat elkezdésekor ismert a vevő személye. De ez csak a megrendelés pillanatában derül ki. Ezért beszállítóiknak a kereslet kielégítés időzítése miatt meg kell őriznie rugalmasságát a külső kapcsolatokban és a belső folyamataikban egyaránt, amelyeket az előrejelzésekre alapoznak (ugyanaz igaz a nem pull rendszerben gyártó OEM-ekre is) [20]. Ennek következtében keresletingadozások léphetnek fel, amely a hosszú értékteremtő lánc első tagjainál felerősödve jelentkezik. Ezt a jelenséget nevezzük ostorcsapás-effektusnak. Szegedi és Fodor négy különböző okot jelöl meg az ostorcsapást kiváltó okok között [134]:

1. keresleti előrejelzések pontatlansága
2. megrendelések periodikus feladása
3. áringadozás
4. hiánytól való félelem

Az autóiipari ellátási láncban ez a négy tényező szintén meghatározó, továbbá a résztvevők partnerkapcsolatainak nagy száma miatt számolni kell, az ún. multiplikátor hatással is. Ennek következtében a folyamatban egyszerre több egymástól függő és független keresletingadozás jön létre, amely még jobban megnehezíti a gyártástervezést, a kapacitások megfelelő kihasználását.

A kereslet előrejelzés pontatlansága abból adódik, hogy a beszállítók a megrendeléseket általában múltbéli adatokra alapozzák. Ha új megrendelés érkezik az OEM-től, akkor a saját becsléseikbe azt is bekalkulálja, valamint kiegészítik egy biztonsági szinttel és ez fogja adni az alapját a készleteiknek. Ha a két megrendelés között nagy idő telik el, akkor a biztonsági készlet nagysága akár több cikluson keresztül is feltorlódhat. Minél hosszabb az ellátási lánc annál erősebben jelentkezhet a biztonsági készlettel növelt becslések miatti torzítás, azaz annál nagyobb az ostorcsapás-effektus [134].



15. ábra Az autóiipari ellátási láncban megjelenő ostorcsapás-effektus a szereplők rendelésének függvényében (saját szerkesztés [73] alapján)

A megrendelések periodikus feladása szintén az ostorcsapás-effektus okozója lehet. Ha a szereplők nem folyamatosan adják le igényeiket, hanem nagyobb tételt rendelnek egyszerre, akkor raktáraikban nagy készleteket halmoznak fel. Minél hosszabb a két rendeléssel között eltelt idő, annál nagyobb készletre van szükség, annál kevésbé lehet pontosan megbecsülni a valóban szükséges rendelési mennyiséget, ami lekötött tőkét jelent.

A szállítói láncban a mélyebb elemzés során, a hiánytól való félelem figyelhető meg, amely a vevők (és presztízs) elvesztésétől való aggodásból származik. Az autógyárak és beszállítók is jól tudják, hogy csak úgy tudnak megmaradni a piaci versenyben, ha kielégítik a megrendelőik igényeit. Ezért a gyakorlatban a "valósnál" nagyobb inputrendeléseket adnak fel, hogy a szükséges termékeket biztosítani tudják a kereslet esetleges fellendülésekor is [134]. Azokban az iparágakban, amelyekben nagyfokú a vevő által befolyásolható termékösszetétel, gyakran szembesülhetünk ingadozó igényekkel. Ez a hatás a termékek különböző konfigurációs lehetőségeinek sokaságán alapul. Különösen azoknál az alkatrészeknél nagy az ingadozás, amelyek nem minden végtermékbe épülnek bele. Az iparban ezeket az árucikkeket lassan forgó alkatrészeknek (low-runner-parts) nevezik. Az instabil igények miatt a lassan forgó alkatrészek számos logisztikai hiányosságot okoznak, megnehezítik az áruátvétel tervezhetőségét, amely növeli a rendszer általános CO₂-kibocsátását is [39].

A sikeres többszintű együttműködéshez, a láncon belül szükség van egy vezérszereplőre, aki az együttműködési tervezési folyamatokat irányítja, és meghatározza az együttműködés normáit. Az autóiparban ezt a szerepet általában az autógyár veszi át, és tartja kézben a beszállítói hálózatot. A többszintű együttműködés közös kérdése a beszállítók különböző tétel nagyságainak harmonizációja és a készletezés politikája. Azt, hogy mekkora lekötött tőkét tart egy szervezet a készletezésben, illetve mekkora a raktár kapacitásának kihasználtsága, több tényező is befolyásolja. Ezek részletes elemzésére jelen disszertáció nem tér ki, viszont a következő pontban ennek részeként, bemutatom a szállításlogisztikai vetületet és példával illusztrálom az AETR-szabályozás jogi környezetének hatását, mint az egyik legjobban befolyásoló tényezőt az eljutásban és készletek alakulásában.

Szállítványozás menedzsment

Az üzleti folyamatokban a szállítási menedzsment a logisztikához tartozik és feladata, hogy az operációkat térben és időben összekösse. Autóiparban a szállító-elosztási funkció egyaránt része a beszállító értékesítési és a vevő beszerzési funkciójának. Más iparágakban

a szállítás tervezése általában a beszállító felelőssége, az autóiparban ez kölcsönös együttműködésen alapul [128]. A bejövő és kimenő logisztikára fordított költségek még mindig egy nagyon kis hányadát teszik ki a teljes költségeknek. Ez részben megmagyarázza azt a tényt is, hogy a szállítmányozási logisztika miért nem volt soha az autógyárak fókuszában. Az első optimalizálási modellek kidolgozása után, az operációkutatás jelentősen hozzájárult a közlekedési rendszerek hatékonyabbá tételéhez, valamint a komplex szállítási és logisztikai problémák megoldásához. A '90-es években a logisztika az ellátási lánc-menedzsment részeként fejlődött főleg szállítási és operációs tevékenységekre. A 2000-2010-es években a logisztika és a szállítmányozás fokozatosan kiterjedt más alkalmazási területekre. A mobiltelefon applikációkon keresztül egyfajta digitális ellátási platformmá változott [127].

Közúti szállításlogisztikai koncepciók terén jellemzően három fő vetület figyelhető meg az autóiparban. Boysen ponttól pontig terjedő hálózatot, milk-run rendszert és cross-docking (átrakás) módszert tárgyalt [8]. A Milk-run módszer nem csak tipikusan az autóiparban használt megoldás, de ebben a kontextusban a JIT és kötegelte áruk továbbítására is alkalmas. Jellemzője, hogy jelentősen lecsökkentheti a szállítási távolságot, ugyanakkor megnövelheti az eljutási időt. A Cross-Docking módszernek hasonló a hatása, ugyanakkor a lefolyása más módon valósul meg. Átrakásos érkeztetés esetén további csomópontok integrálódnak az ellátási láncba és az áruk konszolidálása egy köztes raktárban valósul meg. Számos esetben a közlekedési tervezés a beszerzési oldalon is megtörténik és nincs egységes koncepció a fuvarparitások (INCOTERMS) tekintetében sem a relációk között. A tehergépjárművek kihasználtsága döntő fontosságú ahhoz, hogy a közutak teljesítménye a raktárakban tartott készletekkel egyenértékű legyen és a költségek is optimális szinten maradjanak. Erre a következő tényezők vannak hatással:

- küldemény volumene (figyelembe véve a valós súly és számított súly szerinti korrekciós tényezőket)
- útvonal (felrakodási helytől kiszolgáltatási helyig)
- vezetési és pihenőidőre vonatkozó szabályok (AETR szabályozás)
- időbeli korlátok (hétköznapi/hétféje)
- kereskedelmi tendenciák, szezonális időszakok

Ezek összességének hatása kiemelten fontos az autóiparban, amikor egy-egy autógyár esetleges megállítása súlyos költségekbe kerül. Ebből is látható, hogy a fuvarszervezőknek és az üzletkötőknek számos akadályt kell leküzdeniük és emellett a lehető legmagasabb

színvonalú szolgáltatást kell nyújtaniuk a partnerek felé. Ezt koordinálni manapság, fejlett vállalatirányítási rendszerek nélkül lehetetlen [21].

A szállítási teljesítmény elsősorban a fuvarviszonylatoktól függ. A nemzetközi AETR-egyezmény szabályozza a gépkocsivezetők munkaidejét, így nem mindegy, hogy az árut mely országból és országokon keresztül kell behozni [44]. A mutató nagyságát befolyásolják még a „helyi sajátosságok” (a raktárak nyitvatartási ideje, autópálya/alsóbbrendű utak aránya), valamint a domborzati és időjárási viszonyok is.

Egyes járművezetőként megtett út = megtett kilométerek száma/gépkocsivezető száma. Az eredmény pontosítása érdekében a gépkocsivezetők száma helyett célszerű a munkaórák számát alapul venni. A gépkocsivezetőket – az AETR-egyezmény alapján – ugyanis nem szabad km-alapon számított prémiumrendszerrel arra ösztönözni, hogy az adott fuvarfeladatot mihamarabb teljesítsék. Ezért az AETR szabályozás hatása akár 1 nappal le tudja rövidíteni, vagy meghosszabbítani az eljutási időt, befolyásolva a készleteket. Felhasználva 15. ábrán korábban bemutatott autóipari benchmark készletszinteket, további 4 illetve 3 nappal csökkenthetők az OEM , Tier 1, Tier 2 és még alsóbb szintű beszállítóknál tartott készletek toló illetve húzó rendszerek esetén. A „készlet nem vész el csak átalakul” elv mentén vezérelve történik tulajdonképpen ezek ráterhelése a közutakra. Azok a cégek, amelyek ezt megvalósítják és ennek menedzselésében élen járnak, tudnak előnyökre szert tenni versenytársaikkal szemben [21].

	<i>Alapanyag</i>	<i>Félkész termék</i>	<i>Készre gyártott autók</i>	<i>Úton lévő készletek</i>	<i>Járműkereskedőnél lévő készlet</i>
Toló	23	4	17	9	3
Húzó	3	3	2	7	1

3. Táblázat Készletcsökkentés hatása az úton lévő készletek növekedésére [21]

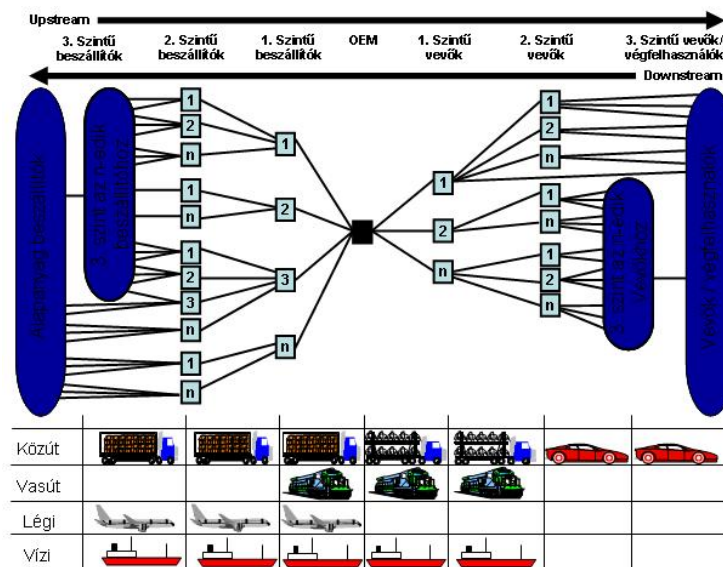
Ha figyelembe vesszük, hogy az ellátási láncok összetettebbek és hosszabbak, akkor nyilvánvalóvá válik, hogy az abba befektetett pénz is több, melynek finanszírozása egyre nagyobb gondot okoz a gazdálkodó szervezeteknek. A tézisben bemutatott AETR szabályozás tulajdonképpen ezt az ellátási láncot inkább gátolja, mintsem támogatja, ugyanakkor a szabályozó kör részeként fontos elem az autóipari ellátási láncok irányításában is.

Vasúton történő szállítás az autóiparban a háztól házig fuvarozás igénye miatt háttérbe szorul. Annak ellenére, hogy a vasúton történő szállítás többnyire az autógyártóktól a kereskedőkhöz való elosztási (outbound) logisztikában érdekelt, néhány OEM használja

alapanyagok szállítására is [70]. Egyik élő példa erre az Audi által Győr és Ingolstadt között működő gyorsteher irányvonatok, de szinte mindegyik OEM rendelkezik iparvágány kapcsolatokkal világszerte elsősorban kész autók, ill. autómotorok kiszállítására specializálva. A folyamatos vasúti fejlesztéseknek és a fenntarthatósági törekvéseknek köszönhetően, a vasút versenyképessége a jövőben meghatározó lesz a közutakkal szemben.

Tengeren történő szállítás esetén az eljutási idők hosszabbak, és szintén inkább a disztribúciós logisztikában van szerepük, ugyanakkor számos autóiipari beszállító alkalmaz konténeres szállítást a világ bármely pontjáról LCL és FCL módozatokban. Tengeren történő szállítás esetén nyilvánvalóan kevésbé beszélhetünk Just-in-Time rendszerekről, ezért az ellátási lánc hosszának csökkentésére valamilyen köztes technikai megoldást alkalmaznak (konszignációs raktár, vagy VMI). Készáru kapacitás tekintetében a méretek változóak, a hordképesség jellemzően 500 (beltenger) és 3000 (mélytenger) jármű között mozog. A tranzit fajlagos költsége az áruszállítás tömegjellegéből adódóan számottevően alacsonyabb [59]. Holweg és Miemczyk három fő logisztikai tevékenységet emel ki (bejövő logisztika első szintű beszállítók és OEM között, disztribúciós logisztika az autógyár és kereskedések között, hajón történő járműszállítással kapcsolatos operációk) és hasonlít össze, valamint a logisztikát az autóiipari ellátási lánc részeként definiálja [59].

Az autóiipari szállításlasztikai feladatainak összefoglalójaként a 16. ábrán szemléltetem az egyes alágazatok megjelenését. Különböző szinteken igényelt fuvarozási szükségletek és tevékenységek által az egyes közlekedési módok hálózattá fogják össze az ellátási láncot, biztosítva ezáltal a rendszer egyensúlyát.



16. ábra Jellemző közlekedési alágazatok az autóiipari ellátási láncban (saját szerkesztés [81] alapján)

Emberi erőforrás menedzsment

Autóipari és logisztikai kutatások vizsgálatakor kevésbé kap figyelmet az emberi erőforrások szerepének vizsgálata, pedig a logisztikai folyamatok humán oldalának a figyelembe vétele is elengedhetetlen az irányítási tevékenységek hatékony végrehajtására. Ezért a tézis igazolásának részeként szükséges megvizsgálni, hogy mely gyakorlatok terjedtek el a globális autóipari vállalatoknál a szervezeti felépítését illetően, melyek azok az összefüggések, amelyek mindezekből megállapíthatóak? Ennek megfelelően, a mértékadó autonews.com portál 2015-ös árbevétel szerint készített TOP 100-as listájának első tíz Tier1-es beszállítójából 6 vállalat szervezeti ábráját vizsgáltam meg a <https://www.theofficialboard.com> oldalon fellelhető információk alapján. Az ellátási lánc ezen szintjén jelenik meg az a fokú diverzifikáltság melyben egy beszállító vállalat akár több autógyártótól is függhet, - ezáltal különböző standardoknak, rugalmassági tényezőknek és költséghatékonysági mutatóknak kell megfelelnie. Fontosnak véltem megismerni, hogy létezik-e első szintű globális autóipari beszállítói szinten központi logisztikai funkció, mint szervezeti egység és a kutatásban három fő kérdéskört vizsgáltam:

1. A logisztikai egység megléte alapján, milyen következtetések vonhatók le a szervezeti struktúrából, a vállalati működésre?
2. Milyen, az ellátási lánchoz kapcsolódó működési jellemzők adhatók meg a szervezeti felépítéshez, és azokból azonosíthatók-e logisztika szerepek (támogató vs. irányító; centralizált-decentralizált; standardizált vs. testre szabott)?
3. Milyen szervezeti felépítéssel és működéssel jellemezhetők a vizsgált Tier 1 beszállítók [27]?

1. Az elemzett globális elsőszintű autóipari beszállítók esetén, a logisztika nem jelenik meg a vállalatcsoport legfelsőbb vezetési szintjén. A logisztika irányítása funkcionális egységként továbbra is regionálisan - a vállalatcsoporton belül - termelő egységek felelősségi körébe tartozik.

2. A regionális tagozódásból adódóan, a logisztika megteremti a lehetőségét az eltérő folyamatoknak az egyes termelő vállalatok között. Ennek legfőbb oka, az autógyárak által megkövetelt eltérő beszállítási stratégiák, standardok. Az ellátási láncokban a logisztikai folyamatok a vevőhöz közeledve egyre kevésbé standardizálhatóak, az eltérő vevői igényekből fakadó beszállítási koncepciók miatt.

Arra a kérdésre, hogy van-e létjogosultsága létrehozni globális logisztikai szervezeteket Tier 1-es szinten, nem létezik egzakt válasz. Alapvetően egy szervezet struktúráját a

képviselet termékportfólió, földrajzi elhelyezkedés és méret határozza meg. Nyilvánvalóan, léteznek olyan szinergiák, amelyeket kihasználva van létjogosultsága globális szintű irányításnak a logisztika területén. Példaként említhető a riportolási folyamatok, azonos mérőszámok kialakítása, azonos beszállítási standardok cégcsoporton belül, mely a beszállítók számára egyszerűsítik a napi ügyvitelt, stb. Másrészt, ha a szervezet túl kicsi, vagy vevő specifikusan más irányelveknek kell megfelelniük, valószínűleg nincs értelme létrehozni globális logisztikai szervezetet, mert az irányítás egy szűkebb körre koncentrálódik.

3. A bemutatott hat vállalat példáján keresztül látható, hogy szinte mindegyik a tipikus gyártóvállalat modelljével rendelkezik, igazolván a fő kompetenciákra való törekvést. Többnyire a funkcionális felépítés (vagy mátrix, de funkcionális fókusszal) a jellemző. A divíziókra osztott struktúra és a földrajzi régiókra való felosztás egyaránt megjelenik, ami azt is jelenti, hogy a többségük termékportfólió és potenciális piacok által vezérelt. Szintén kulcsfontosságú, hogy mindegyik vállalat kiemelten kezeli, és erőforrást biztosít az üzletfejlesztési innovációs tevékenységekre, mely a növekedés fő mozgatórugója is egyben [27].

Mivel a disszertáció elsősorban logisztikai szempontból vizsgálja a szervezeti struktúrát, elmondható, hogy a logisztika egyik bemutatott vállalat esetén sem játszik akkora szerepet, hogy önálló funkcionális egységet alkotna. Egy vállalat esetén az anyaggyártás kiemelt szerepet kap, de ugyanazon pozíció más tevékenységekért is felelős. Ez a tény azt támasztja alá, hogy első beszállítói szinten a logisztikát még mindig többnyire támogató funkciónak tekintik, ugyanakkor az előző részekben bemutatott fejezetek alapján valójában irányítási szerepkört lát el az egyes szakágainak köszönhetően. Globális szintű hálózatokról beszélünk, de vizsgálat szempontjából érdemes az ellátási láncot tovább bontani. Egyfelől globális, mert a bemutatott vállalatok alapanyagait a lokális és regionális piacok mellett a globális piacokról is beszerezik, ezáltal interkontinentális láncolatot alkotva. (Megjegyzés: érdekes tény, hogy a globális beszerzési funkció sem jelenik meg önálló szerepkörként). Másrészt, késztermék értékesítés szempontjából viszont nagyon ritkán, vagy csak kevés esetben (jellemzően cégcsoporton belüli értékesítések, CKD igények) értékesítenek a globális piacokra, mert stratégiaileg az autógyárak elvárása az is, hogy a beszállítók az OEM telephelyéhez a lehető legközelebb helyezkedjen el [22]. Ehhez hozzájárul még az is, hogy az egyes autógyárak esetén más és más beszállítási logisztikai koncepciók preferáltak (JIT, JIS, Perlenkette stb.), amely tovább erősíti azt a tényt, hogy az első szintű autóiipari beszállítók logisztikai tevékenységének nagy része még

mindig lokálisan/regionálisan vezérelt és regionális operáció részét képezi. Vagyis egy gyártó által gyártott ugyanazon fő részegység kontinensenként eltérő standard szerint, a helyi sajátosságok figyelembe vételével jut(hat) el rendeltetési helyére.

3.1.3. SMART ellátási láncok

Az autóipar a többi iparághoz hasonlóan egy új technológiai korszakváltásba lépett, amelyben az internet alapú gazdaság fundamentálisan alakítja át a gyártási rendszereket. Az információ talán még sosem volt annyira értékes, mint napjainkban. Ehhez társul az autóiparban megtalálható komplexitás, amely a disszertáció alapját képező ellátási lánc működésének és evolúciójának fő mozgatórugója. A globális méretű hálózatok és a vásárlók egyénre szabott igényei hatékonysági, átláthatósági, fenntarthatósági és technológiai szempontból is kihívások elé állítják az ellátási láncban résztvevőket. 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, a kormányzati gazdaságpolitikától, valamint az innovációs rendszer intézményeitől.

Az innovációs ciklus lerövidülése és a fejlesztési ütem felgyorsulása miatt fontos a várható változások nyomonkövetése. A feltörekvő innovatív koncepciók; valamint az elavult technológiák, hamarosan más megoldásokat igényelnek. A gyors fejlődésnek a korai szakaszában kell fellépni hatékonyan, és reagálni a változások előtt, mielőtt azok megtörténnének, a versenyképesség (és túlélés) megőrzése érdekében [53]. Ez új alapokra helyezi az autóipari ellátási láncok irányítását, melyet a következő trendek befolyásolnak, [PwC]:

- Folyamatosan növekvő elektronikai és szoftver alapú alkalmazások a járműirányításban.
 - Az elektronikai rendszerek több mint 90%-ban járulnak hozzá az járművekben alkalmazott innovációkhoz és új applikációkhoz.
 - Egy járműtípus bevezetésének időkerete 3-4 évre csökkent, ezért az új szoftverek életciklusa csak hónapokban mérhető.
 - Az elektronikai és szoftveres rendszerek költsége 20%-al kevesebb a 10 évvel ezelőttihez képest.
- Platform modularizáció.

- OEM-ek növelik a modellválasztékot, miközben a jármű platformok száma csökken (azaz több közös alkatrészt lehet legyártani nagyobb darabszámban, olcsóbban).
- Beszállítók konszolidációja (alacsonyabb számú, de méretében nagyobb beszállítók).
- Változások az értékesítési csatornáknál.
 - Növekvő számú online vásárlók
 - Alacsonyabb energiaráfordítást igénylő szolgáltatások járművásárláskor, szervizeléskor, finanszírozási és biztosítási döntések meghozatalakor.
- Szigorúbb szabályozási környezet.

Bár a személyautók továbbra is az emberek döntő többségének meghatározó közlekedési módja lesz, a mobilitási lehetőségek változata egyre nő. Az Uber, a Grabtaxi, a BlaBlaCar, a Zipcar csak néhány név, a már ismert szervezetek közül, amelyek alternatív szállítási módot kínálnak, rövidebb és hosszabb távolságokra. A fiatalabb korosztály hajlik arra, hogy inkább ezeket az új lehetőségeket használja, és késleltessék a saját autóvásárlást, valamint a vezetői engedély megszerzését. A jövőben a következő tendenciák fogják megvalósítani a helyváltoztatás fogalmát [127]:

- Elektromos járművek: főleg a tranzit buszok és a rövid hatótávolságú járművek elektromosak napjainkban. Az elektromos járművek egyre gazdaságosabbá válnak, és egyre hosszabb távot tudnak megtenni töltés nélkül.
- Autonóm járművek: a kéz- és a láb nélküli vezetés létező megoldás, a teljesen autonóm járművek hamarosan az utakon lesznek.
- Összekapcsolt járművek: a forgalmi adatok elérhetők a járművekben, melyek internetkapcsolat által vezéreltek.
- Közösségi felhasználás: a helyváltoztatás lehetőségei egyre növekvőek és az együttműködési lehetőségek elérhetővé teszik a mobilitást anélkül, hogy valaki saját tulajdonú járművel rendelkezzen.
- Hatékony multimodális hálózatok: a tömegközlekedési tranzitadatok a menetrendeket az utasok igényeihez igazítják, az utazók több utazási alternatíva közül választhatnak.
- Új anyagok: alacsonyabb össztömegű járművek tervezése annak érdekében, hogy a hatótávolság növekedjen, és az emisszió csökkenjen.

Fontos hangsúly a SMART technológiák együttműködésében van, amely segít az erőforrások tehermentesítésében a rendszerben gondolkodás által. Így létrejön a SMART ellátási lánc, ahol ez az együttműködés kikerül a logisztika körein kívüli, egyéb rendszerekre is (pl.: környezet, infrastruktúra, marketing stb.).

Ipar 4.0

Az utóbbi években a feldolgozóipar összetettsége és követelményei egyre magasabbak lettek. A fokozódó nemzetközi verseny, a piaci volatilitás növekedése, a nagyon egyedi termékek iránti kereslet és a rövid életciklusok, komoly kihívásokat jelentenek a vállalatok számára. Az ipari szektor kulcsfontosságú szerepet játszik Európában, amely a gazdasági növekedés (pl. munkahelyteremtés) kulcsfontosságú mozgatórugója, az összes export 75%-át és az összes innováció 80%-át teszi ki. Az európai gyártási koncentráció azonban kettős. Míg Kelet-Európa és Németország folyamatos növekedést mutat, sok nyugat-európai ország, például Nagy-Britannia, vagy Franciaország, az elmúlt két évtizedben hanyatló piaci mutatókkal rendelkezett. Európa az elmúlt 20 év során az ipari részesedésének mintegy 10%-át elvesztette, a feltörekvő országok kétszeresére növelték részesedésüket, ami a globális gyártás 40%-át teszi ki. Néhány évvel ezelőtt Németország kezdett elsőként gondolkodni azon kezdeményezésekről, amely fenntartja, sőt előmozdítja az ipari szektorban betöltött "előfutár" szerepét. Végül az Ipar 4.0 kifejezést a németországi csúcstechnológiai stratégia részeként 2011-ben jelentették be a Hannoveri Vásáron, hogy előjelezzék és felkészítsék az ipari szektort a jövőbeni termelési kihívásokra [58].

Az okos rendszereknek számos új tulajdonsággal és funkcióval kell rendelkezniük. Képesek kell legyenek felmérni saját állapotukat, hogy ezeket az információkat aztán saját tevékenységük ellenőrzésére és optimalizálására használják [53]. Az ellátási láncban résztvevők számára az Ipar 4.0-hoz kapcsolódó megoldások középpontjában az emberek, gépek és tárgyak valós idejű, intelligens összekapcsolása fog állni, melyek megváltoztatják az ellátási lánc irányítását. Az eszközök okos 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 tartozik és a teljes életciklus, valamint a digitalizáció integrálása lesz az alapköve a meglévő és új innovatív üzleti modelleknek [54].

A gyors fejlődés nemcsak a termékeket és azok funkcionalitását változtatja meg, hanem új minőségi szintet is kínál a logisztikai tevékenységek ellenőrzéséhez, irányításához és

optimalizálásához. A növekvő nyomás azonnali reakciót igényel, gyakran akár a teljes üzleti modellváltás formájában is. Az ilyen változás az értékteremtés új formáit hozza létre, jelentős költségcsökkentést és jobb versenyképességet eredményez az iparvállalatok számára. A szervezeteknek szükségük lesz arra, hogy új és okos módszereket alkalmazzanak annak érdekében, hogy lépést tudjanak tartani a jelenlegi változó környezettel. Ennek ismérvei a következők:

- alkalmazkodóképesség
- változtathatóság
- rugalmasság
- önszerveződés
- gyors újrakonfigurálhatóság
- az egyes elemek autonóm beavatkozása (véssz helyzetben)
- intelligens döntéshozatal (rajintelligencia) stb.

Napjaink logisztikája még mindig rengeteg manuális műveletet jelent a dolgozók számára. A helyzet hamarosan megváltozik, és a logisztika kifinomultabbá, automatizáltabbá, alkalmazkodóbbá és intelligensebbé válik. A forradalom elsősorban a mobil robotrendszerek bővülő használatának köszönhetően lesz lehetséges; melyek moduláris, rugalmas és könnyen változtatható automatizált logisztikai berendezéseket eredményeznek. A mindenütt jelen lévő internetes eszközök (dolgok internete), lehetővé teszik a rugalmas kommunikációt, a valós idejű adatátvitelt és a „Big Data” adatelemzéseket, ügynök alapú, felhőn keresztüli automatizált vezérlést [53].

„Big Data” analízis

A digitalizáció szerepe a mobilitásban is egyre meghatározóbb lesz. Előtérbe kerültek a prediktív technológiák és a sok értékes, nagy adatmennyiségű információból elvégzett ún., „Big-Data elemzések”. Nyilvánvaló, hogy az adatokra alapozott döntések jobb döntések. A nagy adatok azonban új lehetőségeket kínálnak, különösen a közlekedés és a logisztika terén. A „Big Data” kifejezés nagyon népszerű, és egyre több cég alkalmaz specialistákat hasznosításukra, felhasználásuk azonban még mindig messze nem elegendő [127]. A "Big Data" kulcsszóhoz tartozó Google keresések száma 2013-ban meghaladta a "Supply Chain Management"-re történő keresések számát [144]. Ez jól demonstrálja azt a változó felfogást, miszerint a nagy mennyiségű adat rendelkezésre állása releváns a vállalkozások és a szolgáltatások, a magán- és a közszféra, valamint a vállalatok és intézmények számára.

McAfee és Brynjolfsson három fő különbséget azonosított, hogy mi különbözteti meg a „Big Data”-t a hagyományos adatoktól [92]:

- volumen
- sebesség
- sokoldalúság

Ma már rendkívül nagy adathalmaz „termelődik” és ez a trend napról napra folytatódik. Az autóiipari ellátási lánc logisztikai szempontból történő vizsgálatakor a „Big Data” elemzéseknek az előrejelzésben és üzleti tervezésben van a legnagyobb szerepe. Ezért, ha valamilyen adatelemzési módszerrel visszafejtésre kerülnek a múltbeli igények, ismerjük a vásárlói szokásokat, segítségül szolgálhat 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.

SMART technológiák hatása az autóiipari ellátási láncra

Az értékteremtés jelenlegi "megközelítései" hamarosan nem felelnek meg a költséghatékonyságra, rugalmasságra, alkalmazkodóképességre, stabilitásra és fenntarthatóságra vonatkozó növekvő követelményeknek. Olyan új trendek és kulcsszavak, mint a digitalizálás, dolgok internete (IoT), a szolgáltatások internete (IoS) és a kibernetikai rendszerek (CPS) egyre ismertebbé válnak [58]. 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 megoldásokat alkalmazó kielégítése, alapvetően fejlett infokommunikációs technológiák kutatásával és alkalmazásával [31].

Részben ez a projekt adta az inspirációt, arra, hogy hasonló irányelvek mentén, ugyanezen tényyszerűségeket az autóiipari ellátási lánc vizsgálatára is felhasználjam. Interdiszciplináris megközelítésben, azt a szűkebb értelemben vett zárt szabályozási kört szeretném leírni, 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 kérdések fogalmazódtak meg.

1. „Okos” háttér: az autóiipari logisztika területén milyen feladatokat kell elvégezni és mely folyamatok járulnak hozzá, ahhoz, hogy egy rendszert SMART-nak tekintsünk?
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, 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 [31]?

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 mi az elvárás a rendszertől, hogy más elvek szerint működjön az eddig megszokotthoz képest.

Az autóiipari ellátási lánc komplex világméretű hálózat, ahol rengeteg szereplőt kell egységbe integrálni (OEM-Tier 1, Tier 2, Tier 3 stb. kapcsolatok), ahhoz, hogy a végtermék felépüljön és a végfelhasználóhoz el is jusson. Ennek szervezése rengeteg infokommunikációs tevékenységet generál, mely adatokat megfelelően felhasználva a rendszer SMART-á tehető a későbbi tervezési, de akár azonnali problémák megoldására is. Egy másik lehetőség, amikor különböző kommunikációs rendszerek, mint alrendszerek épülnek be a logisztikai folyamatok irányításába (részint nem új megoldások pl. GPS, nyomkövetés). Az autóiiparban a beszállítók, a logisztikai szolgáltatók (LSP) és a vevők integrációja már nagyon magas szinten van. 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 [138].

Egy harmadik megközelítés lehet az, amikor különböző intelligens megoldásokat keresünk, ezeket csoportokba szervezzük és ettől lesz a rendszerünk SMART. A CPS-ek érzékelőkkel és beavatkozókival képesek környezetüket befolyásolni, mivel lehetővé

teszik a gyárak önálló decentralizált és valós idejű szervezését és szabályozását. Képességeiknek köszönhetően ezeket a gyárakat gyakran "intelligens gyáraknak" nevezik. Ez az elgondolás csak rész-optimum megoldást adhat, mert összehangoltsági foka nem tekinthető véglegesnek, ráadásul dinamikusan változó rendszer, ezért a megfelelő alkalmazás csak majd később tekinthető SMART-nak [31].

Összefoglalva tehát számos megközelítés létezik, de a rendszer akkor tekinthető SMART-nak, ha irányításra alkalmas, automatikus infokommunikációs támogatást nyújt a közlekedési, logisztikai, beszerzési, tervezési, irányítási, döntéshozatali stb. alapfolyamathoz, ezáltal a rendelkezésre álló adatokat, információkat, anyagokat valós időben, minél szélesebb körben, a redundanciát elkerülve juttatja célba az ellátási lánc minden szintjén. A zárt szabályozási körben tehát, az az optimális, ha az ellátási láncban résztvevő minden individuális egység együttműködik, mert ha egy kör megakad, az hátráltathatja a rendszer működését. Ezért definiálni kell az elérendő célokat:

- Hatékonyságon kell-e javítani? (Erőforrás kihasználás, kaizen)
- Pénzügyi sikerességet kell-e növelni? (Profitabilitás)
- Környezetterhelésen kell-e javítani? (Emisszió)
- Közlekedésbiztonságot kell-e növelni? (ADAS rendszerek)

Az SMART rendszerek lehetővé teszik az automatizált, decentralizált és pontosabb kereslettervezést és előrejelzést a JIT / JIS rendszerekben, mivel az anyagfelhasználás és az anyagáramlás - pl. bejövő és kimenő áramlások - a CPS és az Auto-ID rendszerek segítségével pontosan és közel valós időben nyomon követhetők. Az Ipar 4.0 lehetővé teszi a nagyfokú folyamatintegrációt az ellátási láncban belül és valójában a logisztika megfelelő alkalmazási terület ezen szemléletnek. A CPS és az IoT logisztikába való integrálása által lehetővé válik az anyagáramlások valós idejű nyomon követése, fejlődik a szállítmányok menedzselése és pontosabb kockázatkezelést tesz lehetővé. Az Ipar 4.0 akkor lesz hatékony, ha a logisztika képes a termelési rendszereket a szükséges inputokkal ellátni megfelelő időben, megfelelő minőségben és megfelelő helyen [11],[140]. A virtuális, pl. a felhőalapú ERP vagy az elosztott főkönyvi technológia az egész ellátási láncra növelik a végfelhasználói átláthatóságot és a JIT/JIS rendszerek automatizált végrehajtását. Ezzel összefüggésben a folyamatokat nem egyedileg tervezik és hajtják végre az egyes szereplők, hanem integrált módon az egész ellátási láncban. Üzemen belül a Kanban folyamatokban a beszállítók és a vevők közötti magas fokú integráció és információcsere miatt, a Kanban rendszerek szigorúan keresletorientált megközelítést követnek majd a jövőben, ami

dinamikusabb, hatékonyabb, sürgősségi és rövidített ciklusidőket eredményez. Az Auto-ID technológiával ellátott anyagok és termékek növekvő nyomonkövethetőségén keresztül a termelésstervezés sokkal pontosabb lehet. Ha egy termék fogyasztása vagy értékesítése az ellátási lánc bizonyos pontján történik, az összes érintett szereplő (beszállító) azonnali értesítést kap, és termelését a frissített igényeknek megfelelően állítja be. Ebben az esetben az ostorcsapás-effektus elkerülhető vagy enyhíthető, mivel minden szereplő képes ugyanazon (valós idejű) információkra reagálni [58],[138].

Az általánosan felsorolt végrehajtási korlátokon kívül, mint az adatbiztonság vagy az infrastruktúra szabványosítása, kritikus akadály a termelés növekvő összetettsége és a szervezeti logisztikai hálózatok. Az Ipar 4.0 arra törekszik, hogy előkészítse és lehetővé tegye az iparágak számára, hogy foglalkozzanak ezzel a növekvő összetettséggel. Ezért fontos, hogy az alfolymatokra 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.) Jelen korunk fontos kérdése az energia felhasználás, alternatív energiaforrások bevezetése és elterjedése, amely által ugyancsak összekapcsolható két független rendszer és segít abban, hogy a SMART rendszer létrejöhön.

Napjaink logisztikai rendszereiben jelenlevő intelligens eszközökből rengeteg információ származik, és nem az a fő kihívás, hogy ezekből hogyan lehet optimális modellt alkotni, hanem az, hogy a környezetből belépő nagy mennyiségű információ úgy legyen feldolgozva és rendszerezve, hogy egy viszonylag jó, a gyakorlatban alkalmazható modell jöjjön létre. 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 feladata. Olyan új funkciók jelennek meg, melyben a legfontosabb kérdés az, hogy miképpen vannak összekapcsolva az emberek, gépek 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 [31].

Az intelligens gyárban a termékek a gyártási folyamatokon keresztül önállóan találják meg rendeltetési helyüket, bármikor könnyen azonosíthatók és pozícionálhatók. Hofmann és Rüscht az alábbiak szerint definiálta az Ipar 4.0-t [58]:

- A termékek és szolgáltatások rugalmasan kapcsolódnak az interneten vagy más hálózati alkalmazásokban, például a blokkláncon keresztül (következetes összeköttetés és computerizáció).
- A digitális összeköttetés lehetővé teszi az áruk és szolgáltatások automatizált és önoptimalizált előállítását, beleértve az emberi beavatkozások nélkül történő szállítást (önalkalmazkodó gyártási rendszerek, amelyek az átláthatóságon és a prediktív teljesítményen alapulnak).
- Az értékhálózatokat decentralizáltan irányítják, míg a rendszerelemek (például a gyártási létesítmények vagy szállítóeszközök) önálló döntéseket hoznak (autonóm és decentralizált döntéshozatal).

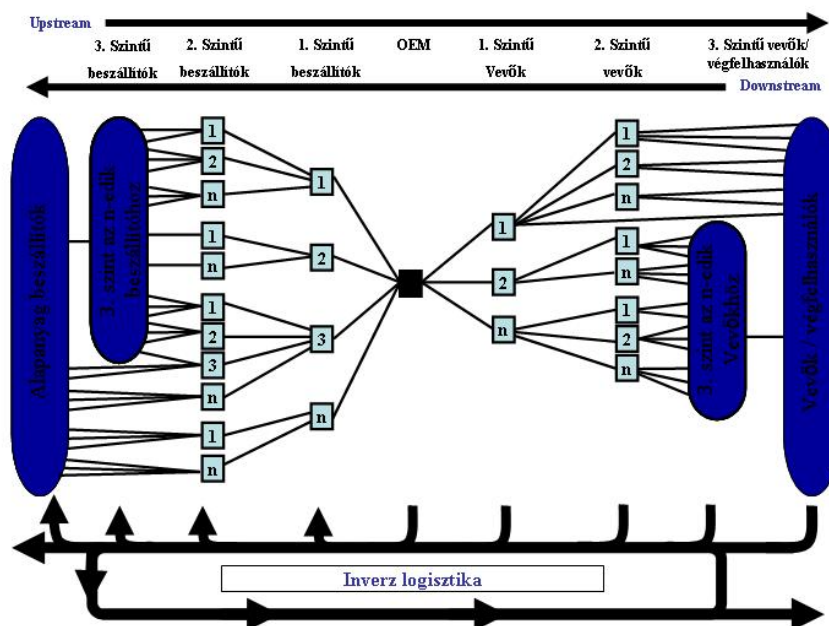
Az Ipar 4.0 a logisztikai menedzsment stratégiai és operatív szintjének szétválását fogja eredményezni. Míg az aktív emberi döntéshozatal továbbra is szükséges marad stratégiai szinten (pl. beszállítói kiválasztás, telephely kiválasztás), az operatív szint (pl. kommissiózás, betárolás stb.) autonóm módon működő entitásokkal (azaz CPS-el) lesz jellemezhető és decentralizált döntéshozatalt fog követni. A logisztikai menedzsment operatív szintjén az automatizálás és az autonómia mértéke a következő években növekedni fog, ami azt jelenti, hogy az olyan tevékenységeket, mint a kitárolás, a rakodás stb. többnyire az intelligens CPS hajtja végre. A humán interakció ezen a szinten elsősorban az ellenőrzési és felügyeleti tevékenységekre korlátozódik. Néhány szakértő azonban feltételezi, hogy a működési szinten bekövetkező változások valószínűleg megváltoztatják a logisztikai menedzsment stratégiai szintjét is. Ha pl. az intelligens CPS helyettesítheti az embereket a gyártási folyamatban, bizonyos termékeket nem szükséges alacsony költségű országokban előállítani, ami azt jelenti, hogy a teljes ellátási lánc földrajzilag eltolódhat, és ezáltal befolyásolja az ellátási lánc stratégiai szintjét valamint a logisztikai menedzsmentet (pl. telephelyválasztás) [58].

3.1.4. Összefoglalás

A fentiekben egyfajta megközelítési módot adtam az autóiipari ellátási hálózat többszemponútú leírására. A vizsgálatban a logisztika módozatainak és eszközeinek mentén mutattam be az autóiipari ellátási láncban betöltött egyes logisztikai funkciók szerepét. Megállapítottam, hogy a logisztika a modern irányításelmélet eszközként is definiálható, mert annak egyes elemei önmagukban is végeznek ellátási lánc irányítási funkciókat. A készletezési résznél kiemeltem, hogy a kereslet pontatlan előrejelzésének az autóiiparban is számos negatív hatása van. Az ostorcsapás-effektus ezt a pontatlanságot még jobban

felderősítheti és a problémákat jelentősen megnövelheti. A gyakorlatban ennek a következménye lehet a túl nagy készletszint, a kevésbé hatékony erőforrás-kihasználás, a szállítási, raktározási és egyéb logisztikai költségek növekedése, a kiszolgálási színvonal csökkenése stb. Megállapítottam, hogy az autóiipari ellátási lánc a biológiához hasonló stabil egyensúly fenntartására törekszik hosszútávon. Ezután az AETR szabályozás hatásait mutattam be a logisztikai készletek alakulására, majd elemeztem a globális autóiipari beszállítók szervezeti felépítését. Megállapítottam, hogy minden bemutatott autóiipari szervezet felépítése különböző. Nincs egzakt elterjedt mód a szervezeti felépítést illetően, mert azt általában a termék és a hozzá kapcsolódó szolgáltatás határozza meg.

Összefoglalóan autóiipari ellátási hálózatnak nevezzük az autót, mint végterméket és annak előállításához szükséges tevékenységek összességét, amelyben a szereplők stratégiai partnerségen alapuló összeköttetésben állnak, mely együttműködésnek köszönhetően az alapanyag felhasználása után késztermékként eljut a végfelhasználóhoz. Az autóiipari ellátási hálózat szerves részét képezik az inverz logisztikai folyamatok, melyek az alapanyagok, félkész és késztermékek újrahasznosításával foglalkozik, valamint a pótalkatrész ellátással kapcsolatos (aftersales) tevékenységek. Fontos tényező, hogy autóiipar esetén az inverz logisztikai folyamatok egyfajta hurkot alkotnak, mert az egyes alkatrészek pótalkatrészként visszakerülhetnek az ellátási láncba, anélkül hogy az teljesen alapanyagszintre redukálódnának. Ez alapján a következő modellt konstruáltam a tézis részeként:



17. ábra Az autóiipari ellátási hálózat kibővített sematikus modellje (saját szerkesztés [81] alapján)

Az autóiipari ellátási hálózatok fejlesztése rendkívül komplex probléma, melynek megfelelő modellezéséhez újfajta informatikai lehetőségek szükségesek. A döntések támogatására cél egy olyan kiber-fizikai rendszer létrehozása, amelyben a folyamatok állandó változásának leképezésére újabb és újabb real-time alapú modellezés - és beavatkozás szükségeltetik. 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. Valójában egyszerre többféle, eklektikus rendszerek alkalmazásáról és integrációjáról van szó, melyek megállják a helyüket a gyorsabb, pontosabb és hatékonyabb kiszolgálás érdekében.

Tézis 1. Bevezettem egy speciális definíciót az autóiipari ellátási hálózat fogalmára és egy hálózati modellt konstruáltam az ellátási láncok működésének leírására. A logisztikai rendszert egy dinamikus egyensúlyt biztosító modern vállalatirányítási rendszernek tekintve, empirikus leírást adtam a rendszer dinamikus működésére, amelynél az Ipar 4.0 keretében megvalósuló SMART technológiák döntő jelentőségűek az autóiipari ellátási láncok irányításában és ez által megváltoztatják annak jellemzőit.

A tézisben megfogalmazott eredményeket tartalmazó publikációk: [D2][D3][D4][D5][D6][D8][D9][D10][D11][D12][D13][D14]

4. Saját eredmények ismertetése

4.1. Dinamikus rendszermodellezéssel kapcsolatos optimálási módszerek és a hatékonyság növelése

Noha a közlekedés dinamikus problémáit már régóta kutatják, a komplex dinamikus és sztochasztikus járművek irányítási problémáira vonatkozó kutatás csak az elmúlt évtizedben kapott egyre növekvő érdeklődést [108],[113]. A szerzők legtöbb esetben kiemelik a különböző közlekedési hálózatok dinamikus eseményekkel történő modellezésének fontosságát, és egyidejűleg a jövőbeli események bizonytalanságával kapcsolatos információkat is. A bizonytalanságból eredő hatások következtében, a vállalatoknak is dinamikusan kell reagálniuk a változó piaci környezetre, zavarokra és előre nem látható sztochasztikus eseményekre. Ehhez, olyan megfelelő eszközökre van szükség, amelyek azonnal kimutatják a változó körülmények megfigyelt rendszerre gyakorolt hatását azért, hogy képesek legyenek olyan kvalifikált információk által vezérelt intézkedések meghozatalára, mint például az irányítási stratégia módosítása (dinamikus gráfszervezés) [109].

Az 1. tézisben ismertettem az ellátási hálózat-rendszer sokrétű, bonyolult logisztikai folyamatait. A pozitív dinamikus rendszerek elméletéből kiindulva és a nagyméretű közúti hálózatok elméletére támaszkodva, további fontos kutatási terület ez utóbbinak és a logisztikai hálózatok elméletének kapcsolata, valamint ennek feltárása. A modellezés mellett egyúttal az irányítási kérdések vizsgálata is fontos szerepet kap. Mivel nagyon sok párhuzamosság van a logisztikai folyamatok analízise és a közlekedési rendszerek folyamatanalízise között, ezért célszerű összekapcsolni a két terület vizsgálatát. Mindkettő pozitív rendszer, ezért igen hasznos kutatási megközelítés a témakörben ezeknek a kapcsolatoknak az ismertetése is. Kiemelten fontos fejezetek a sztochasztikus logisztikai folyamatok, a dinamikus rendszerek analízise és végül a dinamikus/számítási szimulációs modellek alkalmazása.

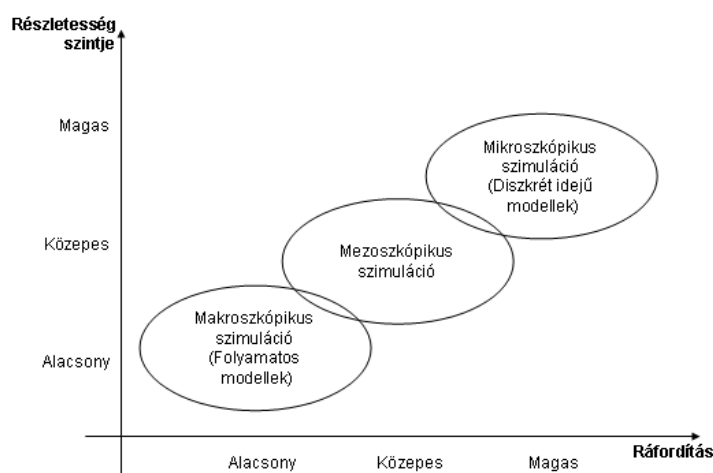
4.1.1. Modellezési megközelítés

A szimulációs modellek két fajtája ismert: folytonos idejű és diszkrét modellek. A folytonos idejű modellek differenciálegyenleteken alapulnak és leggyakrabban rendszerdinamikai tulajdonságok leírására használatosak. A gyártási és logisztikai folyamatok reprodukálására stratégiai szinten aggregált adatokkal operál, melyeket makroszkopikus modelleknek is szokás nevezni [115]. Azonban, az aggregációs szint

mélysége miatt nem minden esetben képesek pontosan leírni számos logisztikai objektumot (termékek, erőforrások stb.), vagy olyan operatív és taktikai eseményeket, melyek irányítási döntések problémáinak megoldását teszik szükségessé.

A diszkrét idejű szimuláció elvei és eszközei dinamikus rendszerek egyszerű leírására alkalmasak. Mivel az eseményorientált modellek egyedi munkaállomásokat, műszaki erőforrásokat, anyagmozgató eszközöket és áruegységeket reprezentálnak, ezeket mikroszkopikus modelleknek is nevezik. Az ebben az osztályban szereplő modellek nagyon bonyolultak, valamint létrehozásuk és végrehajtásuk idő és munkaigényes lehet [157].

A mezoszkópikus szimulációs megközelítés a folytonos és diszkrét esemény megközelítések között helyezkedik el a modellezés részletességi szintjének tekintetében. Támogatja a gyártási és logisztikai hálózatokkal kapcsolatos elemzési és tervezési feladatok gyors és hatékony végrehajtását. A mezoszkópikus megközelítés összhangban áll a diszkrét sebességszimulációs paradigmával és hasonlít a hibrid szimuláció alapelveire, amelyeket Kouikoglou és Phillis autóipari munkája részletezett [76]. A mezoszkópikus modellek különösen bizonyos korlátok mellett alkalmasak nagyméretű logisztikai hálózatok és folyamatok elemzésére, nagyszámú homogén objektumok leírásával [121].



18. ábra Mikroszkópikus, mezoszkópikus és makroszkópikus modellezési megközelítések [82]

A tézisben a közlekedési és logisztikai rendszerek dinamikus viselkedésének elemzésére alkalmazom a mikroszkópikus megközelítést. Ez a szemlélet különösen a rendszer-szimuláció tervezésében bír nagy jelentőséggel, de a rendszer különböző ciklusainak más fázisaiban is támogatást nyújt.

A közlekedési és logisztikai környezet leírása

A közlekedési és logisztika rendszerek napjainkban gyorsan változó, bizonytalansággal terhelt környezetben működnek. A szállítások tervezésénél egyre nagyobb figyelmet kell fordítani a környezetterhelés csökkentésére is [152].

Növekvő komplexitás figyelhető meg a logisztikai folyamatokban, a szolgáltatásokban és a vállalatstruktúrákban egyaránt. A gyorsan változó piaci hatásokra, külső és belső változásokra, illetve zavarokra, a rendszernek az adott probléma természetének megfelelő gyorsasággal, valós időben – az irányításnak pedig még gyorsabban - kell reagálnia. Napjaink ellátási lánc rendszereinek irányítási szempontból értelmezett célja, hogy a változó viszonyokhoz adaptív módon igazodva hangolja össze a rendszer viselkedését, valamint hogy költség, idő és minőség szempontjából hatékony módon tudjon megfelelni a piaci igényeknek is.

A logisztikai rendszerek bonyolult, nagyszámú sztochasztikus állapotváltozóval rendelkező, dinamikus struktúrák, melyek napjainkban már globális méretű intelligens gyártórendszereket, digitális vállalatokat is kiszolgálhatnak. Ezért fontos őket előrejelezni, tervezni és lehetőség szerint szimulálni. A kor előre haladtával változtak a vásárolói igények és a toló rendszerek átalakultak húzó rendszerekké, egyre inkább előtérbe kerültek a rugalmas gyártórendszerek, ezáltal a sztochasztikus modellezések is. Míg korábban a sztochasztikus folyamatokat elsősorban gépmeghibásodások valószínűségének leírására alkalmazták ipari környezetben, mára elérkeztünk arra a szintre, amikor a véletlen folyamatok figyelembe vétele elengedhetetlenül szükséges a közlekedési és logisztikai folyamatok modellezéséhez [30].

Cél, hogy minél pontosabb modellt adjunk. A logisztikában általában megtervezett szállítási útvonalak vannak, amelyek terv szerinti lefutása normálisnak tekinthető. Amikor viszont szállítás történik, a közlekedés bekapcsolódik a láncba, amely sztochasztikus lefolyású folyamat. Ebből adódóan maga a logisztikai folyamat egy bonyolult rendszerré válik, melyben a szállításoknál lehetnek zavarok is. Eszerint a trajektória lehet, hogy megvalósul, de az is lehet, hogy torlódások, balesetek, elterelések miatt nem, ezért a véletlenek szerepének vizsgálatát, költség, idő és biztosítási oldalról is figyelembe kell venni [112],[133]. További fontos kérdés, hogy hogyan függ a hálózat összteljesítménye (ez esetben átlagos eljutási idő, átlagos úthossz, átlagos várakozási idő stb.) a kiiktatott útvonal(ak) számától? Ezeket lehet nagy valószínűséggel kalkulálni és matematikai, sztochasztikai, illetve operációkutatási modellekkel leírni. A gyakorlatban ezt nevezzük dinamikus gráf szervezésnek, amely folyamatosan, célfüggvények figyelembe vételével

történik (minőség, költség, időtényezők szerepelnek ebben). Ezt az ellátási lánc típusától függően össze kell állítani és lehet szimulálni is, ha megadjuk az egyes célfüggvények tulajdonságait. Milyen termék (vagy szolgáltatás) van a láncban, milyen beépülési szintjei léteznek, milyen alkooperációs csúcsaik vannak, és kikkel alkotnak egységet a termék összeállításánál. A hálózat méretét tekintve szintén nem utolsó szempont a rugalmassági tényezők figyelembe vétele és azok modellbe történő integrálása [30].

A rendszer leírásakor bizonyos, a lefolyását befolyásoló tényezőket is figyelembe kell venni. Közlekedési rendszerek esetén amennyiben a hálózat működését negatívan befolyásolják, szűk keresztmetszetekről beszélünk. A szűk keresztmetszet közlekedési értelemben vett általános megfogalmazása: azon közlekedési feltételek összessége, melyek túl hosszú eljutási időhöz vezetnek és/vagy késéseket okoznak az egyén számára, vagy az áruszállításban.

A szűk keresztmetszetek régióról-régióra különbözőek az infrastrukturális szabályozásoktól és forgalomtól függően. Ezek műszaki, gazdasági, politikai vagy környezeti hiányosságként írhatók le, melyek a rendszer nem kielégítő rendelkezésére állásához vezetnek.

- Műszaki jellegű szűk keresztmetszet akkor lép fel, amikor problémák adódnak az alacsony minőségű infrastruktúrával, például keskeny és kanyargós utak, öreg, helytelenül megtervezett vasutak, amelyek nem rendelkeznek összeköttetéssel kikötőkkel vagy repterekkel. Ez gazdaságtalan áruszállítást eredményez, hosszabb átfutási időkkel.
- Gazdasági szűk keresztmetszet, amikor nincs megfelelő pénzügyi forrás az infrastrukturális beruházásokhoz.
- Környezettel kapcsolatos szűk keresztmetszetek lehetnek, amikor a tömegközlekedésben fennakadás, vagy hiányosság van, melyek ingázási célra, a gépjárművek szükségtelen használatához vezetnek.
- Politikai akadályok lehetnek a határátlépési problémák, a bonyolult vámkezelési procedúrák. Ha egy régió a politikai döntések meghozatalában történő eredménytelenség miatt kerül hátrányba. (Lásd magyar belvízi hajózás kérdése, egy másik példa politikai jellegű akadályokra.)

A közlekedési rendszerrel összefüggésbe hozható szűk keresztmetszetek (és azok alsóbb szintjein végbemenő folyamatok) tehát kihatnak a logisztikai rendszer működésének folyamataira. Ezért a nagyméretű közlekedési hálózatok kutatása, az elméleti kérdések

vizsgálata mellett kiemelt gyakorlati jelentőséggel is bír a logisztikai területen is. Napjainkban, a gazdasági és társadalmi folyamatok egyre nagyobb kihívásokat támasztanak a közlekedési rendszerekkel szemben [111]. Az ebből kialakuló globális méretű verseny meghatározza egy ország versenyképességét, fejlődését. Különösen igaz ez az autópárra, amely Magyarország esetében a GDP kb. 10%-át teszi ki, ezért a gazdaság meghatározó tényezője.

Ennek következtében, a kutatás és fejlesztés célja egy új személetmód bemutatása és az új modellezési technikában rejlő lehetőségek kiaknázása, melyben autópári ellátási láncok esetén a következő paraméterek becslésére kell megadni a választ [30]:

- Csökkenthető-e a kiszállítási és átfutási idők, valamint a késések?
- Optimalizálhatók-e a termelési programok és sorrendtervek (bizonyos fokú biztonság ismeretében)?
- Befolyásolják-e sztochasztikus jelenségek a különböző termelési tervek és sorrendek hatékonyságát?
- Csökkenthető-e a ráfordítások és a várakozási idők a rendszer egészét tekintve (a globális verseny miatt)?
- Elérhető-e magasabb kihozatal, rövidebb idő alatt (a vevői elégedettség érdekében)?

Autópári szempontból a közlekedési környezet vizsgálata azért fontos, mert egyetlen hiányzó alkatrésznek is – a sorállás következtében – jelentős költségvonzata van. A rendszer komplexitásából adódóan, a készlethiányt már célszerű korai fázisban felismerni és az ellátási lánc összes érintett tagjával közölni. A termelési terv időben történő módosításával a sorállás elkerülhető, ugyanakkor az átfutási időkből adódóan ez autógyáranként változó (lehet pár óra, de akár több nap is). Ha ez mégis bekövetkezik Boysen et al., szerint a következő reakciók szükségesek [7]:

- Ha a hiány még azelőtt detektálva lett, hogy a karosszéria a gyártószalagra került volna, a hiányzó alkatrész lehetséges, hogy a központi raktárból pótolható és egy alternatív jármű előállításra kerül az ideiglenesen felszabadult termelési programba. Ugyanakkor ez nyugtalanságra adhat okot a termelésben és a logisztikában, mert a többi alkatrész már az eredetileg tervezett jármű legyártására volt előkészítve és a teljes szekvenciát át kell alakítani. Attól függően, hogy mikor kerül a hiányzó autó legyártásra, további következménye is lehet a késői kiszállításnak, amely negatívan hat a vásárlói megelégedettségre.

- Ha a készlethiány időben előre látható, párhuzamosan expressz szállítmány szükséges. Ha egy nagyobb méretű teherautó a gyárba tartó útja során késést szenved, kisebb méretű (gyors) járművel (melynek például nincsenek korlátozásai), vagy esetlegesen charter járáttal helyettesíthető a szükséges alkatrész célba juttatása. Az ilyen jellegű intézkedés napi szintű rutinná vált az autógyárak életében, amely nem csak feltétlenül tervezési hiányosságokból, hanem a rendszer komplexitásából is adódik.
- Egy másik lehetséges megoldás az, ha a hiányzó alkatrészt egyszerűen kihagyják a termelési folyamatból és visszamenőleg kerül beépítésre szakavatott operátorok által, egy külön, erre célra kialakított utómunka területen. Ez esetben szükség lehet először az elkészült jármű részleges szétszerelésére és újbóli összerakására.
- Legrosszabb eset, amikor alapvető részegység hiányzik és a gyártósor emiatt megáll. Ez azt eredményezi, hogy gyártósori operátok százai válnak tétlenné és minden 60-90 másodpercben (amely az autó összeszerelés tipikus ciklusideje) egy autó előállításából származó profit elveszik.

Ezen sztochasztikus lefolyású folyamatok leképezésére a véletlen gráfokkal történő felírási mód ad egy közelítő megoldást.

Mikroszkopikus modell felírása

A véletlen gráf olyan gráf, amely valamilyen véletlenszerűen kialakuló kapcsolat során jön létre. A véletlen gráfok elmélete a gráfelmélet és a valószínűségelmélet határterületét fedi le és a gráfok létrejöttének tulajdonságait vizsgálja [2]. A véletlen gráfokkal kapcsolatos első jelentős munka Erdős Pál és Rényi Alfréd (1959) nevéhez fűződik [35]. Egy n csúcsból és M élből álló $G(n, M)$ -el jelölt véletlen gráfot létrehozhatunk úgy, hogy egy n elemű csúcshalmazhoz az éleket véletlenszerűen adjuk hozzá. A *véletlenszerű* kifejezés az gyakran az *egyenletes eloszlás szerint* (azonos valószínűséggel) megfelelője. Természetesen, ha nem egyenletes eloszlás szerint, hanem valamely más eloszlás szerint jönnek létre a kapcsolatok, akkor is véletlen gráfot kapunk, így a különböző véletlengráf-modellek különböző valószínűséggel hozzák létre az egyes gráfokat. Az Erdős–Rényi modell két rokon, véletlen gráfok előállítására szolgáló modell neve.

Két változata ismert, az egyik, mikor egyenlő valószínűséggel jön létre a kapcsolat az összes választási lehetőség között. Ez a modell olyan $G(n, M)$ gráfokat eredményez, melyeknek pontosan M élük van és minden egyes ilyen gráf azonos valószínűséggel rendelkezik. Másik változata, mikor minden él egymástól függetlenül, egy konstans

valószínűséggel bármi lehet. A legtöbbet tanulmányozott modell az Erdős–Rényi modell (jelöljük $G(n,p)$ -vel), melyben minden él a többitől függetlenül p valószínűséggel hozunk létre. Az utóbbi modell felfogható, mint a G_n jelű véletlengráf-folyamat pillanatképe egy adott pillanatban. Ez a folyamat egy sztochasztikus folyamat, amely n csúccsal indul, melyet nem kötnek össze élek és minden egyes lépésben egy új él jelenik meg, egyforma valószínűséggel választva a hiányzó élek halmazából [35].

A véletlen gráfok elmélete a matematikai kutatások körében nyitott meg egy teljesen új területet, amelyről hamar bebizonyosodott, hogy kiemelkedően fontos gyakorlati jelentősége is van. Az elmélet a véletlen gráfok olyan tulajdonságait tárgyalja, melyek nagy valószínűséggel fordulnak elő a gráfok bizonyos eloszlása esetén. Megvizsgálható egy meghatározott n és p érték esetén, hogy mekkora a valószínűsége annak, hogy $G(n,p)$ gráf összefüggő. A kérdések tanulmányozásakor a kutatás gyakran a véletlen gráfok aszimptotikus viselkedésére összpontosul, azokra a kérdésekre, amelyeket akkor tapasztalnak, ha az n értéke igen nagyra növekszik. A perkolációelmélet pl. a véletlen gráfok összefüggőségével foglalkozik abban az esetben, ha a véletlen gráf véletlen nagy [5].

Tekintsük a legegyszerűbb autópári hálózaton létrejövő logisztikai viszonylatot, az A -ból B pontba történő eljutást (pl. első szintű beszállító beszállítása egy autógyárnak). A pontos forgalmi helyzet felméréséhez az egyik legfontosabb információ az, hogy ismert legyen, hogy az egyes járművek honnan-hová és milyen útvonalon közlekednek. Helyzetük, mozgási pályájuk könnyen meghatározható a korszerű eszközökkel. A járművek többsége azonban véletlen mozgást végez a hálózati gráfon és pontos elhelyezkedésük sem ismert.

A közúti hálózatokon a forgalmi folyamatok analízisének a nehezen, vagy egyáltalán nem mérhető forgalmi paraméterek meghatározására jelentős szerepet kapnak a különböző becslési eljárások.

A jármű- és szállítási folyamatok irányultsága következtében a vizsgálat tárgyát képező hálózati gráf irányított gráf. Ezen az irányított hálózati gráfon egy tetszőleges j szektorról valamelyik hozzá csatlakozó i szektorra történő eljutás véletlen választással történik, az irányításokat a j végpontjára, mint csúcsra definiált diszkrét valószínűség-eloszlást figyelembe véve. Ilyenkor a hálózati terhelés és forgalomelosztás optimalítása szempontjából fontos kérdés, hogy mekkora annak a valószínűsége, hogy a hálózati gráf egy tetszőleges i szektorára érkezünk ($i, j=1,2,\dots,n$). A véletlen gráfok körében ez esetben j szektorról, mint csúcsról induló élkapcsolatok i szektorokon végződő véletlen irányított

részgráfok vizsgálhatók, amelyek a gyakorlati szempontból valamilyen valószínűséggel bekövetkező útvonalak.

Az életben előforduló problémáknál figyelembe veendő az idő és sebesség is, mivel a különböző időpontokban változhat a csúcsokban az eloszlás is (tér, idő probléma). A *Honnan-Hova* problémánál előfordulhat csak j -ből induló (homogén) folyamat és ezekre meghatározott eloszlások, de lehet több lehetséges csúcsból kiinduló (inhomogén) folyamat is (több input probléma). Az eljárás véletlengráf-elméleti vizsgálatokat alkalmaz, amely támaszkodik a nagyméretű hálózati modellre, annak anyagáram disztribúciójára, amely minden hálózati szektor végpontjában egy diszkrét valószínűségi eloszlást követ. A modell a nemlineáris pozitív rendszerek osztályába tartozik [107].

A pozitív rendszerek első definícióját Luenberger adta meg: „*A pozitív rendszer egy olyan rendszer, amelyben az állapotváltozók nem negatívak*”[87]. A vizsgált közúti közlekedési folyamatok többségében az állapotok eredeti fizikai jelentése alapján megfelelnek ennek. A klasszikus közlekedési folyamatok leírásához az irodalom legtöbbször az általános lineáris egyenletrendszereket veszi alapul, anélkül, hogy figyelembe venné a folyamatok pozitív rendszerekkel kapcsolatos tulajdonságait. Feltételezhető, hogy azok a tulajdonságok, melyek az általános lineáris rendszerekkel szemben támaszthatóak mindenféle megkötés nélkül igazak a pozitív rendszerekre is, azonban a pozitív rendszerek kontrollálhatósága és megfigyelhetősége nem egyértelműen értelmezhető az általános lineáris rendszerekben. Ez a probléma különösen igaz nemcsak akkor, ha egy nem negatív tényező szükséges az állapotok leírásához, hanem a beavatkozó jel leírásához is. Ezért a közlekedési folyamatok pusztán pozitív rendszerekkel való leírása nem teljesen triviális.

Boothby és Sachkov publikációjában a következő tétel utal az irányításelméletben alkalmazott valós mátrixra: egy rendszer akkor és csak akkor pozitív, ha az A mátrix Metzler mátrix, azaz a mátrix főátlón kívül eső elemei nem negatívak. (az elemek a főátlóban tetszőlegesen lehetnek) [6],[119].

A közúti szállítási rendszerek folyamatainál, a torlódási és eloszlási problémák, egy igen széles körű kutatási területet fednek le az optimális áramlások vizsgálata körében [34],[41],[74]. A téma igen összetett része a megfelelő modellezés. A közlekedési rendszerek alaposabb megértése elengedhetetlen a teljes körű közlekedés- és útvonaltervezéshez. A hagyományos modellezési megközelítések számtalan megválaszolatlan kérdést hagynak nyitva, a megfelelő dimenziók felállítása továbbra is fennálló probléma.

A logisztikai feladatok végrehajtásánál a hatékony szállítás biztosítása jelentős kihívás, az egyre nagyobb szállítási volumenek és a növekvő forgalmi folyamatok következtében [136]. Ebben a fejezetben célirányosan, az ezzel kapcsolatos hatékonyságot növelő, matematikai módszereket és lehetőségeket tárgyalom. A szállítási feladatoknál a szükséges szállítási távolságokon kívül, figyelembe veszem az adott szállítási időszakban fellépő valós forgalmi folyamatokat is. Koncentrálva az irodalomban az ezzel kapcsolatos javaslatokra, röviden összefoglalom az erre vonatkozó hatékonysági intézkedéseket, amellyel, a minimális szállítási, áramlási költség számolható. A témakörben, egy komplex eljárást mutatok be, amelynél figyelembe veszem, hogy a nagyméretű dinamikus hálózati modell alkalmazásával [108], modell prediktív eljárással is kiszámíthatók a szállítással kapcsolatos forgalomsűrűségek és az ehhez kapcsolódó forgalmi sebességeket az adott hálózaton.

Az áru fuvarozók számára az egyik kihívás az üres járművek mozgatásának szükségszerűsége annak érdekében, hogy elkerüljék az üres járművek, ill. konténerek torlódását és az üres futáskilométerek felhalmozódását az egyes régiókban. Több munka foglalkozik ezzel a problémával és a tanulmányok becslése szerint, mind a kilométer, mind a költségek 40%-a, a szállítási rendszerek üres járművei miatt keletkezik. A területen fontos és aktívan kutatott téma a flottamenedzsment-rendszerek optimalizálása is [18].

A munkámban figyelembe veszem azt is, hogy az intelligens közlekedési és szállítási rendszerek kutatásának célja, hogy több információt és jobb döntéseket hozzon az ilyen hálózatok működésével kapcsolatban. Ma már hosszú távú cél egy teljesen autonóm közlekedési és szállítási rendszer létrehozása is.

Az elmúlt évtizedekben a technológia fejlesztése lehetővé tette a GPS vevők széles körű felhasználását, a járművek és az intelligens telefonok helyzetének meghatározását, továbbá ezek a fejlesztések megkönnyítették a helyzet-adatok megosztását és összegyűjtését is. Ma már hatalmas adatállományokhoz férhetünk hozzá, pl. a múltbeli szállítási feladatokból származó trajektóriákkal kapcsolatban és ez új lehetőségeket nyitott meg a szállítási minták megismeréséhez és megértéshez [49],[90]. A városi hatóságok számos városban összegyűjtötték és kiterjedt adatmennyiséget képesek szolgáltatni, (pl. a taxi rendszerre), amely ezen a területen szintén ösztönözte a kutatásokat [156]. Például, [95],[83],[145],[151] kutatások stratégiákat is vizsgáltak taxik és diszpécser rendszerek esetében és becslések szerint [152] egy taxi rendszer hatékonyságát modell alkalmazásával is optimálisan lehet üzemeltetni a kereslet előzetes ismeretével. Ebben az esetben, minden vállalat optimalizálja saját járművének útvonalát és együttműködik a többi társasággal.

Az irodalomban áttekintett tanulmányok egy része olyan új szállítási hatékonysági intézkedések, amelyek elemzik az utazási útvonalak nagy adatállományait és azt határozzák meg, hogyan lehet az üres futásteljesítményt ideálisra csökkenteni azzal a feltétellel, hogy a szereplők aktívan együttműködnek. Ezeknél, a jövőbeli kutatási irányok céljai az on-line optimalizálást is magukban foglalják, valamint hatékonyságnövelő intézkedéseket is tartalmaznak a flottakezelés és a taxi rendszereknél [136].

Tekintsük a továbbiakban a szállítási hatékonyság mérését és néhány tulajdonságát. Feltételezzük, hogy a szállítási rendszer homogén szereplőkkel rendelkezik és az igények kielégítésére minden szereplő elfogadja a kooperatív együttműködést.

A hálózat matematikai modellje

Legyen $G = (N, \mathcal{E})$ irányított gráf, amelynél N a csomópontok száma és $\mathcal{E} \subseteq N \times N$ direkt szorzat az irányított élek halmaza. Ennél, az egyes $(u, v) \in \mathcal{E}$ éleknél két kapcsolódó szállítási áramlás van, $f_1 : \mathcal{E} \rightarrow R^+$ és $f_0 : \mathcal{E} \rightarrow R^+$. Az első f_1 , a kívánt szállítási feladatokat jelenti, a második az f_0 pedig, az üres szállítási áramlásokat, annak érdekében, hogy a szállítási eszközöket a következő szállítási feladat megbízásokhoz mozgassák, és ez utóbbit üres szállítási áramlásnak nevezünk. Minden $(u, v) \in \mathcal{E}$ élnek van egy $w : \mathcal{E} \rightarrow R^+$ súlya, amely az áramlásnál az egység szállításának költségét jelenti az adott élnél.

Optimum kritérium a szállítási hatékonyság növelésére

Ebben a részben határozom meg és vizsgálom a szállítási rendszer hatékonyságát. Először definiálom a hálózaton a „ C ” költséget, mint az összes szállítás teljes költségét (amit a szállítási feladatok és az üres áramlások együtt határoznak meg).

$$C = \sum_{(u,v) \in \mathcal{E}} w(u,v)(f_0(u,v) + f_1(u,v)) \quad (4.1)$$

Írjuk elő az f_1 kívánt szállítási feladat végrehajtását azon optimális hálózati áramlás megvalósításával, amelynél az üres f_0 áramlást oly módon csökkentjük, hogy eközben megőrizzük a rendelkezésre állást, az üres szállítási eszközök esetében.

$$f_0^* = \arg \min_f \sum_{(u,v) \in \mathcal{E}} w(u,v)(f(u,v) + f_1(u,v)) \quad (4.2)$$

az alábbi K_1 és K_2 korlátozó v. kényszer feltételek mellett:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{K}_1: & 0 \leq f(u, v) \leq f_0(u, v), \quad \forall (u, v) \in \varepsilon \\
 \mathbf{K}_2: & \sum_{\substack{v \in N \\ (u, v) \in \varepsilon}} f(u, v) - \sum_{\substack{v \in N \\ (v, u) \in \varepsilon}} f(v, u) = \sum_{\substack{v \in N \\ (u, v) \in \varepsilon}} f_0(u, v) - \sum_{\substack{v \in N \\ (v, u) \in \varepsilon}} f_0(v, u) \quad \forall u \in N
 \end{aligned}$$

Az első (\mathbf{K}_1) kényszer azt biztosítja az f_0^* esetében, hogy az optimalás az üres áramlat egy működő, meghatározott mértéknél jobban nem növekedhet. A második (\mathbf{K}_2) kényszer az összes csomópontra azt biztosítja, hogy az optimalás áramlás változatlan számú üres járművet hagy az összes csomópontnál, a soron következő feladatokhoz.

A fenti feltételes optimum számítási feladat megoldása határozza meg az optimalás hálózati áramlás költségét:

$$C_{opt} = \sum_{(u, v) \in \varepsilon} w(u, v) (f_0^*(u, v) + f_1(u, v)) \quad (4.3)$$

Ez által, megadható a szállítási intézkedés hatékonyságának definíciója is, amely az alábbi módon írható fel:

$$\eta = \frac{C_{opt}}{C} \quad (4.4)$$

ahol: $\eta \in [0, 1]$,

Ha a szállítási rendszer optimalás, akkor: $\eta = 1$. Általános esetben, az $\eta < 1$ azt mutatja mennyire hatékony a rendszer, mivel százalékot mér azokra az útvonalakra, amelyek valóban szükségesek az összes szállítás lebonyolítására egy adott eszközpark mellett.

Mivel az f_0^* csökkenti az f_0 üres áramlásokat, ezért csökkenti a forgalmi torlódásokat is. Ez által, ennek a hatékonysági intézkedésnek az eredményei egyrészt kiszámíthatók, de a gyakorlatban közvetlenül is ellenőrizhetők a számítások az a GPS pályák időbeni alakulásából is. A valóságban az is előfordulhat, hogy a tényleges szállítási feladatok nem ismertek, csupán a szállítási útvonalak forgalmi nyomainak a regisztrátumai. (Ezen vizsgálatnál, természetesen feltételezem, hogy minden f_1 szállítási feladatnak teljesülnie kell és, hogy ezek a teljes szállítási igényt is képviselik.)

A szállítási feladatok időbeli korlátait ezek az áramlási modellek közvetlenül nem rögzítik, ezért ezzel a kérdéssel foglalkozom az általam javasolt megoldásnál. A témakörben az irodalom csupán, azt a lehetséges megoldást követi, hogy csak az előforduló szállításokat

veszik figyelembe korlátozott időtartam alatt, majd újra számítják a hatékonysági intézkedést minden egyes időszakra vonatkozóan. Egyszerű példával szemléltethető a fenti matematikai modell:

Tekintsünk négy logisztikai céget (I., II., III. és IV.), amelyek a rakományok szállítását bonyolítják négy szállítási pont (A, B, C és D) között. Az I. rakományt szállít B-ből A-ba és üresen tér vissza a felvételre a következő rakományért. A II. hasonló módon mozog az A-ból C-be és üresen tér vissza, a III. a C-ből D-be szállít rakományt és üresen tér vissza, végül a IV. a D-ből B-be szállít és szintén üresen tér vissza.

Legyen $w(u, v) = l$ egységköltség, ahol minden élre $(u, v) \in \mathcal{E}$ teljesül. Ekkor a teljes költség $C = 8$. Ekkor, a példában van egy üres ciklus, amely $A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow C$ között keletkezett és ily módon a szállítási feladatok végrehajthatók egyetlen szállítási eszközzel is, amely az $A \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow B$ -be szállít. Ennek az optimalizált hálózatnak a költsége már jóval kisebb: $C_{opt} = 4$, így az optimált szállítási rendszer hatékonysága $\eta = C_{opt}/C = 4/8 = 50\%$.

Általában, nem feltétlenül biztosított a konkurens beszállítók közötti kooperáció, ezért a továbbiakban a számítás fő célja, a hálózati áramlási probléma, egy önálló logisztikai cég számára történő optimális megoldása. Ugyanakkor, a minimális áramlási költségprobléma megfogalmazása az előzőhöz hasonló módon tárgyalható. Ez esetben, a minimálandó függvény az alábbi módon írható fel:

$$\min_f \sum_{(u,v) \in \mathcal{E}} w(u,v) f(u,v) \quad (4.5)$$

amelynél a korlátozó feltételek az alábbiak:

$$0 \leq f(u,v) \leq c(u,v), \quad \forall (u,v) \in \mathcal{E}$$

$$\sum_{\substack{v \in N \\ (u,v) \in \mathcal{E}}} f(u,v) - \sum_{\substack{v \in N \\ (v,u) \in \mathcal{E}}} f(v,u) = b_u \quad \forall u \in N$$

A fenti összefüggéseknél $c(u, v)$ a maximális élkapacitást jelöli és a b_u a csomóponti (kereslet/kínálat) szükségletet jelenti, amelyeknél a megvalósíthatósági feltételezés:

$$\sum_{u \in N} b_u = 0 \quad (4.6)$$

Megjegyzések a számítás komplexitásával kapcsolatban:

A fenti kutatási területek jól definiálják a problémát, azonban többnyire már a kombinatorikus optimalizálás körébe tartoznak és ezért ezek NP-teljeskörű problémák és a mérettől függően, exponenciálisan növekvő számítási időket igényelnek, ezáltal a gyakorlatban megoldhatatlanok [45]. Célszerű kiemelni a hatékonysági intézkedések kiszámításával kapcsolatban, hogy sok gyakorlati szcenárióban a szállítási hálózatok több ezer csomópontból állnak és lehetséges, hogy a szóba jöhető szállítási utak milliárdjaival is számolni kell. Ezért, elengedhetetlen annak a vizsgálata is, hogy ezt hogy lehet hatékonyan kiszámítani.

A probléma minimális költségáramlási algoritmusának a komplexitásával foglalkozik [77], amely bemutatja, hogy az általánosított költség-skálázási algoritmus dinamikus fák alkalmazásával az egyik leggyorsabb algoritmus és a számítási idő a modell paramétereit tekintve, az alábbi mennyiséggel arányos:

$$O(nm \log(n^2 / m) \min\{\log(nW), m \log n\}). \quad (4.7)$$

Az összefüggésben: $n=|N|$ a csomópontok száma, $m=|\mathcal{E}|$ az élek száma és $W = \max_{(u,v) \in \mathcal{E}} w(u,v)$ a legnagyobb él tömeg és az O , a „nagy Ordó” jelöli, hogy a függvény felülről becsülhető.

Két kombinált matematikai módszer felírása

A gyakorlatban súlyozási szempont lehet az az eset is, amikor cél, hogy a legrövidebb idő alatt a legnagyobb volumenű szállítás valósuljon meg. A (2) kombinatorikus vizsgálatot tekintve, az összefüggésben felírt optimálási célfüggvény alkalmazásával dinamikus optimálás is megvalósítható. A szállítás folyamán megváltoznak a körülmények is. Ezzel kapcsolatban, megadható az alábbi modell prediktív módszer a logisztikai szállítási probléma megoldására. Ehhez, a szűkített hálózati forgalmi modell alkalmazható [108], amely egy tartományban elhelyezkedő „ n ” szektorból álló „ x ” állapotvektorral jellemzett belső hálózati elemet tartalmaz. Ez a dinamikus hálózati cellamodell, egy egzakt matematikai modell a nagyméretű szállításokat lebonyolító hálózatokra és ennek a matematikai modellnek a felhasználása a kutatási területemen két kombinált módszer megfogalmazására ad lehetőséget.

(I.) – Módszer alapján, előre meghatározhatók az egyes útszakaszokon a várható sebességek és az útszakasz hossza alapján számítható ott eltöltendő idő, amely a (2) modell $w(u,v)$ súlyait jelenti az adott útszakasznál és kétirányú mozgást is figyelembe tud venni. Ez egy modell prediktív számítást eredményez és optimális irányítás alkalmazó módszer. A megoldás, több mint egy méréseket alkalmazó eljárás, mivel a mérési módszer csak az adott időpontban fellépő helyzetet, sebességeket, ill., jármű sűrűségeket képes figyelembe venni. Ezzel szemben, a fenti modell-alkalmazás helyettesíti a folyamatos mérést és előre prognosztizál, továbbá a forgalmi állapotjellemzők alapján az egyes esetek közül kiválasztható a szállítás szempontjából optimális megoldás.

II. – Módszer alapján, szintén a forgalom várható alakulását előre figyelembe véve, a konkurenciára bocsájtott minden „kiegyenesített” trajektóriához, - egy megadott időablakot figyelembe véve – előre, számítható a kétváltozós $V_{(t,x)}$ sebesség függvény (felület). Ennek ismeretében, az időablakban elhelyezkedő tetszőleges $[t_0, t]$ intervallumban, az alábbi integrálegyenlet megoldása meghatározza a trajektórián történő áthaladás $x(t)$ út-idő függvényét:

$$x(t) = \int_{t_0}^t V(\tau, x(\tau)) d\tau \quad (4.8)$$

Az optimális trajektória keresés probléma tehát, egy „**A**” kezdő és „**B**” végpont közötti variációs számítási feladat megoldását igényli [109]. Egy trajektória mentén, a t időpontig befutott x hosszúságú út egy $x(t)$ úthossz-függvényt eredményez, amelyhez a „**B**”- pontba érkezéskor egy T eljutási idő tartozik. Ez a leképezés egy J valós funkcionál:

$$J: x(t) \rightarrow T \quad (4.9)$$

A módszer tehát, megadott számú trajektória esetén, a várható szállítási-forgalmi folyamatokat is előre figyelembe véve, képes megoldást adni, a minimális „**T**” célba érési időhöz tartozó optimális útvonal kiválasztásához.

Végül, az alkalmazott hálózati modellt áttekintve az úgynevezett szűkített modellek körébe tartozik. Ennél, a szállítási feladat egy tetszőleges G zárt görbe által körülkerített belső hálózaton történik és ezt vizsgálom. A belső hálózat állapotjellemzői az x_1, x_2, \dots, x_m , járműsűrűségek, amelyeket a modell számít. A G perem mentén azok az s_1, s_2, \dots, s_m , sűrűségű külső (input és output) szektorok vannak, amelyek közvetlen kapcsolatokkal rendelkeznek valamely belső szektorral és ez utóbbiak állapotát mérések alapján ismertnek

tekintjük. A modell $0 \leq x_i(t) \leq l$ és $0 \leq s_j(t) \leq l$ normált járműsűrűség állapotjellemzőket használ ($i=1, \dots, n$; $j=1, \dots, m$). Ez alkalmazható a parkolók esetében is, mivel a parkolók is általánosított szakaszok a modellben. Ennél a modellnél a kapcsolati hipermátrixot alkotó mátrixok közül, csak a K_{11} és K_{12} kapcsolati mátrixok játszanak szerepet, mert általuk képviselve van minden átadás, amely a belső szektorokra vonatkozik. A modellünk differenciálegyenlet-rendszere az alábbi:

$$\dot{x} = \langle L \rangle^{-1} [K_{11}(x, s)x + K_{12}(x, s)s] \quad (4.10)$$

Ahol: $x \in \mathcal{R}^n$, $\dot{x} \in \mathcal{R}^n$, $s \in \mathcal{R}^m$, $L = \text{diag}\{l_1, \dots, l_n\}$, l_i a főátlóban a belső szakaszok hossza ($\forall l_i > 0$, $i=1, 2, \dots, n$), $K_{11} \in \mathcal{R}^{n \times n}$, $K_{12} \in \mathcal{R}^{n \times m}$.

A differenciálegyenlet-rendszer n egyenletből áll, ahol egy általános, i -ik belső szektorra vonatkozó differenciálegyenlet az alábbi:

$$\dot{x}_i(t) = \frac{1}{l_i} \left[\sum_{j=1; (j \neq i)}^n v_{ij} x_j(t) + \sum_{q=1}^m v_{iq} s_q(t) - \left(\sum_{r=1; (r \neq i)}^n v_{ri} + \sum_{w=1}^m v_{wi} \right) x_i(t) \right] \quad (4.11)$$

Az i -ik szektor esetében a v_{ij} , v_{iq} , v_{ri} , v_{wi} az átadási sebességek a hálózat által szabályozottak.

A modell fokozott hatékonyságát adja, hogy a sebességek kialakulásánál, nem csak a járműsűrűségeket, hanem a környezeti és szezonális változásokat is figyelembe veszi a trajektóriák mentén ezen környezeti paramétervektor bevezetésével. Fontos megjegyezni, hogy a modell polinomiális idővel dolgozik és a tartományok particionálásával jelentősen felgyorsítható a futásidő a szimulációs számításoknál. A valós modellezésnél praktikusán, az összes szállítóeszköz útvonal-kódja alapján, a makro-modellből bármely trajektória mentén végig számíthatók a $v(t)$ sebesség és $S(t)$ út-idő függvények.

4.1.2. Összefoglalás

A tézisben a szállítási lánc működését és az azt befolyásoló közúti hálózat lefolyását vizsgáltam. A vizsgálataimban figyelembe vettem a szállítási láncot, mint gráfot és a szállítás során azt a közlekedési környezetet is, amely befolyásolja az ellátási lánc dinamikus működését. Az így létrehozott komplex hálózati dinamikai modell a valóságos folyamatok egzaktabb vizsgálatát szolgálja. A modell alapján megadható a hálózati disztribúció, valamint a hálózaton történő eljutások optimális mozgása és ideje. Ez további új lehetőségeket biztosított a szállítási folyamatok optimális irányítására.

A modellezés során univerzális hálózatot vizsgáltam, melyben csak az α_{ij} diszkrét valószínűségi eloszlást követő változókat adtam meg. A csúcsoknál érvényesülő disztribúciók minden csúcsnál valamely idő és állapotfüggő diszkrét valószínűség-eloszlást követnek. Ezért a csúcsok közötti kapcsolatok vizsgálatánál (pl. mekkora annak a valószínűsége, hogy tetszőleges j -ből tetszőleges i -be történik szállítás/utazás ill., azt érintve), már a véletlen gráfok elméletét is alkalmazhatjuk.

Tézis 2. A nagyméretű nemlineáris közúti hálózatok modern modellezési technikájára támaszkodva, dinamikus modellt adtam meg a logisztikai folyamatok hálózati leírására. A modell lehetőséget biztosít a szállítási folyamatok hatékonyságának növelésére és optimális irányítására.

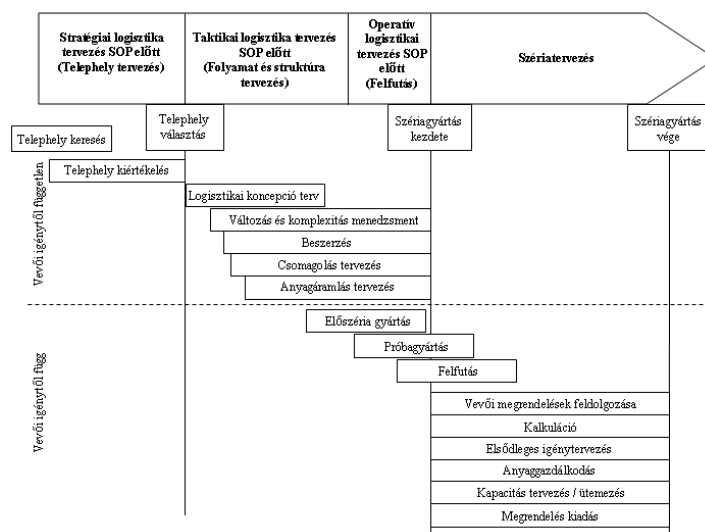
A tézisben megfogalmazott eredményeket tartalmazó publikációk: [D5],[D8],[D10]

4.2. Ellátási lánc dinamikát befolyásoló kapcsolódási szintek vizsgálata

Az autóiipari ellátási láncok állandóan változnak. Az ellátási lánc és annak megfelelő modellezhetőségét a beágyazottság szintje határozza meg. Modellezési szempontból a véletlen gráfok képesek nyomonkövetni, 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 viszonylag statikus gazdasági modellekkel, az evolúciós modellek magukba foglalják az okokat, az alapvető mechanizmusokat, a változások lehetséges következményeit és a meglévő bizonytalanságokat. Azonban a bizonytalanság és a nemlineáris tulajdonság miatt a jövőbeli kutatási irányok nehézkesek és homályosak. A sztochasztikus aktor alapú modellek lehetővé teszik a hálózatfejlődés folyamatának elemzését és meghatározzák a különböző irányító tényezőket ebben az összetett folyamatban. Ezzel ellenkezőleg, standard regressziós modellek alkalmazhatóak a hálózati adatokra mivel a megállapítások függetlensége kifejezetten kizárható hálózatok esetén [13].

Érvényes megállapítás, hogy az autóiipari ellátási hálózatban rejlő kapcsolatokat bizonyos fokú determináltság jellemzi és a szervezetek üzleti elvek alapján szerveződnek (pl. beszállító-vevő kapcsolat előre meghatározott szerződés alapján). Matematikai módszerek körében, ezeket a jelenségeket véletlen gráfokkal lehet modellezni, ahol a csomópontok sztochasztikusan választódnak ki. Ez az állítás csak bizonyos mértékig (operatív szint) érvényes az ellátási lánc esetében, mivel az abba belépő és kilépő vállalatok közötti együttműködés stratégiai és taktikai szinten (hosszú távú megállapodások) kerül meghatározásra. Tekintettel arra, hogy egy autó több mint 10000 alkatrészből épül fel, a hálózat megszámlálhatatlanul sok csúcsot (szervezetek) és az azokat összekötő éleket (együttműködések) tartalmaz. Az új kapcsolatok létrejötte, valamint a meglévő együttműködések megszüntetése befolyásolja az ellátási lánc hálózatának növekedését, széttagoltságát és így a szerkezetét is. Az aggregált hálózati perspektívából ez folyamatosan változó struktúrákat eredményez, ezért az ellátási hálózatok és azok fejlesztésének modellezése érdekében szükség van egy inherensen dinamikus keretrendszerre [25].

Az ellátási láncban lévő determinisztikus vagy sztochasztikus folyamatok megkülönböztetésében fontos szerepe van annak, hogy a vizsgálatot milyen mélységben, az ellátási lánc mely szintjén végezzük. Ilyen szempontból vertikális és horizontális mélységet különböztettem meg. A tézis értelmezésében vertikális tagoltságnak tekintem, amikor az egyes vállalati vezetési szinteket (stratégiai, taktikai, operatív) vizsgálom és horizontális, mikor az egyes szinteken belül vizsgálom az üzleti folyamatok lefolyását. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy egy adott folyamat az ellátási láncban nagy valószínűséggel megjósolható aszerint, hogy az értéklánc mely vezetési szintjén helyezkedik el. Példának okáért egy nagy autógyár termelési programja már napokkal, hetekkel előre megtervezett és ismert, hogy mi fog egy adott pillanatban gyártásba kerülni. Ezt lebontva az ellátási lánc operatív szintjére, ahol a beszállítók is bekerülnek az értékteremtési folyamatba a rendszer komplexebbé válik [30]. A 19. ábra mutatja az autóiipari logisztikai tervezés fázisait a különböző szinteken.



19. ábra A logisztikai tervezés fázisai és feladatai fejlesztéstől a szériagyártás befejezéséig [122]

Az időbeli elkülönültség és adatfeldolgozás miatt korántsem biztos, hogy ugyanolyan irányelvek mentén fogja egy beszállító a termelését is irányítani, amilyen ütemben egy autógyár termel. Ezen folyamatokat tovább bonyolítja, hogy JIT vagy nem JIT beszállítóról beszélünk, illetve befolyásoló tényező a beszállított alkatrészek összetettségi foka. Ha egy komponens hiányzik az előre eltervezett termelési folyamatból valamilyen előre meg nem jósolható ok miatt, akkor az egész termelési terv borul. Ezek a folyamatok jól modellezhetők a véletlen gráfokkal. Ilyen szempontból tehát az autóiipari ellátási láncok rendkívül regulárisak.

A tézis igazolása során eltekintek az operatív szint részletes elemzésétől, mivel azok néhány kiragadott példája az 1. és 2.. tézisben elemzésre került. A vizsgálat jobbára a taktikai és stratégiai szintekre terjed ki és a hangsúly az ellátási láncban résztvevők közti kapcsolatrendszerek leírására tevődik, mivel a különböző szinteken különböző gyakorlati problémák jelennek meg.

Stratégia	Makroszkópikus
Taktikai	Mezoszkópikus
Operatív	Mikroszkópikus

4. Táblázat A vállalati stratégiai szintek ajánlott modellezési megközelítései (saját szerkesztés)

4.2.1. Stratégiai szint (3-5 év)

Stratégiai szinten realizálódnak azok a döntések, amelyek a működést hosszabb távon befolyásolják. Főbb problémák, melyek az ellátási lánc szempontjából felmerülnek: make or buy döntések, a stratégiai beszállítók kiválasztása (helyi, regionális, globális), stratégiai szintű telephely döntések (pl. egy autógyár egy járműmodellt hol gyárt és ez hogyan hat az adott régióra fejlődésére, visszafejlődésére), szervezet kialakítása (centralizált, decentralizált), beruházások kérdése (világpiacokra termel, vagy vevőhöz közeli), infrastrukturális kérdések. Az infrastrukturális és az intézményi korlátok stratégiai és taktikai szinten érvényesülnek többnyire, míg a hálózati korlátok inkább operatív szinten jelentősek.

Stratégiai szinten a kapcsolatokat modellezni a többi szinthez képest egyszerűbb, mert itt köttetnek meg azok a szövetségek, melyek hosszútávra meghatározzák pl. egy beszállító és egy autógyár közti együttműködést, tehát ezeket főként determinisztikusnak tekintem.

Ez következik abból is, hogy az autóiparban jelenlévő minőségi követelmények miatt (ISO 16949 szabvány) minden alkatrésznek keresztül kell esnie egy úgynevezett bemintázási folyamaton (PPAP), amelyet az autógyárak írnak elő, de ugyanez igaz az ellátási lánc alsóbb szintjein is. Ezek különböző validációs, laboratóriumi tesztek jelentenek és az esetleges nem megfelelések jelentősen befolyásolják az ellátási lánc létrejöttének alakulását. Ezért egyrészt időben több hónapig tartó (anyag)vizsgálatok sokasága és kiértékelése, másrésztől viszonylag magas költséggel (adminisztráció, mérőeszköz kalibrálás, laboratóriumi stb.) járó tesztelések folyamata megy végbe. Ebből fakadóan egy új beszállító bevezetése sem egyik napról a másikra történik. Természetesen itt is vannak kivételek, mert ha egy adott termékre több beszállító van validálva (dual source) akkor lehetséges a viszonylag gyors átállás teljes értékű 100%-os beszállításra csak egy

beszállítótól. Ilyenkor a folyamat már single source-nak, azaz egy kizárólagos beszállítótól történő beszerzésnek tekinthető. Másik ilyen ok lehet az esetleges beruházási (pl szerszámozási) költségek kérdése, melyek egy esetleges beszállító váltáskor megnőhetnek, ami aztán a termék árában jelentkezik.

Így egy alkatrész egyetlen beszállítótól való függősége, jelentős korlátozást jelenthet az ellátási láncnak, mint egésznek. Ezen a szinten kell vizsgálni szintén a beszállító kiválasztást, mely meghatározza az ellátási rendszer működését. A gyakorlatban az terjedt el, hogy az autógyárak nagyon ritka esetben alkalmazzák az single sourcing-ot azaz, hogy egy főalkatrész beszerzése kapcsán csak egy beszállítóval állnak kapcsolatban. Minden autógyár arra törekszik, hogy fenntartsion egyfajta egyensúlyt, ezért ugyanazt az alkatrészt habár különböző modellekre, de több beszállítótól szerzi be. Az autógyár egy-egy fő alkatrésztípusnál (commodity) 2-3 partnerrel dolgozik, hogy meghagyja az alternatív beszállítás lehetőségét, melyet nyilvánvalóan gazdaságossági szempontok is befolyásolnak. Az autógyárak is igyekeznek fenntartani azt az egyensúlyt beszállítói között, amely megfelelő biztonságot ad abban az esetben, ha valamelyik beszállítóval valamilyen probléma adódna (akár gazdasági, akár műszaki, akár innovációs jellegű). Ezért fordulhat elő az, hogy sokszor nem pusztán ártényezők befolyásolják a beszállító kiválasztást, hanem biztonságkockázati (risk management témaköre) szempontok is. [89],[158].

Ennélfogva, a stratégiai szinten lévő beszállítói kapcsolatok determináltak, ugyanakkor irányultság szerint különbözőek. Egy beszállító több OEM-el lehet kapcsolatban és egy beszállítónak szintén több albeszállítója lehet (részletesen a következő tézisekben). Ahogy haladunk egyre lefelé az ellátási láncban a hálózat szélesedik. Kivételt képeznek olyan stratégia szövetségek, ahol egy beszállító szorosan integrált az autógyár termelésébe, illetve azok az alkatrészcsoportok, melyeket vertikális integráció keretében az autógyárak maguk gyártanak le. Az utóbbiak jellemzően fő alkatrész elemek, gyártási technológiájukat magas fokú automatizáltság jellemzi, mely által kevés manuális összeszerelési tevékenységet igényelnek. A stratégiai szövetségekben fontos a beszállítók korai bevonása. Ugyanakkor meg kell említeni, hogy a beszállítói szövetségek bizonytalan környezetben megmutathatják negatív hatásukat a rugalmasságukra, mivel elveszik az a szabadság, hogy egy alternatív beszállító kerüljön rövid határidőn belül a portfólióba. Ugyanezt a tényt erősíti meg [137] és implicit módon kiemeli a szállítói bázis csökkentésének gyakorlati hátrányait is, amelyek az utóbbi évtizedekben gyakoribbá váltak az autóiparban.

Autógyárak esetén a továbbértékesítés egyfajta meghatározott rendszerben (nevezhetjük kvázi franchise-nak is) történik, melynek kapcsolódás elméleti szempontból legfőbb

sajátossága talán az, hogy a hálózat tagjai szinte kivétel nélkül determinisztikus kapcsolatrendszerrel rendelkeznek. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy mind a beszállítók, mind a „vevők”, azaz az autószalonok felé kötött szerződéses kapcsolatok állnak fenn. Az autógyárak nagyon ritkán, vagy kevés esetben értékesítenek új autókat a végfelhasználóknak (többnyire inkább csak luxus, és egyedi nagy értékű megrendelések esetén), a márkakereskedések pedig a saját márkájuknak köszönhetően központilag irányítottak.

4.2.2. Taktikai szint (1-3 év)

Középtávú tervezési ciklus, determinisztikus és sztochasztikus kapcsolatok keveredése, de jellemzően determinisztikus lefolyású változókkal. Ellátási lánc szempontból fontos készletezési kérdések elveinek meghozatala, szállítási és csomagolás koncepciók, keretszerződések, erőforrás-tervezés. Itt jelenik meg a korábban említett trade-off-ok többsége. Az összeszerelés és a logisztikai folyamatok optimalizálása között trade-off van, ezért a két folyamat kapcsolódásait tervszerűen kell meghatározni az alacsony tőkebefektetések és a magas működési hatékonyság elérése érdekében, mely szintén taktikai szinten valósul meg. Egy másik trade-off a rugalmasság és a gazdasági hatékonyság között van. A rugalmasság további tőkebefektetéseket okoz, ami növeli az egységre jutó fajlagos költségeket [80].

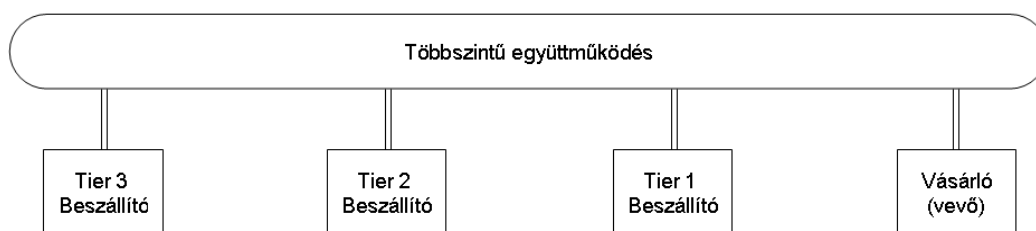
Hol az optimum? Tipikus példák: magasabb készletek tartása vagy beszállítások sűrítése. Termelési logisztikában: egy batchben gyártás, vagy individualizált gyártás. Ezen kívül a taktikai tervezés tartalmaz egy megközelítő logisztikai iránymutatást a részletesebb tervezéshez. A részletes koncepció kiterjed a késztermékek (autók) darabjegyzékére, a csomagolási utasításokra, a beszállítóktól a gyártósor végéig terjedő részletes anyagáramlásra, a szállítmányok, helyszükséglet és személyzet számított értékére [122].

Taktikai szinten fontos az ellátási láncok együttműködésének realizálása. A megváltozott kereslet-kínálatról szóló információt az ellátási lánc minden szintjén ki kell terjeszteni, ahhoz hogy a teljes hálózat az új helyzetnek megfelelően működjön. Ha például az OEM-nek és a beszállítóknak az egymás alatti szinteken heti tervezési ciklusa van, akkor több hétig tarthat, amíg egy megváltozott vagy új keresleti jel el nem éri a legelső szintű szállítót [128].



20. ábra Egyszintű együttműködések láncolata [128]

Az ellátási lánc információcseréjének felgyorsítása érdekében többlépcsős együttműködést szokás létrehozni, amely közvetlenül összekapcsolja az végfelhasználót az 1., 2. és 3. szintű beszállítókkal. A 21. ábra egy ilyen többlépcsős együttműködést jelenít meg. Az ellátási lánc minden tagja ugyanazt a "ütemet" használja; a keresleti és a kínálati változásokra vonatkozó információk egy tervezési cikluson belül eljutnak az összes ellátási lánc tagjaihoz [66]. A Daimler egy többszintű együttműködést vezetett be, amely összekapcsolja az 1.-7. szintű beszállítók folyamatait az ajtómodulok összeszerelésére [52].



21. ábra Többszintű együttműködés [128]

Az együttműködés tehát olyan eszköz, amely lehetővé teszi az ellátási lánc integrációját és globális optimalizálását. Célja az ellátási láncban rejlő lehetőségek felismerése a technológia révén történő kiaknázása, ösztönözve a megnövekedett verseny és a várható előnyök által [127].

Így elmondható, hogy a taktikai szint egyfelől determinisztikus, mert pl. itt születnek meg a koncepciók, ugyanakkor több rugalmasságot enged meg, mert akármilyen változás véletlenszerűen, viszonylag rövid idő alatt is végbemehet. Az ellátási lánc egyre mélyebb szintjein alakulnak át a rendszerben résztvevők közötti folyamatok meghatározottból, kevésbé meghatározottra. Ezáltal, átmentet képezve, a sztochasztikus és determinisztikus jelenségek egymásra kölcsönhatással vannak.

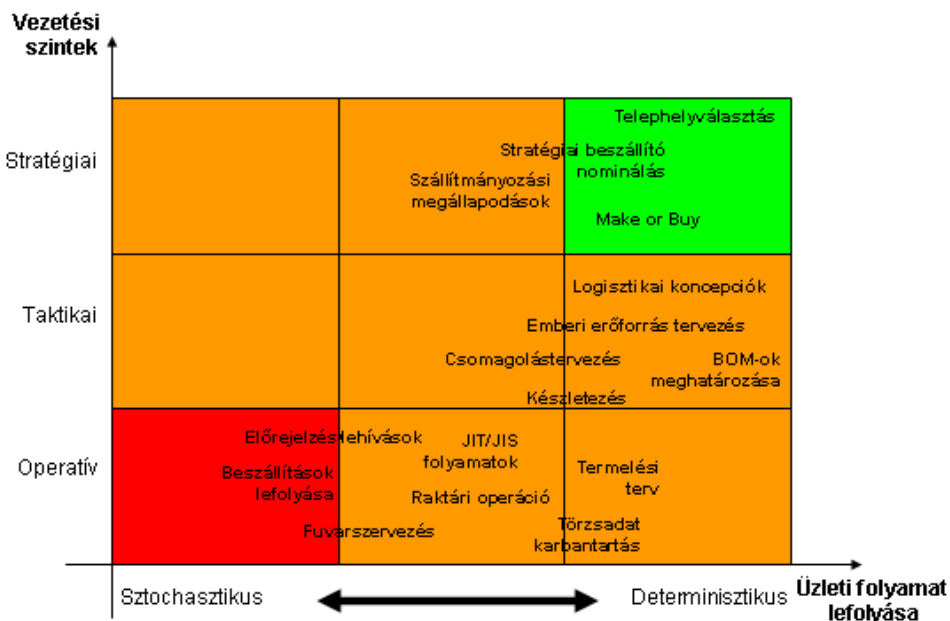
4.2.3. Operatív szint (0-1 év)

Számos szakirodalom foglalkozik a termelési rendszer és a logisztikai rendszer közti integrációval stratégia szinten, úgymint telephely és szállítási mód választás [10], [56],[96],[141]. Azonban, kevés tanulmány készült ugyanezen problémák operatív szinten történő, napi problémák megoldására. Ez a szint a rövidtávú (0-1 év) és napi működés feladatait valósítja meg, amely szegmensben jelennek meg a legjobban a pozitív rendszer elemei, amit a 2. tézisben részletesen is ismertettem.

Operatív logisztikai szinten az információáramlás OEM és Tier 1-es beszállítók között részletes előrejelzés (pl. gördülő forecast), rövidtávú termelési terv (pl. egy hét), tervezett és fix szekvenciák (pl. 2-6 óra) formájában valósul meg [65]. Cél a rendszer folytonosságának biztosítása, ugyanakkor a sztochasztikus jellemzők nagyban befolyásolják a hatékonyságot. A termelési tervek nem teljesülése visszavezethető tervezési problémára, kommunikációs probléma az egyes alrendszerek között, melyek lehetnek akár IT eredetűek is, erőforráshiány (ember, gép, anyag), vagy vis major esetek. A hiányzó alkatrész az ellátási lánc minden szereplőjénél jelentkező probléma, melynek költségei exponenciálisan növekednek, ha az autógyárak szintjét eléri (súlyos pénzbüntetések sorállásért). A késői szállítások, biztonsági készlet hiányában, általában borítják az előre eltervezett működést, mely újabb és újabb erőforrások átcsoportosítását teremtheti elő a zavartalan működés érdekében.

4.2.4. Összefoglalás

Operatív szinten tehát számos sztochasztikus jelenség lép fel és a rendszer, kevesebb determinisztikus kapcsolatrendszerrel rendelkezik, ugyanakkor még mindig kérdéseket vehet fel, hogy mitől tekintjük a sztochasztikusnak, vagy éppen determinisztikusnak. Szintén fontos az idő szerepének vizsgálata, hogy mit tekintünk még determinisztikusnak pl. egy 3 napra előre kiadott termelési terv is a maga nemében determinisztikus, ha nem változik. Azzal kapcsolatban, hogy milyen mélységében vizsgáljuk az autóiipari ellátási láncban végbemenő folyamatokat, szintenként különböző modellek figyelhetőek meg.



22. ábra Üzleti folyamatok beágyazódása az autóiipari ellátási lánc különböző szintjein (saját szerkesztés)

A kutatás során felállítottam a logisztika eszközeinek beágyazódását az egyes vállalatvezetési szinteken, figyelembe véve azok determinisztikus és sztochasztikus tulajdonságait. Ennek segítségével a 22. ábrán szemléltem az autóiipari üzleti folyamatok elhelyezkedését

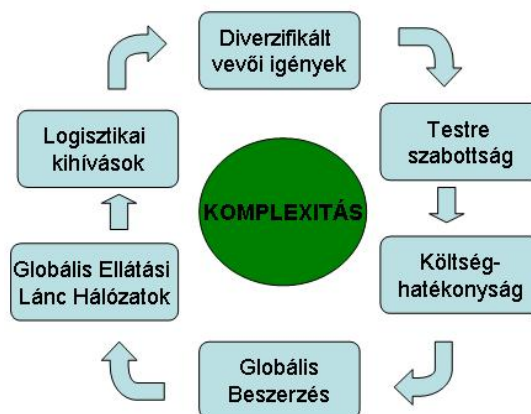
A kidolgozott kategorizálás segítségével szolgál, hogy mely tényezőket érdemes megvizsgálni illetve figyelembe venni a tervezési feladatok indításakor. Gyakorlati szempontból felhívja a figyelmet az ellátási lánc kritikus elemeire, amely a bizonytalanság elkerülés céljából fontos támpontot adhat a koncepciók kiválasztásakor.

Tézis 3. Kimutattam, hogy az OEM és beszállító közötti kapcsolatrendszer irányítási szintenként eltérő bekövetkezési valószínűséggel rendelkező input adatot dolgoz fel. Kategorizáló jellegű modell keretet hoztam létre a logisztika tágabb értelemben vett eszközeivel, figyelembe véve az üzleti folyamatok determinisztikus és sztochasztikus jellegű tulajdonságait. Ez a megközelítés gyakorlati szempontból hívja fel a figyelmet az ellátási lánc kritikus elemeire, így a bizonytalanság elkerülése céljából fontos támpontot adhat a stratégiai és taktikai koncepciók kiválasztásakor.

A tézisben megfogalmazott eredményeket tartalmazó publikációk: [D5],[D8],[D10]

4.3. Véletlenszerűségeen alapuló hálózatelméleti párhuzamok

A hálózatelmélet fogalma általánosan használt és számos kutatási téma tárgyát képezi. Méretéből adódóan az autóipar ellátási hálózatának egyetemes meghatározása nehézkes, mivel azok természetükben összetett rendszerek. A komplexitás következményeként a járműipar számtalan kihívással szembesül napjainkban. A személyre szabott megoldások, melyeket a végfelhasználók igényei determinálnak, magas szintű versenyt eredményeznek az ellátási láncban, melyek rugalmas és intelligens mérnöki megoldásokat igényelnek [29].



23. ábra Autóipari ellátási láncok integrált komplexitás-modellje (saját szerkesztés [29])

A komplexitás miatt csak azok a szervezetek tudnak hatékonyak maradni, melyek törekednek a kockázatok és komplexitások redukálására azáltal, hogy megfelelő előrejelzési módszereket alkalmaznak, és folyamatosan monitorozzák a vevői elvárásokat, [75]. Mindezek ellenére is léteznek előreláthatatlan, sztochasztikus befolyásoló tényezők, ezért a bizonytalanság elkerülése az egész ellátási lánc minden szintjén fontos szerepet játszik.

4.3.1. Leírás skálafüggetlen hálózatokkal

Melyek azok a rendszerek, amelyek komplexként írhatóak le? Például a sejtek, melyek az életfunkciókat támogatják, az agy, a társadalom, a gazdaság. Mindegyik egy nagyon összetett rendszer, amely a meglévő alkotóelemei közötti interakciók által működik. Ezek olyan hálózatok, melyekben valami lejátszódik, de valójában a komplexitás nem értelmezhető a hálózatok működésének megértése nélkül [3].

A hálózatelmélet választ adott arra, hogy milyen módon lehet vizsgálni a hálózat belső kölcsönhatásait, mi az egyes kölcsönhatások jelentése, melyek a kölcsönhatások céljai, hogyan járulnak hozzá az egyes kölcsönhatások a hálózat megfelelő működéséhez. Van

néhány általános hálózati tulajdonság, mely felfedezésre került az elmúlt két évtizedben. Az egyik legfontosabb tulajdonság ezek közül is a csomópontok köré épülő, úgynevezett skálafüggetlenség. A skálafüggetlen hálózatok tipikus tulajdonsága, hogy nem demokratikusan szerveződött hálózat, nem olyasfajta hálózat, amelyben mindenkinek azonos számú kapcsolata van, hanem inkább kiegyensúlyozatlan [2]. 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 nem minden autógyár kapcsolódik minden autógyárhoz, hanem más kisebb egységek (beszállítók) kapcsolódnak egy vagy több hubhoz (autógyárhoz), ezáltal néhány nagy hub tartja össze a hálózatot.

A hálózatok valós struktúrája 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, beszállítók, disztribútorok csoportja, melyek jobban ismerik a csoporton belüli tagokat (pl. versenytársak ismerik egymást). Így látható, hogy a hálózatban van egy nagyon sűrű klaszter, amely nagyon sok kapcsolattal rendelkezik, de természetesen van sok kapcsolat a külvilág 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 klasztert 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 a hálózat szereplői 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 a működéshez további információk szükségesek, ezért a gyenge kapcsolatok is létfontosságúak lehetnek (pl. kapcsolattartás hivatalokkal, felügyeleti szervekkel stb.). A gyenge kapcsolatok diverzitása nagyon nagy, ezért további vizsgálatuktól a disszertációban eltekintek.

Erdős és Rényi szerint minden csomópontnak statisztikailag egyformának kell lennie [35], ezzel szemben Barabási elmélete azt bizonyítja, hogy a huboknak nagyobb jelentőségük van [2]. Az elméletet az autóiipari hálózatokra alkalmazva az autógyárak az úgynevezett hubok, ahová a beszállítókon, disztribútorokon és egyéb logisztikai szolgáltatók által több csomópont csatlakozik. A beszállítások, melyen a folyamatok végbemennek a véletlen gráf élei, amely azt eredményezi, hogy nagyszámú kis csomópont van (beszállító) és néhány óriás (autógyár). Ez egyben azt jelenti, hogy nincs a rendszernek egy belső skálája, azaz skálafüggetlen. A csúcsok és élek jelentik az anyagáramlási hálózatot, amelyet gráfelméleti és hagyományos teljesítménymutatókkal lehet értékelni a logisztikai teljesítmény mérésére. Az ellátási láncok összetettségét illetően a komplexitási és robusztussági mutatóiként olyan indikátorokat alkalmazhatóak, mint a klaszterezési együttható, az átlagos csomóponti fokszám vagy az átlagos úthossz.

A globális autóiipari hálózatok közlekedéslgisztikai modellje leírható a véletlen (Erdős-Rényi) és skálafüggetlen (Barabási) gráfok kombinációjaként. Egy véletlen hálózat fokszám-eloszlása közelítőleg normális (Gauss) eloszlást követ, amely szerint a csúcsok többségéből hasonló mennyiségű él indul ki, és nincsenek kiugróan magas kapcsolattal (fokszámmal) rendelkező csúcsok. Így a véletlen hálózat egy nemzeti autópálya hálózathoz hasonló, amelyben a csúcsok a városok és az élek az azokat összekötő autópályák. A skálafüggetlen hálózatok hatványfüggvény szerinti eloszlása azt mutatja, hogy a legtöbb csúcsnak csak néhány összeköttetése van, melyet néhány erősen összekapcsolt hub tart össze. Vizuálisan ez nagyon hasonló a légi közlekedéshez, melyben nagyszámú kis repülőter kapcsolódik egymáshoz néhány nagy hubon keresztül. Néhány nagyobb csomópont nagyon sok járatot fogad naponta, ennél több, még mindig nagy csomópont kevesebbet, és többségben vannak azok a repülőterek, ahonnan kevés járat indul [2].

Két szabályban összefoglalható az az algoritmus, amely alapján skálafüggetlen hálózatok generálhatók. A két szabály a következő:

1. A gráf csomópontjainak a száma nem eleve adott, hanem növekszik.
2. Nem véletlenszerűen jönnek létre a csomópontok közötti kapcsolódások, hanem preferenciálisan: egy pontnak a további kapcsolatok kialakítására vonatkozó esélye annak arányában nő, amennyi kapcsolattal a csomópont már rendelkezik [37].

Az autóiipar nyelvére lefordítva ez többféle párhuzamot is mutat. Egyrészt nagy beszállítóknak esetén, melyek több autógyárnak szállítanak be (közlekedéshez hasonló forgalomkeltés), vagy a szétosztásban, amikor egy autógyárból több irányba indul meg a készre szerelt járművek szétosztása. Igaz rájuk a skálafüggetlenség is, mert nem mindegyik autógyárnak

ugyanazok a beszállítók szállítanak be, ami abból adódik, hogy a járművek komplexitásai miatt eltérő az egyes járműgyártók beszállított alapanyagbázisa még akkor is, ha a jármű főegységei ugyanazok. Az autóiipari ellátási lánc nem egy statikus objektum. A világgazdaság teljesítményével, a motorizáció fejlődésével folyamatosan növekszik. A skálafüggetlenség ezért abban áll, ha egy új szereplő megjelenik a láncban, nem teljesen véletlenszerűen fogja eldönteni, hogy hova kapcsolódik, hanem többnyire az erősen csatolt csomóponttal próbál kapcsolatot kialakítani, azaz az autógyárhoz. Mindebből következik az, hogy egy beszállító akár több autógyárhoz is csatlakozhat, mely visszavezethet a gráfelmélet alapjaira. A háló hatékonysága azon múlik, hogy mennyire könnyű szétszakítani. A skálafüggetlen hálók nagyon robusztusak, nehezen esnek szét. Ennek oka, hogy a középpontok olyan erősen tartják össze a rendszert, hogy az nagyon nagyszámú pont hiányában is tovább működik. Matematikailag nem vonatkozik rájuk az az elmélet, amely korábban leírta, hogy esik szét egy háló (paradigmaváltás): ez azt mondta ki, hogy egy ideig a csomópontok eltávolíthatók, de egyszer csak eljön a kritikus érték, ahol a háló hirtelen szétesik. A skálafüggetlen hálózatoknak nincsen kritikus pontjuk. Nagyon sok kis csomópont van és csak néhány nagy kapcsolt. Ha véletlenszerűen esnek ki tagok, akkor a hálózat megmarad. Ez azt is jelenti, hogy hubokat is lehet kivenni, de maga a hálózat nagy valószínűséggel fennmarad. Nagy valószínűséggel az is igaz, hogy a megmaradó csomópontok is képesek kommunikálni egymással. Makroszkopikusan nézve, a hálók önszervezően is működhetnek, vagyis mindegyik autógyár maga dönti el, hogy melyik beszállítóval akar kapcsolatban állni. Minden nagyhálóban jelen vannak a hubok és döntő szerepet játszanak ezekben a hálóban. Ők a kapcsolók az egyének között, rajtuk keresztül lehet eljutni más egyénekhez. Minden önszervező háló természetes módon növekszik (vagy inkább ez a természetes tulajdonsága), a növekedési folyamatnak része az, hogy nagyobb csomópontok könnyebben jutnak új élékhez, ugyanis az új csomópontok a hubokhoz szeretnének kapcsolódni, ott van az új információ, ott a tudás, ott vannak az igazi, újabb kapcsolódási lehetőségek [30].

4.3.2. Kisvilág hálózatok

A hálózatok keletkezését is képesek nyomon követni egyes gráfelméleten alapuló hálózatleírások. A véletlen gráf fix csomópontokból áll és az ezek között létrejövő kapcsolatok alakulása képezi a folyamat dinamikáját. Egy újabb megközelítés, a kis-világ hálózatok elemzése [2],[13] dinamikus gráfokkal dolgozik, ahol nem csak az élék, hanem a csomópontok száma is változik. Ezeknek a hálózatoknak egy másik, tapasztalati

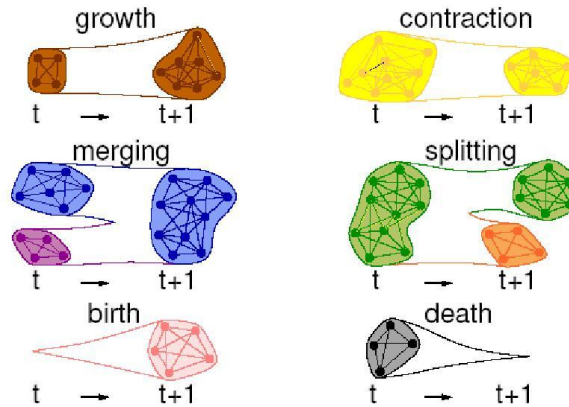
tulajdonsága, hogy a már meglévő kapcsolatok száma nemcsak megadja a csomópontok értékét, de ez az érték egyben kihat annak a versenynek az alakulására is, ami további kapcsolatok megszerzésére irányul [38].

A kisvilág hálózatok felfedezése új keretbe helyezi a hálózattal kapcsolatos korábbi ismereteket. Ez az elv teszi lehetővé, hogy az egész hálózat tetszőleges két eleme között viszonylag kevés lépéssel (közlekedésben: „kevés átszállással”, logisztikában: „kevés átrakóval”) lehet összeköttetést létrehozni [37],[38]. Autóipar esetén a kisvilág tulajdonság mutatkozik meg, amikor egy autógyár speciális terméket szeretne beszerezni és az iparági környezetből adódóan viszonylag könnyen eljut egy olyan partnerhez, aki már gyárt hasonló terméket egy másik autóipari vevő számára. A leszűkített körből adódóan ugyanakkor ezek a beszállítók könnyen beazonosíthatók a hálózat legsebezhetőbb pontjaként is (pl. minőségi hiba esetén), ami a könnyen az üzleti kapcsolat végét is jelentheti.

4.3.3. Hálózati evolúció

Számos szerző foglalkozott a hálózat kialakulásával különféle megközelítésekben. Nikolopoulou és Ierapetritou [101] hibrid leírást javasol a matematikai programozás és a több ügynök alapú szimuláció ötvözésével. Moyaux et al. [97] szerint az ellátásilánc-rendszer modellezhető, mint ügynökök hálózata. Kim és Narasimhan [67] számos olyan hipotézist állított fel, amelyek az OEM-ek és a beszállítók közötti stratégiai szövetségek által vezérelt hálózati fejlődésre vonatkoznak. Egy másik tanulmány három központi téma köré felállított integrált keretrendszert javasolt a hálózat fejlődésére, mely a következőket ötvözi a rendszer felépítése, a rendszer viselkedése és a rendszerszabályok irányítása [4].

Guo és társai [54] egy optimális csatornarendszert vizsgáltak és a bizonytalan paramétereket vették figyelembe az autóipar ellátási hálózatának megtervezéséhez. Szintén Kínában Wang K. és szerzőtársai [146] a Guangzhou autóipari ellátási hálózatának szerkezetét vizsgálta összetett hálózatelméletek alapján. Statisztikai eredményeik azt mutatják, hogy a komplex hálózat rendelkezik kisvilág és skálafüggetlen tulajdonságokkal. Egy hálózatot azonban nem csak statikusan vizsgálhatunk, hanem azt a folyamatot is nyomon lehet követni, ahogy az változik. Ehhez be kell vezetni alapvető, egyszerű változásokat, melyekből felépíthető és modellezhető egy hálózat változása. Ezeket alapvetően nem a teljes hálózatra, hanem a benne lévő klaszterekre célszerű bevezetni [105].



24. ábra A hálózatok fejlődési szakaszai [105]

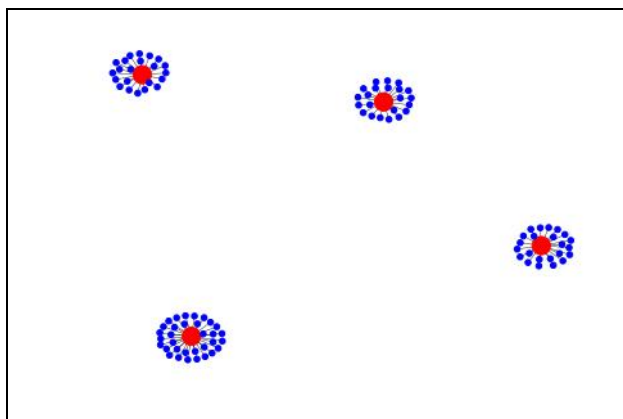
Az 24. ábrán t az időt jelöli. A t időpillanattól a $(t+1)$ -be átlépve látható, hogy milyen események történhetnek a hálózat egy részével, egy klaszterrel. Egy hálózat megnőhet (growth), ez szimbolizálhatja az ellátási lánc bővülését, amely végbemehet egy új csúcshoz való csatlakozásával, valamint már a hálózatban lévő csúcs klaszteresedését is (új beszállítók bevonása az ellátási lánc körébe). Az összehúzódás (contraction) alatt a hálózatból csúcsok esnek ki, amely autópálya 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 autópálya vállalatok egyesülnek (akvizíció). Egy hálózat szakadása (splitting) bizonyos élek elvételével történhet, melynek során az ellátási lánc két vagy több klaszterre szakad szét. Autópálya esetén is egyre jobban jellemző új hálózat születése (birth), mely többféleképpen is végbemehet (pl. Tesla és Google megjelenése az autópálya piacon). Meglévő csúcsokból is kialakulhat egy hálózat, melyet az ellátási láncban jelen lévő alá-fölé rendeltség tart össze, vagy akár frissen a hálózatához 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 köztük lévő összeköttetések szűnnek meg valami miatt (pl. vállalatok felszámolása).

Ahogy a 3. tételben bemutattam, bár az autópálya 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), 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 nem véletlenszerűnek, hanem teljesen véletlenszerűnek nevezik, megkülönböztetve így a többi, valamilyen szempontból preferenciális, de véletlen jelleget is mutató kiválasztástól.

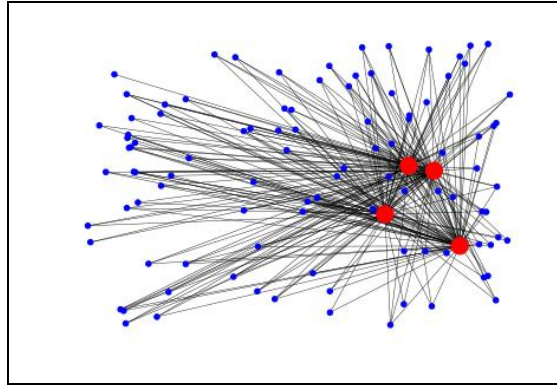
Az ellátási láncok szereplői esetünkben a beszállítók és a nagy autógyári vállalatok. Egy-egy vállalatnak rengeteg beszállítója lehet és van is, ezért a létrejövő hálózat tipikusan olyan, amelyben van néhány hub (ezek az autógyárak), melyekhez sok-sok csúc csúcs kapcsolódik (ezek a beszállítók). A tapasztalat szerint egy beszállító nem szállít minden gyárnak, sőt 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 [25].

Az alábbiakban néhány illusztratív példát mutatok az egyes esetek lehetséges realizációjára. A szintetikus példa 4 nagyvállalat és 100 lehetséges beszállító kapcsolatát modellezi, amely elméletet felhasználok a tézis második részében a magyar autógyári hálózat szimulációjára alkalmazva.



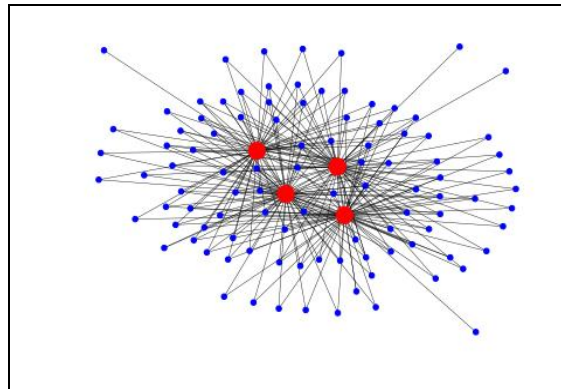
25. ábra Minden egyes beszállító csak egy autógyárhoz csatlakozik (saját szerkesztés [25])

Ha minden egyes beszállító pontosan egy vállalathoz kapcsolódik, minden preferencia nélkül, akkor tulajdonképpen az Erdős-Rényi modell egy esetét kapjuk (25. ábra). Bonyolultabb struktúrát eredményez, ha minden egyes beszállító több vállalathoz is csatlakozhat, de a kapcsolódás valószínűsége azonos (26. ábra).



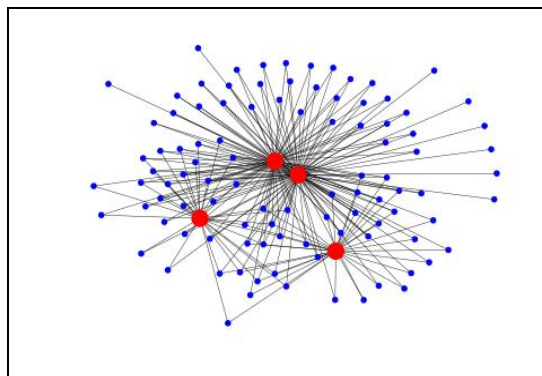
26. ábra Több OEM-hez való csatlakozás azonos valószínűséggel (saját szerkesztés [25])

Amikor a kapcsolódás valószínűsége már nem egyforma, bizonyos pontokhoz nagyobb valószínűséggel csatlakoznak a beszállítók, így ezeknek több kapcsolatuk lesz (27. ábra):



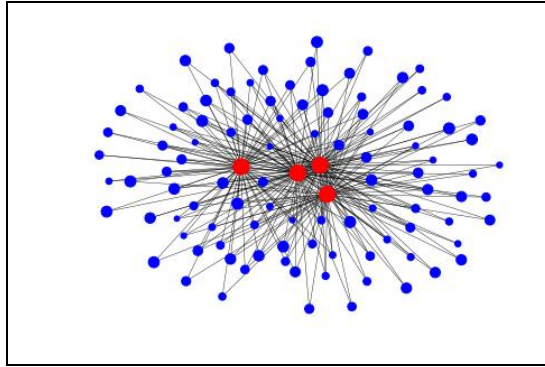
27. ábra Preferenciális kapcsolódás különböző valószínűséggel (saját szerkesztés [25])

Egy másik példa arra vonatkozik, amikor a kapcsolódás valószínűsége már nem egyforma és egy beszállító több vállalathoz is csatlakozhat (28. ábra):



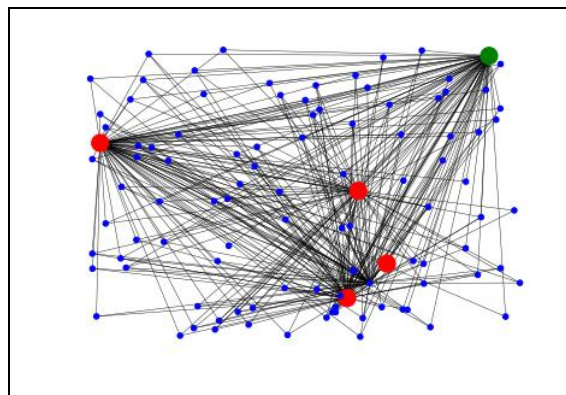
28. ábra Preferenciális kapcsolódás több OEM-hez (saját szerkesztés [25])

A kapcsolódás valószínűségét itt nem csak a vállalatok mérete, hanem a beszállítók feltételezett mérete is befolyásolja (29. ábra):



29. ábra Kapcsolódás méret szerint (saját szerkesztés [25])

Egy új hub (új vállalat) megjelenése természetesen megváltoztatja a hálózatot. A beszállítóknak több lehetőségük van szerződéskötésre (30. ábra):



30. ábra Kapcsolódás új szereplő megjelenésével [25]

4.3.4. Magyarországi autóiipari ellátási lánc szerveződési felépítésének vizsgálata

A 20. század folyamán az autóiipar az egyre növekvő globális piacon gyakorlatilag minden más ipari szektorra kifejlesztett referenciává vált. A termelékeny szerkezetátalakítás gyorsított globális folyamata, az új gyárak eredetének köszönhetően innovatív és hatékony folyamatokkal létesültek a feltörekvő országokba [137]. A progresszív globalizáció és a növekvő költségnyomás egyre inkább arra kényszerítette az autógyártókat és alkatrész-beszállítókat, hogy új termelési helyeket hozzanak létre alacsony bérű régiókban [126]. Éppen ezért Közép- és Kelet-Európa (az ún. CEE) vált népszerű céllá az áttelepítésre, mert az elmúlt két évtizedben számos nagyvállalat ismerte fel a jelentős piaci lehetőségeket Lengyelországban, Csehországban, Szlovákiában, Magyarországon és Romániában. A munkaerőköltség a csatlakozó országokban lényegesen alacsonyabb, mint máshol az EU-ban, ezért a nagy autógyártók ezekben az országokban hozták létre összeszerelő üzemüket, ahonnan a kész járműveket szállítják az EU többi részébe. Ezek az új termelési helyszínek gyakran átveszik az anyavállalatok beszállítóit és vevőszervezetét.

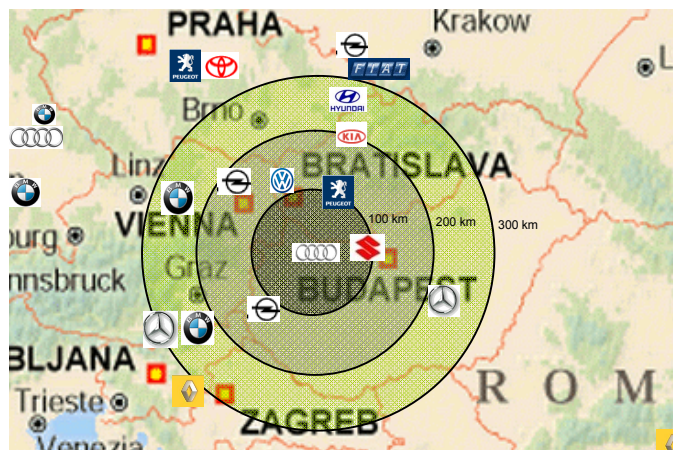
Az áttelepülés irányába haladó tendencia azt mutatja, hogy az árucserre új igényeket és kihívásokat jelent a közlekedés és a logisztika számára. Az autópárházban különösen kiemelt kérdés a közlekedési logisztika költségei, amelyek a Kelet- és Nyugat-Európa közötti intenzív szállításokból származnak. A vállalati hálózati stratégiák és különösen a vállalatok közötti együttműködés az egyik legfontosabb tényező a termelési kérdések, valamint a logisztika, és így a versenyképesség javítása szempontjából is [125].

Az 31. ábrán jól látható, hogy a magyarországi autópárház koncentrációja inkább az északi régióban koncentrálódik, ugyanakkor Kecskemét megjelenésével a délebbi területek autópárházi lefedettsége is növekszik.



31. ábra Magyarország autópárházi szereplőinek elhelyezkedése (saját szerkesztés, Google Maps segítségével)

Az autópárházra globálisan jellemző, hogy a beszállított alapanyagok szállítása nem gazdaságos 2000 km-nél nagyobb távolságra. Következésképpen Magyarország szerencsés földrajzi elhelyezkedésének köszönhetően nagymértékben koncentrálódott az autópárházi tevékenység, mind OEM, mind pedig beszállítói szinteken.



32. ábra A közép-európai járműgyártók koncentrációja [117]

A hazain kívül a német célpiac a meghatározó, de érdekes tény, hogy Szlovákia a világban első az egy főre jutó személygépkocsi gyártásban. A nyugat-európai gyártókapacitások csökkennek, ezekben a régiókban már kiépültek a tervezett gyárak, viszont a keleti piac új távlatokat nyit meg az autóiipar számára.

Részleteiben elemezni minden ország autóiiparát terjedelmében túl komplex feladat lenne, ezért a magyar példán keresztül vizsgálom a kapcsolódások lehetséges elméleti hátterét. A szimuláció célja a magyarországi telephellyel rendelkező vállalatok feltérképezése (legfőképp Tier 1-es szintig) és a topológiából következtethető törvényszerűségek leírása. A felmérés elméleti jelentősége, hogy azonosítsa azokat az összefüggéseket, amelyek jelentős befolyással vannak az autóiipari ellátásilánc-rendszer összteljesítményére. További szempont útmutatást adni az ellátási láncban résztvevő alsóbb szintű beszállítóknak arra vonatkozóan, hogy betöltött szerepük mennyire meghatározó, valamint szintén gyakorlati oldalról releváns lehet nemzetgazdasági tényezők vizsgálatához is.

A vizsgálat során elkészítettem a szóba jöhető beszállítók listáját. (2. Melléklet) Itt jegyzem meg, hogy előfordulhat, hogy a lista nem teljes körű, de igyekeztem lehető legtöbb vállalatot feltüntetni a térképen. Kutatásom éve alatt a lista és a térkép is bővült, melynek lezárása 2017. év végével történt meg. Ebben szempontként veszem az beszállítók méretét (utolsó ismert árbevétel szerint) és a magyarországi OEM-ektől való racionális földrajzi távolságot közúton értelmezve.

A szimulációban feltételezem, hogy az egyes beszállítók kapcsolódásai a modell szerint különböző kritériumok szerint preferenciális valószínűséggel történnek, azaz egyes gyárakhoz eltérő valószínűséggel csatlakoznak. A feltételezés és a realitás alapján ezeket a csatlakozási valószínűségeket mindenképpen befolyásolják az alábbi tényezők:

- Az adott autóiipari 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:

$$P = f(c, b, d) \quad (4.12)$$

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

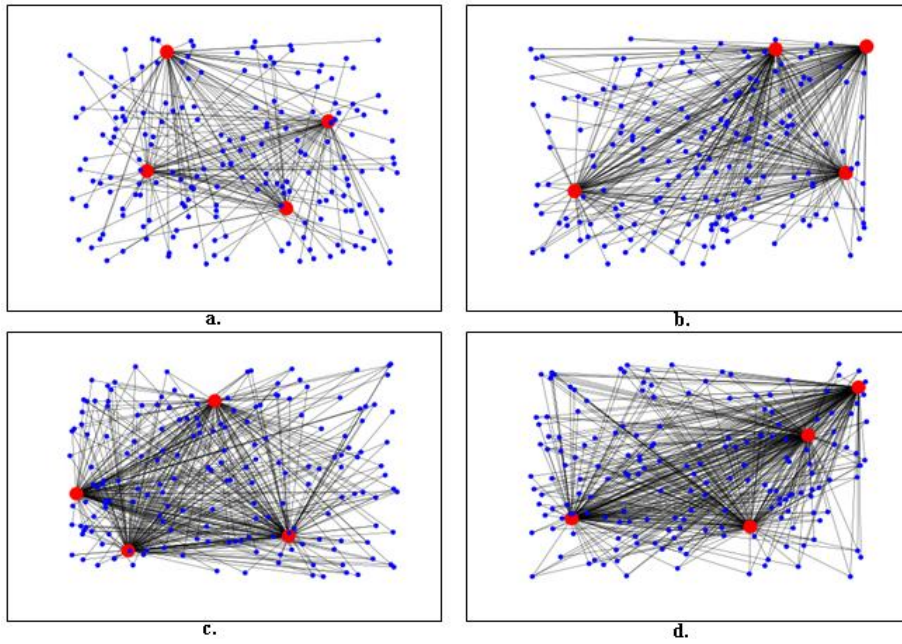
- minél nagyobb c értéke, annál nagyobb P értéke, vagyis az f függvény c -ben monoton növény;
- minél nagyobb b értéke, annál nagyobb P értéke, vagyis az f függvény b -ben monoton növény, továbbá:
- minél nagyobb d értéke, annál kisebb P értéke, vagyis az f függvény d -ben monoton csökkenő.

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, például az alábbiak szerint:

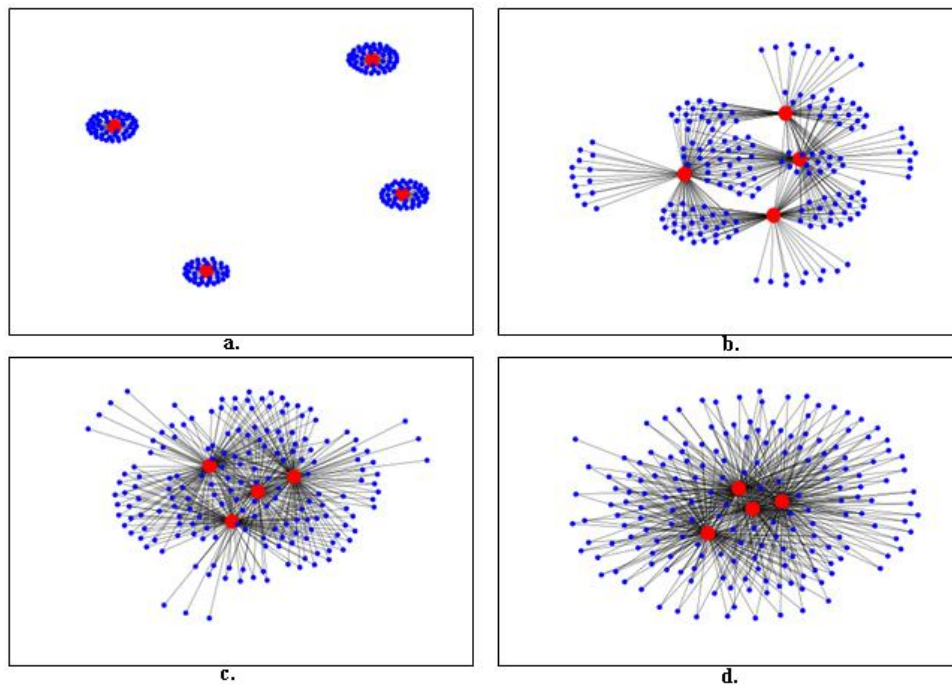
- az egyes változók hatása hogyan aránylik egymáshoz, azaz mekkora az egyes faktorok egymáshoz viszonyított súlya
- ezek az egymáshoz viszonyított súlyok állandóak vagy változhatnak-e (pl. bizonyos esetekben a távolság csak kis szerepet kap)
- mennyire megengedett, hogy egy beszállító több hubhoz is csatlakozzon (nem gyakori az az eset, hogy mindhez csatlakozik, de előfordul, hogy csak egyhez) [25]

Gyakorlatilag a végtelenségig lehetne folytatni a különböző lehetőségek taglalását, melyek mindegyike valamely gyakorlati szempontból fontos jellemzőt vagy viselkedésmintát képez le. Az alábbi ábrák (szimulációs eredmények) a fenti lehetőségek egy-egy elméleti realizációját mutatják be.

Az első esetben (33-34. ábra) egyenletes eloszlás szerint kapcsolódik a beszállító az OEM-hez, azaz mindegyikhez azonos valószínűséggel csatlakozhat. Az alapverzióban pontosan egy céghez kapcsolódhat (a), a továbbiakban legfeljebb 2 (b.), 3 (c.) ill. 4 (d.) partnere lehet.

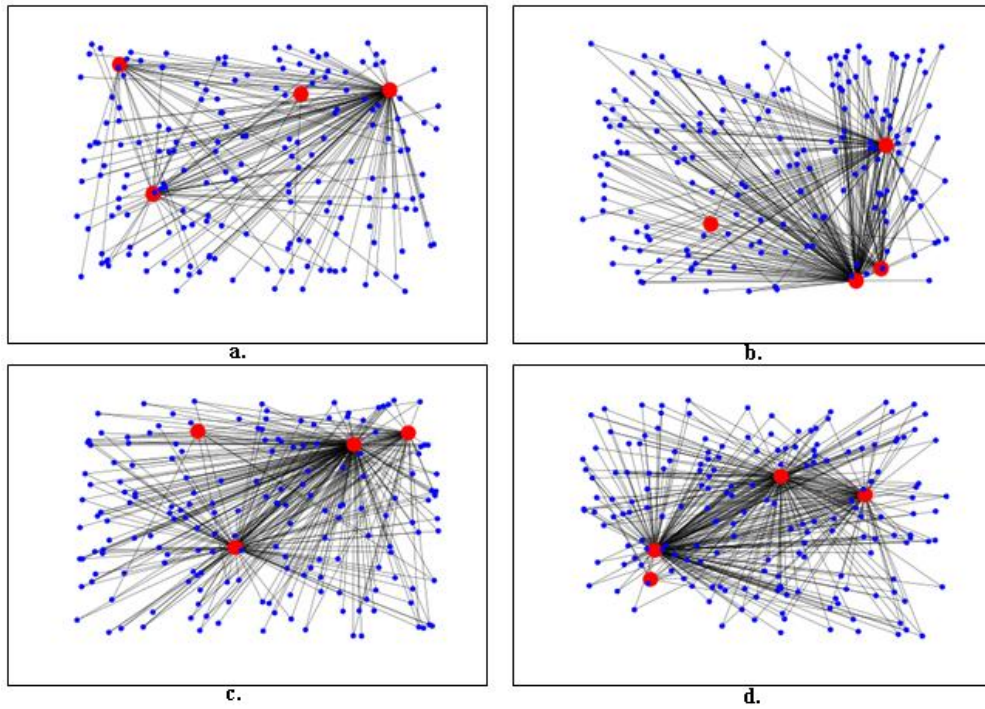


33. ábra Egyenletes eloszlás szerint kapcsolódik egy beszállító az OEM-hez (saját szerkesztés)

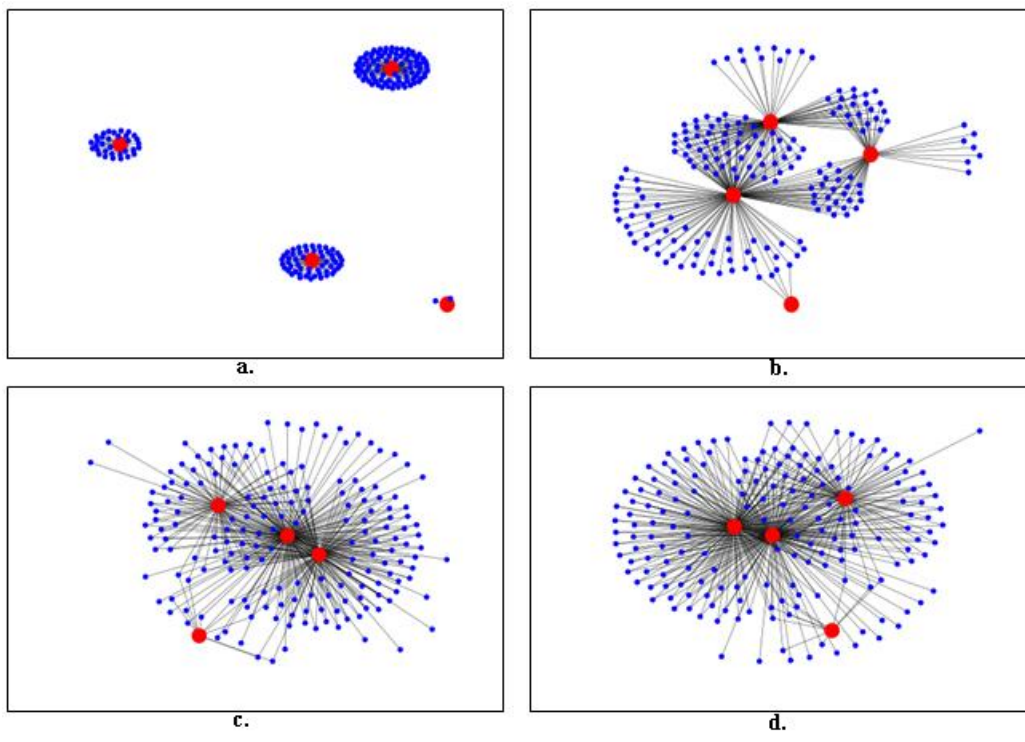


34. ábra Egyenletes eloszlás szerint kapcsolódik egy beszállító az OEM-hez, egy másik topológia szerint (saját szerkesztés)

A második esetben (35-36. ábra) a kapcsolat létrejöttének valószínűségében az OEM nagysága is szerepet játszik, vagyis a nagyobb méretű autógyártóval, nagyobb valószínűséggel jön létre kapcsolat. Ez jól látszik a hálózati struktúrából is, hogy a nagyobb gazdasági potenciállal rendelkező OEM több beszállítót vonz magához (az előző esethez hasonlóan a lehetőségek: pontosan egy céghez kapcsolódhat (a), a továbbiakban legfeljebb 2 (b.), 3 (c.) ill. 4 (d.) partnere lehet).

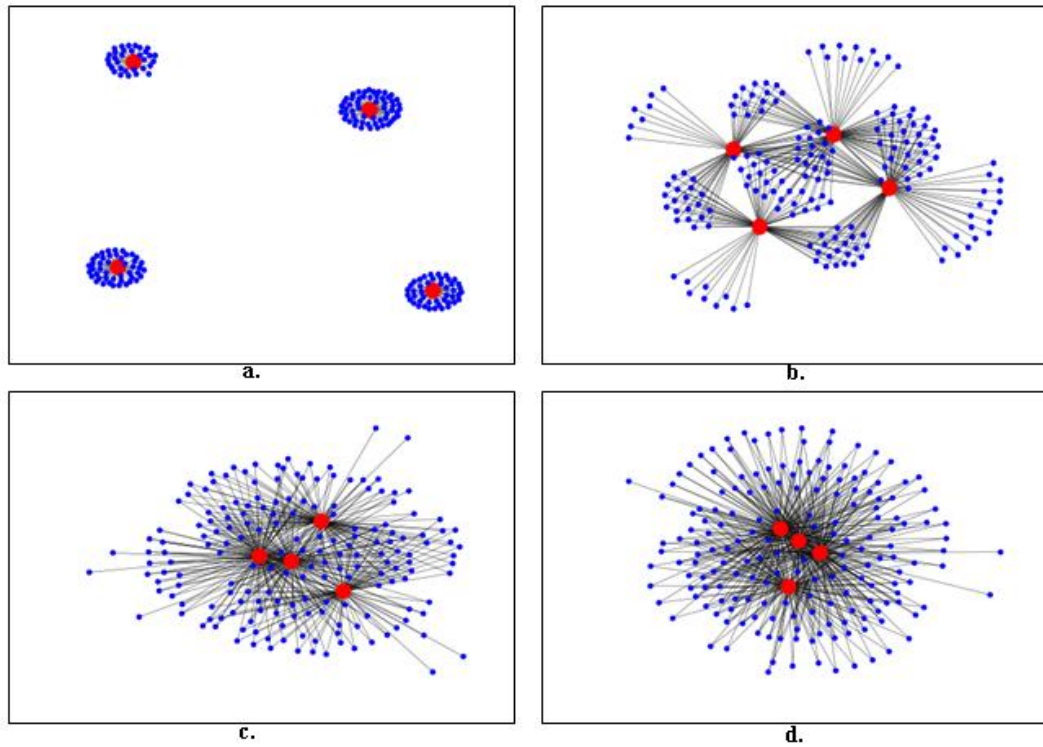


35. ábra OEM nagysága szerinti preferenciális kapcsolódás (Forrás: saját szerkesztés)



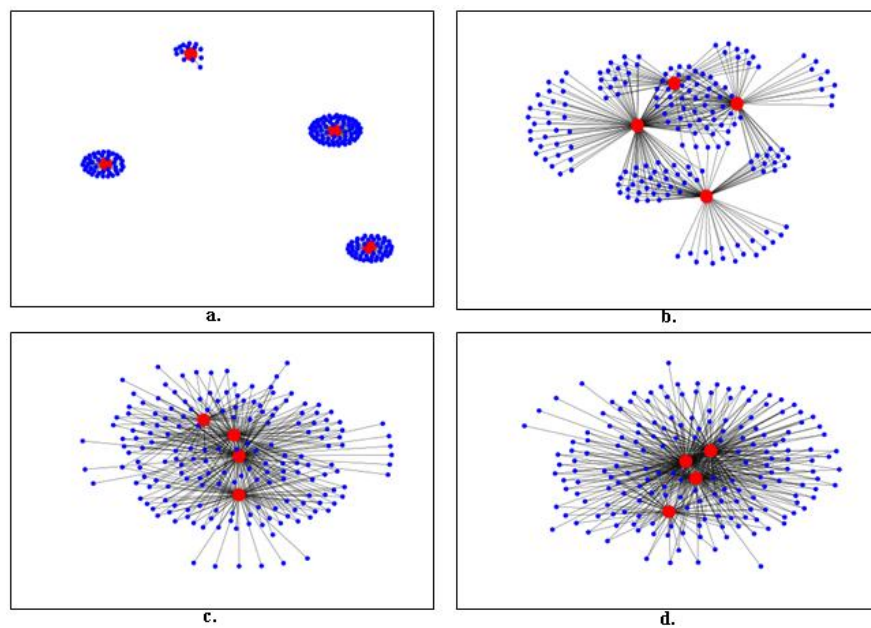
36. ábra OEM nagysága szerinti preferenciális kapcsolódás egy másik topológia szerint (saját szerkesztés)

A harmadik esetben (37. ábra) semmi más, csak a távolság befolyásolja a kapcsolódás valószínűségét. Az ábrán jól látható, hogy viszonylag egyenletes a beszállítók eloszlása a négy OEM között mind a négy vizsgált esetben (pontosan egy (a), legfeljebb 2 (b.), 3 (c.) ill. 4 (d.) partnere lehet).



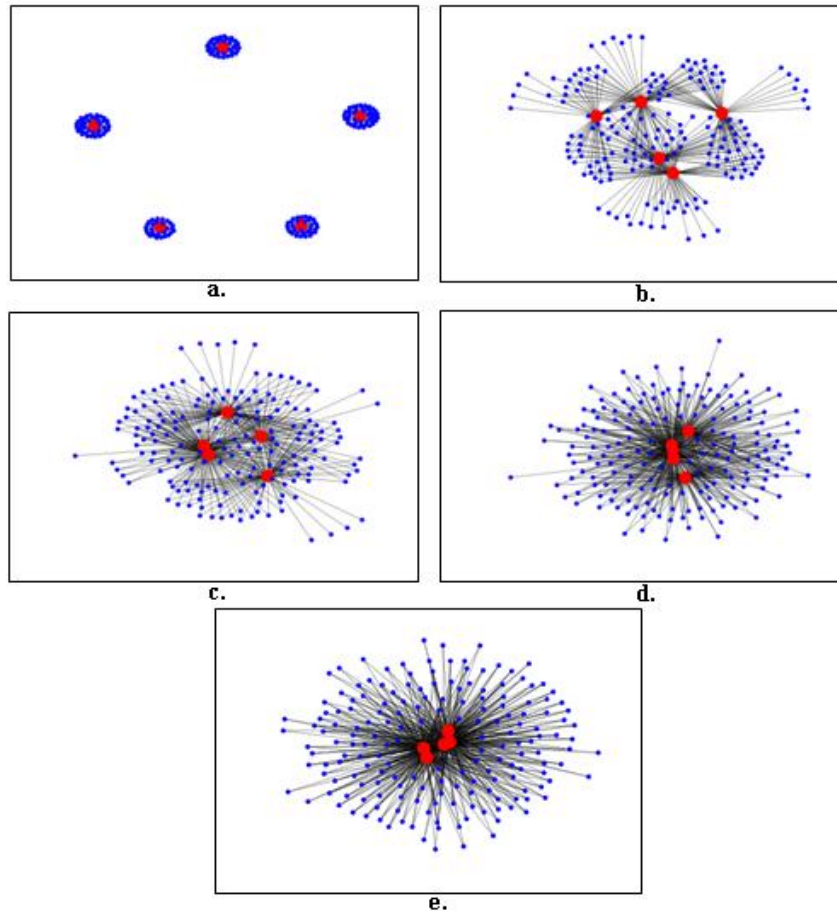
37. ábra A hálózati topológia a távolság alapján számított kapcsolódási valószínűség esetén (saját szerkesztés)

A negyedik esetben (38. ábra) a távolság és az OEM nagysága együttesen befolyásolja a kapcsolat létrejöttének a valószínűségét. Természetesen ez is sokféleképpen megvalósítható, ebben az esetben a kapcsolat létrejöttének valószínűsége a második és harmadik esetben szereplő valószínűségek átlaga.



38. ábra Hálózati topológia, amikor a kapcsolódás valószínűsége a távolságtól és az OEM nagyságától is függ. (saját szerkesztés)

Mivel ismert, hogy Magyarország autóipara a debreceni BMW gyár megépítésével újabb szervezettel bővül, ezért a kutatás során elméletben figyelembe vettem az ötödik lehetséges szereplőt. Mivel a BMW gazdasági mérete még nem ismert, ezért a szimuláció során csak a távolságok alapján értelmezett valószínűségeket vettem figyelembe (39. ábra).



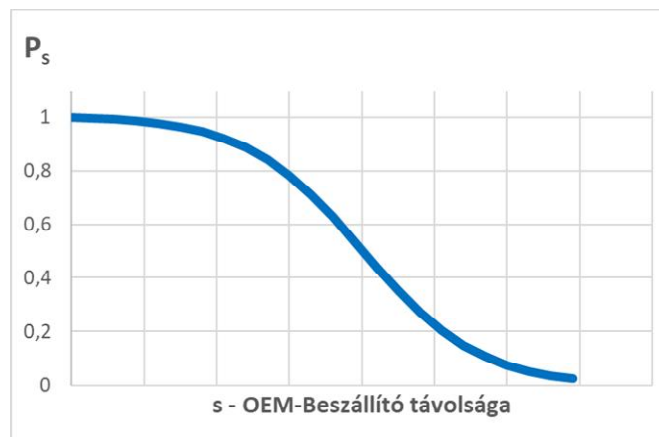
39. ábra Hálózati topológia a távolságtól függő kapcsolódási valószínűségek esetén, négy helyett öt szereplővel. (saját szerkesztés)

4.3.5. Szimulációs modellezés

Az előző fejezetben bemutatott hálózati topológia a kapcsolódási modellre fókuszál, ott a kapcsolódási valószínűségek függőségét linearitás jellemezte. Ezen tényezők pontos értékei nagyban függenek a vizsgált környezettől, versenytársaktól, iparági szektoroktól. Jelen fejezetben megbecsülöm ezen valószínűségi paraméterek viselkedését, nemlineáris relációt állítok fel a függőségi kapcsolat leírására. A valószínűségi értékek meghatározásához olyan függvényeket választottam, melyeknél az értelmezési tartományban vizsgált értékészlet (0,1) helyezkedik el, továbbá nemlineáris korrekcióval pontosítja az adott tényező modellezését.

Az OEM-beszállító távolságfüggő kapcsolódási valószínűségének modellezéséhez olyan függvényre van szükség, ami a kiindulópontnál (0 km) a távolság növekedésével

fokozatosan növekvő mértékben csökkenti a kapcsolódás valószínűségét, majd egy bizonyos pont után csökkenő mértékű csökkenést ábrázol. Ezzel modelleztem a távolságnak azt a hatását, hogy azonos régióban lévő beszállítók nagyobb mértékben versenytársai egymásnak (progresszíven csökkenő szakasz), míg a távolabbi beszállítók más versenyelőnyök mentén érvényesülhetnek, ott a távolság jelentősége egymáshoz viszonyítva lecsökken (degresszíven csökkenő szakasz). Ez a hatás a modell futtatása során kimutathatóvá teszi, ezáltal további elemzés alapjául szolgáltathatja a nem csupán vállalat-tól-vállalatnak (B2B) kapcsolatokat, hanem régióon belüli, régiók közötti kapcsolódási potenciálokat.



40. ábra Kapcsolódási valószínűséget leíró szigmoid függvény távolság alapján (saját szerkesztés)

Az ilyen tulajdonságokkal rendelkező függvényeket szigmoid függvényeknek nevezzük, amelyek közül a logisztikus függvényt választottam a kapcsolódási valószínűség leírásához. Az alapfüggvény vízszintes tengely menti eltolása, nyújtása, valamint 0-nál vett helyettesítési értékével történő osztása után az alábbi összefüggésre adódik:

$$P_s = \frac{e^{-\frac{s}{a}} + e^{-\frac{-s+i}{a}}}{1 + e^{-\frac{-s+i}{a}}} \quad (4.13)$$

ahol:

P_s – OEM és beszállító távolságfüggő valószínűségi változó

s – OEM és beszállító távolsága

i – inflexiós pont (vízszintes tengely menti eltolás)

a – meredekség (nyújtás)

Az OEM-beszállító méretfüggő kapcsolódási valószínűségének modellezéséhez használt lineáris függvényt olyan korrekcióval egészítettem ki, amely csökkenti a méretkülönbségek egyenes arányú hatását. A hatáscsökkentés érdekében a forgalom figyelembevételénél

logaritmikus skálát alkalmaztam, így a forgalom abszolútértéke helyett annak természetes alapú logaritmusát vizsgáltam. Ezen korrekciót alkalmaztam mind az OEM, mind a beszállító mérethatásánál (az alábbi összefüggés az OEM méretével kapcsolatos valószínűségi változót írja le):

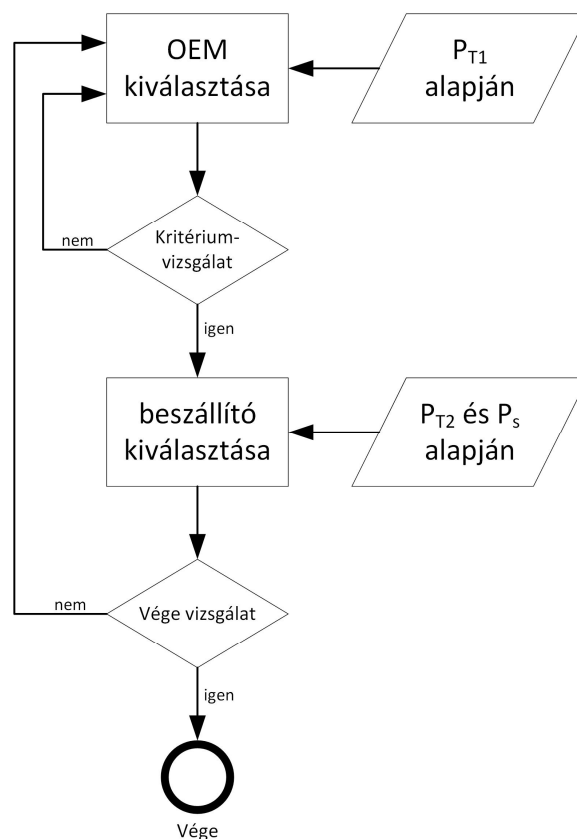
$$P_{T_1} = \frac{\ln T_{OEM_1}}{\ln \Sigma T_{OEM}} \quad (4.14)$$

ahol:

P_T – OEM és beszállító méretfüggő valószínűségi változó

T_{OEM_1} – OEM1 forgalma

Az OEM kiválasztás kritériumvizsgálatánál beépítettem annak a lehetőségnek a vizsgálatát, hogy az adott OEM nem telítődött-e (maximális beszállító). A beszállítók kiválasztásánál megengedhető közös beszállító, továbbá meg is tiltható az, hogy egy már kiválasztott beszállító további kapcsolatot létesíthessen.



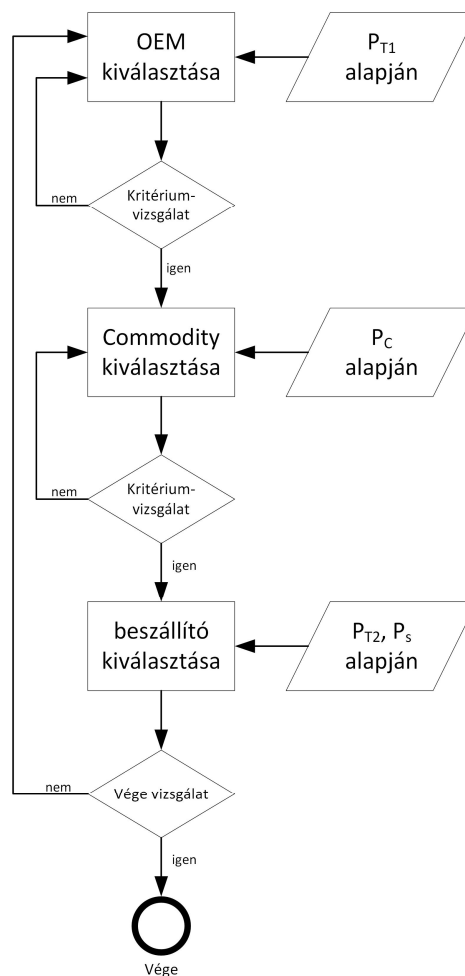
41. ábra Az alapmodell folyamatábrája (saját szerkesztés [26])

Ezen valószínűségi változók adott paraméterek mentén statikus értékekkel rendelkeznek, a modell futtatása közben végig megőrzik értékeiket, továbbá megismételt futtatásnál is változatlanok maradnak, ezért Markov-tulajdonságúak.

Commodity alapú modell

A beszállítók választásának korlátozása nem csak mennyiségi, hanem minőségi szempontok alapján is szelektálható. Egy adott tevékenység ellátására csak azon beszállítói körből nyílik lehetőség, aki azt a feladatot végre is tudja hajtani. Ennél fogva minden beszállítónak hordoznia kell azt a tulajdonságot, hogy mely feladat ellátásra képes.

Jelen modellben ezt az igényt úgy építtem be, hogy az OEM beszállítóválasztást megelőzi a feladattípus (alkatrészcsoport) kiválasztása. Ezután a modell már csak azon beszállítók közül válogat, melyek alkalmasak a feladat elvégzésére, és futtatása az alábbi ábra alapján módosul:



42. ábra Szimulációs modell módosított folyamatábrája commodity kiválasztás figyelembevételével (saját szerkesztés [26])

A modellezés során Commoditynek neveztem azt az adott feladatkört, amit a beszállítók egy csoportja el tud végezni. Itt is lehetőség van azon korlátozó tényező beállítására, hogy egy beszállító hány OEM-hez kapcsolódhat. A modellben az alábbi Commodityket különböztettük meg:

COM01	Öntött alkatrész
COM02	Elektronika
COM03	Exteriőr műanyag
COM04	Interiőr műanyag
COM05	Csatlakozástechnikai elem
COM06	Fém alkatrész
COM07	Festett alkatrész

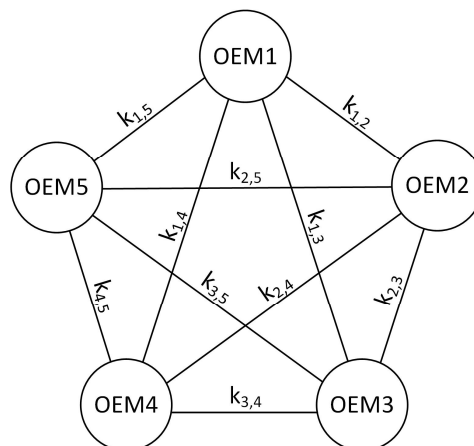
COM08	Erőátviteli rendszer
COM09	Biztonság
COM10	Ülés
COM11	Szolgáltató
COM12	Gumiabroncs
COM13	Láthatóság
COM14	Kábelköteg

5. Táblázat A szimuláció során alkalmazott alkatrészcsoportok (commodity)

Konzernen alapuló preferenciális kapcsolódások

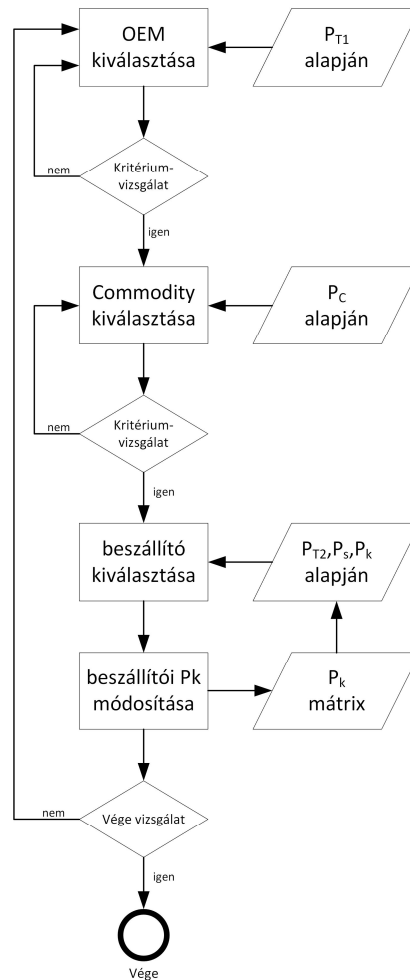
A kapcsolódási modell résztveői alapesetben olyan valószínűségi változók mentén kerülnek párosításra, amely Markov-tulajdonságú, a modell futtatása során változatlan marad. Azonban létezhet olyan lefutást befolyásoló tényező, amely párosítás eredményét gyűrűzteti tovább a futtatás során.

A modellben ezt a szerepet az OEM-ek egymás közötti kapcsolatán keresztül mutatom be. Amennyiben két OEM között jó viszony alakul ki, megosztják egymás között a beszállítói tapasztalatokat, esetleg közös fejlesztési programjaik vannak, szélsőséges esetben azonos tulajdonosi háttérrel rendelkeznek, úgy egy beszállító csatlakozása az egyik OEM-hez elősegíti a másikhoz történő csatlakozását (értelemszerűen ez olyan futtatási peremfeltételek mellett teljesíthető csak, ahol megengedett egy beszállító több OEM kapcsolata). Amennyiben a két OEM között rossz viszony alakul ki, úgy az egyikhez történő csatlakozás csökkenti, szélsőséges esetben ki is zárhatja a másikkal történő kapcsolatteremtés lehetőségét. Az alábbi ábrán $k_{i,j}$ értékekkel jelöltem az egymás közötti kapcsolat minőségét.



43. ábra Konzern alapú kapcsolati gráf feltételezett kapcsolati valószínűségekkel (saját szerkesztés)

A modell ezen tulajdonsággal történő kiegészítéséhez be kell vezetni egy olyan dinamikusan változó valószínűségi értéket (P_k) amely attól függően változtatja értékét, hogy az adott beszállító milyen kapcsolatot létesített már a piacon. Ezzel a modell elveszíti Markov-tulajdonságát, mivel a múltbéli kapcsolatok hatást gyakorolnak a jövőbeni állapotra.

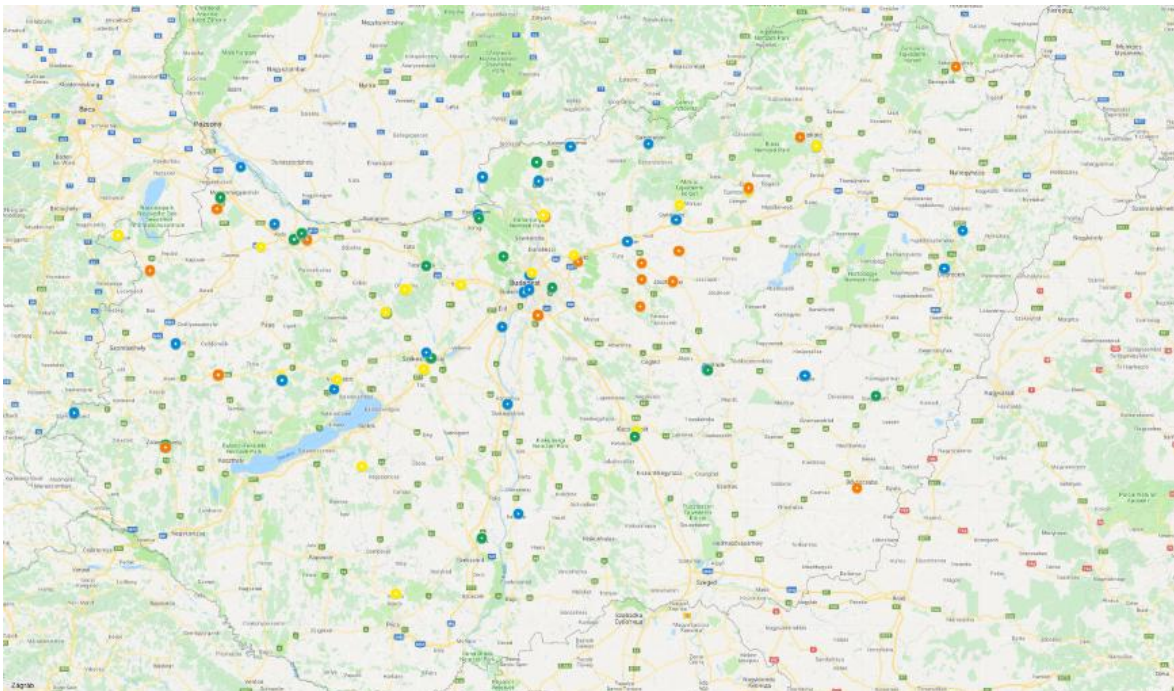


44. ábra Szimulációs modell módosított folyamatábrája commodity kiválasztás és OEM-ek közti kapcsolati erősségek figyelembevételével (saját szerkesztés)

Az így kapott szimulációs algoritmus alapján mind a 4 OEM azonosan választ magának mindegyik commodityból. A commodityk esetén szintén szabályozva van, hogy melyik típusból hány beszállító választható (pl. a szimulációban gumiabroncs, ülés, biztonsági elem stb. csak 1 beszállítótól engedélyezett, de természetesen ez tetszőlegesen módosítható). Ebből adódóan az OEM-enkénti kiválasztások száma a szimulációban maximalizálódik azáltal, hogy az egyes commoditykre előzetes feltételként meghatározott kiválasztódások összeadódnak, ami ez esetben 28-ra adódik. A csatlakozások valószínűségét a méret mellet a távolság és, hogy a milyen a kapcsolati minőség két OEM

között szintén befolyásolja. Az így 4 magyarországi OEM-re lefutott eredményeket a 3. sz. melléklet tartalmazza. Ebből kiolvasható, hogy a legtöbbször a BESZ171 számú beszállító került kiválasztásra (8 esetben) a 3 futtatás során, majd ezt követte a BESZ177 és BESZ013 (7-7 kiválasztással) és a harmadik legtöbb esetben BESZ136, BESZ130 és BESZ048 jelzéssel jelölt beszállítók kerültek kiválasztásra. A 3 futtatás alapján szintén megállapításra került, hogy 179 beszállítóból, csak 133 került kiválasztásra a megadott peremfeltételek alapján. Az 1-es számú futtatás eredményét grafikus ábrázolása a 45. ábrán látható, a különböző színek jelölik a különböző OEM-eket:

- OEM1 – Suzuki Esztergom – Narancssárga
- OEM2 – Audi Győr – Zöld
- OEM3 – Mercedes Kecskemét – Kék
- OEM4 – Opel Szentgotthárd – Citromsárga



45. ábra A 1. sz. futtatás alapján kapott szimulációs eredmények grafikus megjelenítése (saját szerkesztés, Google Maps segítségével)

4.3.6. Összefoglalás

A szakértők becslése szerint a globális gyártási hálózatok javításának gazdasági potenciálja az összköltségek mintegy 25%-a. Az autóipar és az egyéb sorozatgyártók jelentős előrehaladást értek el az ellátási hálózatok hatékonyságában. A példák a logisztikai láncok harmonizációjának előnyeit mutatják, például a beszállító parkok létesítésével vagy az ellátási csatornák optimalizálása mentén. A gyártási hálózatok hatékonysága azonban az operációban résztvevő szereplők közötti távolságtól is függ. A rövid távolságok az idő és a

költségcsökkentés lehetőségével járhatnak, amikor a termékek vagy kapacitások - a dinamikus piacok által befolyásolt - változása szükséges [57].

Összefoglalóan megállapítható, hogy napjainkban komplexen és áthatóan kell vizsgálni az ellátási láncban rejlő lehetőségeket, amely ma már nemcsak szükséges, de lehetséges is a meglévő technológiai megoldások segítségével. Ennek következtében egyfajta paradigmaváltás megy végbe az autóipar szereplőinek körében, mely arra törekszik, hogy ne ott állíts elő értéket, ahol a vevő van, hanem ahol optimális. Ezt a hagyományos gyártási modellel kell kielégíteni, de 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 kapacitás kihasználtsága, erőforrása, logisztika, beszállítók elhelyezkedése stb.

Ezért fontos a kapcsolati hálózat modellezése, melynek megalkotásához a magyarországi autóipari szektor szereplőit vettem alapul. Öt autógyártó, valamint százhetvenkilenc autóipari beszállító adatait használtam fel. A gyártó-beszállító kapcsolatok kialakítását befolyásoló tényezőknél nemlineáris valószínűségi függvényeket vettem figyelembe. A kapcsolódási preferenciákra ható változók elsődleges szempontjainak a szereplők távolságát, valamint a méretüket (árbevétel szerint) tekintettem.

A modell kibővítése a beszállítók azonos tulajdonságok mentén történő csoportosítása, majd ezen csoportok egymás közötti rendezési elveinek figyelembevétele. Ezt a feladatot a beszállítók Commoditybe történő rendezése, majd az aszerinti maximalizált kiválasztása tölti be. További bővítésként tekintek azon tulajdonságokra, melyeket a résztvevők a modell futtatása során szereznek meg, és így módosul egy lehetséges következő kiválasztás valószínűsége. A szimulációban ezt az autógyártók egymás közötti kapcsolata testesít meg. A felépített modell segítségével azt vizsgáltam, hogy egy adott típusú kapcsolódási preferencia megváltoztatásával milyen mértékben változik meg a futtatás kimenetele. Ebből adódóan a következő téziseket fogalmaztam meg:

Tézis 4. Az autóipari ellátási láncokra, mint hálózatokra a komplexitásból és a különféle preferenciákon (távolság, gazdasági méret, partner mérete, stb.) alapuló, de sokszor véletlenszerű kapcsolódásokból adódóan, érvényesek a skála-független hálózatokat generáló törvényszerűségek. Matematikai modellt konstruáltam a fenti preferenciák hatásának leírására, figyelembe véve az autóipari beszállítók sajátos jellemző viselkedését, melyek döntően befolyásolják a kialakuló hálózat struktúráját.

A tézisben megfogalmazott eredményeket tartalmazó publikációk: [D1][D3][D4][D5][D6]

5. Tézis: Szimulációs modellt dolgoztam ki a fenti struktúrák viselkedésének és alkalmazhatóságának tanulmányozására, amely képes figyelembe venni az autóipari ellátási láncokban rejlő sajátos kapcsolatokat, méretbeli problémákat és stratégiai szempontokat is.

A tézisben megfogalmazott eredményeket tartalmazó publikáció: [D1],[D3]

6. Tézis: Széleskörű szimulációs kísérleteket végeztem a kidolgozott hálózati modell elemzésére az ellátási lánc legfontosabb paramétereinek változtatásával, különös tekintettel a hálózat struktúráját eredményező valószínűségelméleti megfontolásokra. Az így kapott eredmények jó alapot adnak a modellezett rendszer viselkedésének elemzésére.

A tézisben megfogalmazott eredményeket tartalmazó publikáció: [D1],[D3]

5. Összefoglalás, jövőbeli kutatási irányok

A doktori disszertáció a logisztika és ellátási lánc autóiipari kontextusban történő vizsgálatával foglalkozott. Fontos megemlíteni, hogy a vizsgálatok nem elsősorban az autóiiparral gyakran összefüggésbe hozott (Just-in-Time, kanban stb.) elméletekre és általános logisztikai menedzsment kérdésekre (raktározás, készletezés, szállítmányozás stb.) összpontosultak. Sokkal inkább holisztikus szemléletben mutatják be a rendszer egészét és az egész hálózat interakcióinak jellemzésére tesznek kísérletet. A fentiek alapján arra törekedtem, hogy pontosan és részletesen leírjam azokat a hatásokat, amelyek befolyásolják a hálózat működését.

Az **1.** tézisben definiáltam az autóiipari ellátási lánc fogalmát, felállítottam egy lehetséges hálózati modellt a működésére. Az autóiipari ellátási láncban a logisztikai rendszert, az egyensúlyi állapot fenntartását biztosító modern irányítási rendszerként definiáltam és leírást adtam a működésére, valamint megállapítottam, hogy az Ipar 4.0 keretében megvalósuló okos (SMART) technológiák döntő jelentőségűek lesznek az autóiipari ellátási láncok irányításában, megváltoztatva annak jelenlegi jellemzőit.

A **2.** tézisben kimondtam, hogy a logisztikai hálózatok sok szempontból analóg módon viselkednek a nagyméretű közúti hálózatokkal. A nagyméretű nemlineáris közúti hálózatok elméletére támaszkodva modellt hoztam létre a logisztikai hálózatok pozitív dinamikus rendszerének leírására, mely további új lehetőségeket biztosít a szállítási folyamatok vizsgálatára és optimális irányítására.

A **3.** tézisben leírtam, hogy az autóiipari ellátási hálózatban rejlő kapcsolatok szintenként különböző, determinisztikus és sztochasztikus jelleget mutatnak. Kategorikus modellt adtam a logisztika eszközeinek beágyazódására az egyes vállalatvezetési szinteken, figyelembe véve azok determinisztikus és sztochasztikus tulajdonságait. A kidolgozott kategorizálás segítségül szolgál arra, hogy mely tényezőket érdemes megvizsgálni illetve figyelembe venni a tervezési feladatok indításakor. Gyakorlati szempontból felhívja a figyelmet az ellátási lánc kritikus elemeire, így a bizonytalanság elkerülése céljából fontos támpontot adhat a stratégia és taktikai koncepciók kiválasztásakor.

A **4.** tézisben megállapítottam, hogy az autóiipari ellátási láncokra, mint hálózatokra a komplexitásból és a különféle preferenciákon (távolság, gazdasági méret, partner mérete, stb.) alapuló, de sokszor véletlenszerűnek tekinthető kapcsolódásokból adódóan érvényesek a skála-független hálózatok jellemzői. Matematikai modellt adtam a fenti

preferenciák szerepének leírására, figyelembe véve az autóiipari beszállítók jellemző viselkedését, mely döntően befolyásolja a kialakuló hálózat struktúráját.

Az **5.** Tézis eredményeként szimulációs modellt dolgoztam ki a fenti struktúrák viselkedésének és alkalmazhatóságának tanulmányozására, amely képes figyelembe venni az autóiipari ellátási láncokban rejlő sajátos kapcsolatokat, méretbeli problémákat és stratégiai szempontokat is.

A **6.** Tézisben széleskörű szimulációs kísérleteket végeztem a kidolgozott hálózati modell elemzésére az ellátási lánc legfontosabb paramétereinek változtatásával, különös tekintettel a hálózat struktúráját eredményező valószínűségelméleti megfontolásokra. Az így kapott eredmények jó alapot adnak a modellezett rendszer viselkedésének elemzésére.

Tapasztalva a disszertáció során bemutatott kihívásokat, kijelenthető, hogy a permanensen fejlődő autóiipar a jövőben is meghatározó lesz a világ gazdaságában és emiatt továbbra is a kutatások középpontját képezi. A legutóbbi technológiai és autóiipari fejlődések gyorsan megváltoztatják az áruk és az emberek helyváltoztatását, valamint az ellátási láncok irányításának módját. A gazdasági nyomás arra ösztönzi a vállalatokat, hogy egyre hatékonyabbá váljanak a technológiai fejlődés kihasználásával. Ugyanakkor az intézményeket a fenntarthatóság vezérli, amelynek célja a jelen igényeinek kielégítése anélkül, hogy veszélyeztetné a jövőbeni generációk igényeinek kielégítését. Várható, hogy a logisztikai költségeknek a vállalatokra és szállításnak a környezetre való erős gazdasági hatása az újonnan felmerülő üzleti lehetőségekkel együtt gyorsan átalakítják a szektor szerkezetét.

Fontos terület marad a kutatók számára a komplexitás nyomon követése, a folyamatok ismétlődő monitoringja, analízisa és a hálózatok multikritériumos értelmezése. Cél a rendszer fenntarthatóságának biztosítása, az innovatív koncepciók által.

Az autóiipar egyik legfontosabb célja marad az autók rövid átfutási idővel történő legyártása alacsony készletek és magas flexibilitás mellett. A flexibilis gyárak helyett a rugalmas ellátási láncokra helyeződik a hangsúly, ami azonban nem mindig jár együtt magasabb jövedelmezőséggel. Az új termékek és termékfajták gyors bevezetése és a vevők igényeihez való alkalmazkodás képessége olyan külső rugalmassági tényező, amelyek számos értékteremtő tevékenységet integrálnak az ellátási láncon keresztül.

Az ellátási láncok növekvő összehangolásával a szűk keresztmetszetek a szállítási műveletekben súlyos korlátokká válhatnak. Ezért további kutatásokra van szükség arra vonatkozóan, hogy az ellátási lánc esetében hogyan kell megtervezni a teljes rugalmassági szintet, az egyes ellátási láncban részt vevő partnerek között. A fő cél a rendszer

összehangolása oly módon, mely az erőforrásokat optimalizálja, csökkentve ezáltal a környezetterhelést. Ennek következtében egy olyan élhetőbb kultúrát biztosít, amely a jövő nemzedéke számára is biztosítja a fenntarthatóságot.

Irodalomjegyzék

- [1] Albert R., Jeong H., Barabási A.-L.: *Diameter of the WorldWide Web*. In: Nature, Vol. 401, pp. 130-131, 1999.
- [2] Barabási A.-L., Albert R.: *Emergence of Scaling in Random Networks*. In: Science, Vol. 286, pp. 509–512., 1999.
- [3] Barabási A.-L., Ravasz E., Vicsek T.: *Deterministic scale-free networks*. Physica A, pp. 559-564., 2001.
- [4] Bellamy M. A., Basole R. C.: *Network analysis of supply chain systems: A systematic review and future research*. Systems Engineering, pp. 235-249, 2013.
- [5] Bollobás B.: *Random Graphs*. Cambridge Studies in Advanced Mathematics, Cambridge University Press, Cambridge, 2001.
- [6] Boothby W. M.: *Some comments on positive orthant controllability of bilinear systems*. SIAM Journal on Control and Optimization, Vol. 20(5), pp. 634-644, 1982.
- [7] Boysen N., Emde S., Hoeck M., Kauderer M.: *Part logistics in the automotive industry: Decision problems*. European Journal of Operational Research, Vol. 242(1), pp. 107-120, 2015.
- [8] Boysen N., Fliedner M., Scholl A.: *Production planning of mixed-model assembly lines: Overview and extensions*. Production Planning & Control, Vol. 20, pp. 455–471. 2009.
- [9] Bowersox D., Closs D.: *Logistical Management. The Integrated Supply Chain Process*. McGraw-Hill, New York, 1996.
- [10] Böröcz P., Filep B.: *A Fuzzy Approach for Finding an Ideal Location of Industrial Park Area*. Acta Technica Jaurinensis Vol. 2(3), pp. 493-511, 2009.
- [11] Bauernhansl T., ten Hompel M., Vogel-Heuser B. (szerk.): *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung Und Logistik*. Springer, Wiesbaden, 2014.
- [12] Buchanan D. J., Abad P. L.: *Optimal policy for a periodic review returnable inventory system*. IIE Trans Vol. 30(11), pp. 1049–1055, 1989.
- [13] Buchmann T., Pyka A.: *The Evolution of Innovation Networks. The Case of the German Automotive Industry, Innovation Networks*. Discussion Paper 70, Forschungszentrum Innovation und Dienstleistung Universität Hohenheim, Hohenheim FZID, 2013.
- [14] Chaitin G. J.: *On the Simplicity and Speed of Programs for Computing Infinite Sets of Natural Numbers*. Journal of the ACM., Vol. 16(3), pp. 407-422, 1969.
- [15] Chikán A., Demeter K. (szerk.): *Az értékteremtő folyamatok menedzsmentje*. 3. kiadás, Aula Kiadó, Budapest, 2003.
- [16] Christopher M.: *The Agile Supply Chain: Competing in Volatile Markets*. Industrial Marketing Management, Vol. 29(1), 2000.
- [17] Dankó László: *Marketing-logisztika*, 1. kiadás, Pro Marketing Egyesület, Miskolc, 2009.

- [18] Dejax P. J., Crainic T.G.: *A Review of Empty Flows and Fleet Management Models in Freight Transportation*. Transportation Science, Vol. 21 (4), pp. 227–248, 1987.
- [19] de Koster R., Le-Duc T., Roodbergen K. J.: *Design and control of warehouse order picking: A literature review*. European Journal of Operational Research, Vol. 182, pp. 481–501, 2007.
- [20] Dömötörfi Ákos: *A lean menedzsment rendszerszemléletű alkalmazása az autóiipari ellátási láncban*, pp. 34-45, V. Kheops Tudományos Konferencia Mór, 2010.
- [21] Dömötörfi Ákos: *Az AETR-szabályozás hatása az autóiipari készletek alakulására*, pp. 19-24, Közlekedéstudományi Szemle, 4. szám, 2013.
- [22] Dömötörfi Ákos: *Az autóiipari ellátási láncok globális kihívásai*, pp. 8-10, Logisztikai trendek és legjobb gyakorlatok, 1. szám, 2016.
- [23] Dömötörfi Ákos: *Paradigmaváltás a logisztikában*, pp. 86-95, Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia 2013, Budapest, 2013.
- [24] Dömötörfi Ákos: *Quo vadis CKD? – Tool of multi-objective management in sustainable automotive supply chains*, Paper 17, Széchenyi Doctoral Students' Conference, Győr, 2014.
- [25] Dömötörfi Á., Harmati I. Á.: *Autóiipari ellátási láncokon végbemenő preferenciális kapcsolódások vizsgálata*, Paper 28, Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia 2018, Budapest, 2018.
- [26] Dömötörfi Á., Harmati I. Á., Nagy Z. A.: *Probability Based Vendor Selection Model for the Hungarian Automotive Supply Network*, Periodica Polytechnica: Transportation Engineering Megjelenés alatt, 2019.
- [27] Dömötörfi Á., Pató G.-né Sz. B., Kopácsi E.: *Globális Szervezeti modellek és HR az ellátási láncban*, pp. 21-31, Munkaügyi Szemle 61:(5), 2018.
- [28] Dömötörfi Á., Péter T., Szabó K.: *Mathematical Modeling of Automotive Supply Chain Networks.*, Periodica Polytechnica: Transportation Engineering Vol. 44(3), pp. 181-186, 2016.
- [29] Dömötörfi Á., Péter T.: *Autóiipari ellátási láncok modern modellezésének lehetőségei*, pp. 159-164, Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia 2016, Budapest, 2016.
- [30] Dömötörfi Á., Péter T.: *Autóiipari logisztikai hálózatok sztochasztikus modellezéséhez szükséges paraméterek elemzése*, pp. 120-124, Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia 2015 Budapest, 2015.
- [31] Dömötörfi Á., Péter T.: *Innovációs környezet a globális autóiipari ellátási láncokban*, pp. 255-259, Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia 2017, Budapest, 2017.
- [32] Drucker Peter: *The Concept of the Corporation*. John Day, New York, 1946.
- [33] Ducruet C., Lugo I.: *Cities and transport networks in shipping and logistics research*. Asian Journal of Shipping and Logistics. Vol. 29(2), pp. 149-170, 2013.
- [34] Edmonds J., Karp R. M.: *Theoretical Improvements in Algorithmic Efficiency for Network Flow Problems*. Journal of the ACM, Vol. 19(2) pp. 248–264, 1972.
- [35] Erdős P., Rényi A.: *On random graphs*. I. Publicationes Mathematicae, Vol. 6, pp. 290–297, Debrecen, 1959.

- [36] Feldhütter V., Steck C., Hawer S., ten Hompel M.: *Impacts of product-driven complexity on the success of logistics in the automotive sector*. Procedia CIRP Vol. 62, pp. 129-134, 2017
- [37] Fleischer Tamás: *Kistérségi fejlődés, közlekedés, fenntarthatóság*. Közlekedéstudományi Szemle, 7. szám, pp. 242-252, 2004.
- [38] Fleischer Tamás: *Hálózatok, hálózati szintek és a hálózat által kiszolgált szintek*. MTA Világgazdasági Kutatóintézet Műhelytanulmányok 74., Budapest, 2006.
- [39] Florian M., Kemper J., Sihm W., Hellingrath B.: *Concept of transport-oriented scheduling for reduction of inbound logistics traffic in the automotive industries*. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, Vol. 4(3), pp. 252-257, 2011.
- [40] Ford Henry: *My life and work*. [Reprint]. Cosimo Classics, New York, 2007.
- [41] Ford L. R., Fulkerson D. R.: *A simple algorithm for finding maximal network flows and an application to the Hitchcock problem*. Canadian Journal of Mathematics, pp. 210–218, 1957.
- [42] Földesi Péter: „*A logisztikai stratégiák gyakorlati megvalósítása*”. „30 év Győrben”. Jubileumi Tudományos Konferencia, Széchenyi István Egyetem, Győr, 2004.
- [43] Földesi Péter (szerk.): *Logisztika I-II.*, Széchenyi István Egyetem, Győr, 2006.
- [44] Földesi P., Botzheim J.: *Modeling of loss aversion in solving fuzzy road transport traveling salesman problem using eugenic bacterial memetic algorithm*. Memetic Computing, Vol. 2(4), pp. 259-271, Springer, Berlin, 2010.
- [45] Garey M. R., Johnson D.S.: *Computers and Intractability, A Guide to the Theory of NP Completeness*. WH Freeman & Company, 1979.
- [46] Gehr F., Hellingrath B. (szerk.): *Logistik in der Automobilindustrie*, p. 178, Springer, Berlin, 2007.
- [47] Gelei Andrea: *Késleltetés – az értékesítési lánc menedzsmentjének eszköze*. Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem, Vállalatgazdaságtan Intézet, 29. Műhelytanulmány, Budapest, 2003.
- [48] Gelei A., Nagy J.: *Partnerkapcsolatok értéke a hazai autóiipari ellátási láncban – fókuszban a beszállító vállalatok*. Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem, Vállalatgazdaságtan Intézet, 51. Műhelytanulmány, Budapest, 2004.
- [49] Gidófalvi G., Pedersen T. B.: *Mining Long, Sharable Patterns in Trajectories of Moving Objects*. GeoInformatica, Vol. 13(1), pp. 27–55, 2007.
- [50] Glock C. H., Grosse E. H.: *Storage policies and order picking strategies in U-shaped order-picking systems with a movable base*. International Journal of Production Research, Vol. 50, pp. 4344–4357, 2012.
- [51] Göpfert I.; Braun D., Schulz M. (szerk.): *Automobillogistik.*, Springer Gabler, Wiesbaden, 2012.
- [52] Graf H., Putzlocher S.: *DaimlerChrysler: Integrierte Beschaffungsnetzwerke*. in: Corsten D., Gabriel C. (szerk.): *Supply Chain Management erfolgreich, umsetzen*, Heidelberg, pp. 47–61, 2002.

- [53] Gregor T., Krajčovič M., Więcek D.: *Smart Connected Logistics*. Procedia Engineering, Vol. 192, pp. 265-270, 2017.
- [54] Guo C., Liu X., Jin M., Lv Z.: *The research on optimization of auto supply chain network robust model under macroeconomic fluctuations*. Chaos, Solitons and Fractals, Vol. 89, pp. 105-114, 2016
- [55] Hab G., Wagner R.: *Projektmanagement in der Automobilindustrie*. Springer Gabler, Wiesbaden, 2013.
- [56] Hartványi T., Földesi P., Kovács J., Tóth L.: *Multi-centre logistics systems for improving competitive status of logistics service suppliers in Hungary*. Hungarian Electronic Journal Of Sciences, 2001. <http://hej.szif.hu> Letöltve 2014.04.02
- [57] Hartványi T., Nagy Z.: *Logisztikai "trade-off" a transzkontinentális ellátási láncokban*. MLE Logisztikai évkönyv 2007-2008, pp. 175-181, Budapest, 2007.
- [58] Hofmann E., Rüscher M.: *Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics*. Computers in Industry, Vol. 89, pp. 23-34, 2017.
- [59] Holweg M., Miemczyk J.: *Delivering the '3-day car'- the strategic implications for automotive logistics operations*. Journal of Purchasing and Supply Management, Vol. 9(2), pp. 63-71, 2003
- [60] Huber Walter: *Industrie 4.0 in der Automobilproduktion*. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2016.
- [61] Ihme Joachim: *Logistik im Automobilbau*. Carl Hanser Verlag, München, 2006.
- [62] Jovane F., Westkämper E., Williams D.: *The ManuFuture Road*. Springer Berlin, Heidelberg, 2008.
- [63] Judmaier G., Zsifkovits H.: *Development of a Logistics Reference Model for Subsurface Construction*. in: Clausen U., ten Hompel M., de Souza R. (szerk.): Efficiency and Innovation in Logistics - Proceedings of the International Logistics Science Conference (ILSC), pp. 121-132, 2013
- [64] Jünemann Reinhardt: *Materialfluß und Logistik*, Springer Verlag, Berlin, 1989.
- [65] Kern W., Lämmermann H., Bauernhansl T.: *An Integrated Logistics Concept for a Modular Assembly System*. Procedia Manufacturing, Vol. 11, pp. 957-964, 2017.
- [66] Kilger C., Stahuber A.: *Integrierte Logistiknetzwerke in der High Tech-Industrie*. in: Baumgarten H., Stabenau H., Weber J. (szerk.): Management integrierter logistischer Netzwerke, Bern, 2002.
- [67] Kim M.K., Narasimhan R.: *Designing Supply Networks in Automobile and Electronics Manufacturing Industries. A Multiplex Analysis*, In: *Processes MDPI Open Access Journal*, Vol. 7(3):176, 2019.
- [68] Kirsch Werner: *Betriebswirtschaftliche Logistik*. Gabler Verlag, Wiesbaden, 1973.
- [69] Klug Florian: *Logistics implications of global production networks in car manufacturing*. Proceedings of the Cambridge International Manufacturing Symposium, pp. 13-24, Cambridge, 2010.
- [70] Klug Florian: *Logistikmanagement in der Automobilindustrie*. Springer, Berlin, 2010.

- [71] Klug Florian: *Synchronised Automotive Logistics: An Optimal Mix of Pull and Push Principles in Automotive Supply Networks*. in Bourlakis M., Cullinane K., Mulley C., Nelson J. (szerk.): Logistics Research Network Conference Proceedings, pp.187-191, Newcastle, 2006.
- [72] Kolmogorov Andrej Nyikolajevics: *Three Approaches to the Quantitative Definition of Information*. Problemy Peredachi Informatsii (Problems of Information Transmission), Vol. 1(1) pp. 3-11, 1965.
- [73] Komáromi Nándor: *Marketing-logisztika*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2006.
- [74] Koopmans Tjalling C.: *Optimum Utilization of the Transportation System*. Econometrica, Vol. 17, pp. 136–146, 1949.
- [75] Kopeček P., Pinte M.: *Optimization Heuristics for Supplies of Assembly Lines*. Periodica Polytechnica-Transportation Engineering. Vol. 42(1). pp. 49-51, 2014.
- [76] Kouikoglou V.S., Phillis Y.A.: *Hybrid Simulation Models of Production Networks*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 2001.
- [77] Kovács Péter: *Minimum-cost flow algorithms: an experimental evaluation*. Optimization Methods and Software, Vol. 30(1), pp. 94–127, 2015.
- [78] Körmendi Lajos: *Divat, avagy szükségyszerűség a logisztika?* Polvax, Vol. 2., 2007.
- [79] Kuhn Thomas S.: *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press, Chicago, 1962. Magyarul: A tudományos forradalmak szerkezete. (ford.: Bíró Dániel), Gondolat Kiadó, Budapest, 1984. és Osiris, Budapest, 2000., 2002.
- [80] Küber C., Westkämper E., Keller B., Jacobi H-F.: *Planning Method for the Design of Flexible as Well as Economic Assembly and Logistics Processes in the Automotive Industry*, Procedia CIRP, Vol. 41, pp. 556-561, 2016.
- [81] Lambert D. M., Cooper M. C., Pagh J. D.: *Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities*. The International Journal of Logistics Management, Vol. 9(2), pp. 1–19, 1998.
- [82] Lang S., Reggelin T., Wunder T.: *Mesosopic Simulation Models for Logistics Planning Tasks in the Automotive Industry*. Procedia Engineering, Vol. 178, pp. 298-307, 2017.
- [83] Lee J., Shin I., Park G.-L.: *Analysis of the Passenger Pick-Up Pattern for Taxi Location Recommendation*. 4th IEEE International Conference on Networked Computing and Advanced Information Management., pp. 199–204, 2008.
- [84] Liebfeld Alfred: *Henry Ford, az "isten"*. Kossuth Könyvkiadó, Budapest, 1973.
- [85] Lian Zhikang: *Research on Development Strategy of Automobile Reverse Logistics Based on SWOT Analysis*. Procedia Engineering, Vol. 174, pp. 324-330, 2017.
- [86] Losonci Dávid: *Bevezetés a lean menedzsmentbe – a lean stratégiai alapjai*. Budapesti Corvinus Egyetem, Vállalatgazdaságtan Intézet, 119. Műhelytanulmány, 2010.
- [87] Luenberger David G.: *Introduction to Dynamics Systems: Theory, Models and Applications*. John Wiley and Sons, New York, 1979.
- [88] Lukovich László: *A minőség fogalma és gyakorlati alkalmazása a logisztikai szolgáltatásban a Logisztikai szolgáltatók szemszögéből I. rész*, Transpack, Vol. 3, 2009.

- [89] Manuj I., Mentzer J. T.: *Global supply chain risk management*, Journal of Business Logistics, Vol. 29(1), pp. 133-155, 2008.
- [90] Matsubara Y., Li L., Papalexakis E., Lo D., Sakurai Y., Faloutsos C.: *F-Trail: Finding Patterns in Taxi Trajectories*. in 17th Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, pp. 86–98. 2013.
- [91] Mattheis Lucas: *Completely-Knocked-Down Production*, Scientific Series – Systems Management. Research Contributions to Strategic Management: Vol. 29, Bremen, 2012.
- [92] McAfee A., Brynjolfsson E.: *Big data: the management revolution*. Harvard Business Review, Vol. 90, pp. 60–68, 2012.
- [93] Mingzhou J., Yi L., Eksioglu S. D.: *Integration of production sequencing and outbound logistics in the automotive industry*. International Journal of Production Economics, Vol. 113(2), pp. 766-774, 2008.
- [94] Meyr Herbert: *Supply chain planning in the German automotive industry*. OR Spectrum, Vol. 26, pp. 447–470, 2004.
- [95] Moreira-Matias L., Fernandes R., Gama J., Ferreira M., Mendes-Moreira J., Damas L.: *An online recommendation system for the taxi stand choice problem (Poster)*, IEEE Vehicular Networking Conference, pp. 173–180, 2012.
- [96] Monden Yasuhiro: *Toyota Production Systems: An Integrated, Approach To Just-In-Time*. 3, Kiadás, Industrial Engineering, 1998.
- [97] Moyaux T., Chaib-draa B., D'Amours S.: *Supply chain management and multiagent systems: an overview*. in: B. Chaib-draa, J. Müller (Eds.), Multiagent Based Supply Chain Management, pp. 1–27 Springer, Berlin, Heidelberg, 2006
- [98] Nagy Judit: *Az ellátási lánc típusai és menedzsmentjének eszközei - empirikus elemzés*. Doktori értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem Gazdálkodástani Doktori Iskola, Budapest, 2010.
- [99] Nagy Z. A., Hartványi T.: *Agility in Supply Chains*. Acta Technica Jaurinensis Series Logistica. Vol. 1(2), pp. 315-323, 2008.
- [100] Naylor J. B., Naim M., Berry D.: *Legality: Integrating the lean and the agile manufacturing paradigms in the total supply chain*. International Journal of Production Economics, Vol. 62, 1999.
- [101] Nikolopoulou A., Ierapetritou M.G.: *Hybrid simulation based optimization approach for supply chain management*. Computers and Chemical Engineering, Vol. 47, pp. 183–193, 2012
- [102] Nozick L.K., Turnquist M. A.: *Inventory, transportation, service quality and the location of distribution centers*. European Journal of Operation Resource, Vol. 129, pp. 362–371, 2001.
- [103] Olhager Jan: *Strategic Positioning of the Order Penetration Point*. International Journal of Production Economics, Vol. 85, 2003.
- [104] Oussama D., Péter T., Zebiri H., Mourllion B., Basset M.: *Modified Intelligent Driver Model*. Periodica Polytechnica-Transportation Engineering Vol. 40(2) pp. 53–60, 2012.

- [105] Palla G., Barabási A-L., Vicsek T.: *Quantifying Social Group Evolution from Large Scale Communication and Collaboration Data*, Nature, Vol. 446, pp. 664-667, 2007.
- [106] Péter Tamás: *Nagyméretű nemlineáris közlekedési hálózatok modellezése*. Közlekedéstudományi Szemle, Vol. 9, pp. 322- 331, 2007.
- [107] Péter Tamás: *Nagyméretű közúti közlekedési hálózatok analízise*. Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia Konferenciakötet, Budapest, 2007.
- [108] Péter Tamás: *Modeling nonlinear road traffic networks for junction control*. International Journal of Applied Mathematics and Computer Science (AMCS), Vol. 22(3), pp. 723-732, 2012.
- [109] Péter Tamás: *A nagyméretű közúti hálózaton történő áthaladás analízise egyedi járművek környezeti terhelése, illetve dinamikai méretezése szempontjából*. Közlekedéstudományi Szemle, Vol 6, pp. 32-37, 2012.
- [110] Péter T., Dömötörfi Á.: *Véletlen gráfok és logisztikai alkalmazásai*. Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia Konferenciakötet, pp. 154-159, 2014.
- [111] Péter Tamás: *Paradigmaváltás, amely elvezetett a globális közúti hálózat működésének leírásához és a dinamikus modell létrehozásához* Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia Konferenciakötet, Budapest, pp. 3-19, 2012.
- [112] Péter T., Lakatos I., Szauter F.: *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, pp. 1-7, 2015.
- [113] Péter T., Szabó K.: *Combined Mathematical Modeling of Different Transport Networks*. Considerations and Complex Analysis, Acta Polytechnica Hungarica Vol. 14(2), pp. 7-26, 2017.
- [114] Pfohl Hans - Christian: *Marketing-Logistik*. Distributions Verlag, Mainz, 1972. Magyarul megjelent: Közlekedéstudományi Szemle XVIII. évfolyam 2. szám mellékletében.
- [115] Pierreval H., Bruniaux R., Caux C.: *A Continuous Simulation Approach for Supply Chains in the Automotive Industry*. Simulation Modelling Practice and Theory, Vol. 15(2), pp. 185-198, 2007.
- [116] Prezenszki József (szerk): *Logisztika I. (Bevezető fejezetek)*. Mérnöktovábbképző Intézet, Budapest, 1995.
- [117] Rechnitzer János: *Egyetem-ipar-térség, a győri modell. SZE-Győr Pályázati fejlesztések (2008-2013)*. Előadásanyag: A Magyar Regionális Tudományi Társaság X. Vándorgyűlése, Győr, 2012.
- [118] Roth Lutz: *Die Logistik wird smart*. in: Göpfert I. (szerk.), *Logistik der Zukunft – Logistics for the future*, Springer, pp. 233-250, Wiesbaden, 2016.
- [119] Sachkov Yuri L.: *On positive orthant controllability of bilinear systems in small codimensions*. SIAM Journal on Control and Optimization, Vol35(1), pp. 29-35, 1997.

- [120] Schatteman O: *Reverse logistics*. in J. L. Gattorna R., Ogulin, M., Reynolds W. (szerk.): *Handbook of supply chain management*, pp. 267–279, Aldershot: Gower. 2003.
- [121] Schenk M., Tolujew J., Reggelin T.: *A Mesoscopic Approach to the Simulation of Logistics Systems*. in: Dangelmaier W., Blecken A., Delius R., Klöpfer S. (szerk.): *Advanced Manufacturing and Sustainable Logistics, Proceedings of 8th International Heinz Nixdorf Symposium, IHNS 2010 Paderborn*, 2010.
- [122] Schneider Markus: *Logistikplanung in der Automobilindustrie. Konzeption eines Instruments zur Unterstützung der taktischen, Logistikplanung vor „Start-of-Production“ im Rahmen der Digitalen Fabrik*. GWW Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2008.
- [123] Schuh G., Stölzle W., Straube F. (szerk.): *Anlaufmanagement in der Automobilindustrie erfolgreich umsetzen*, Springer, Berlin, 2008.
- [124] Scott C., Lundgren H., Thompson P.: *Guide to Supply Chain Management*. Springer, Heidelberg, 2011.
- [125] Sihn W., Hillbrand C., Meizer F., Leitner R., Prochazka M.: *Development of a Simulation Model for Multimodal, Cross-Company Logistics Networks*. in: Dangelmaier W., Blecken A., Delius R., Klöpfer S. (szerk.): *Advanced Manufacturing and Sustainable Logistics, Proceedings of 8th International Heinz Nixdorf Symposium, IHNS 2010 Paderborn*, 2010.
- [126] Sihn W., Palm D., Matyas K., Kuhlant P.: *Automotive Region Eastern Europe – AREE: Chancen und Potentiale des "Detroit des Ostens" für Automobilzulieferer*. Vienna, 2006.
- [127] Speranza M.Grazia: *Trends in transportation and logistics*. *European Journal of Operational Research*, Vol. 264(3), pp. 830-836, 2018.
- [128] Stadler H., Kilger C.: *Supply Chain Management and Advanced Planning*. 3rd edition, Springer, Berlin, 2005.
- [129] Stank T., Autry C., Daugherty P., Closs D.: *Reimagining the 10 megatrends that will revolutionize supply chain logistics*. *Transportation Journal*, Vol. 54, pp. 7–32, 2015.
- [130] Sticz László: *Az integrált logisztikai rendszer szervezetei és munkafolyamatai*. *Katonai Logisztika*, Vol. 2, 2009.
- [131] Suthikarnnarunai Nanthi: *Automotive Supply Chain and Logistics Management*. *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists*, Hong Kong, 2008.
- [132] Szabó Z., Vízhányó A.: *Hogyan támogathatja hatékonyan a logisztika a vásárlási folyamatot?* *Logisztikai Évkönyv, Magyar Logisztikai Egyesület*, pp. 265-270, 2007.
- [133] Szauder F., Péter T., Bokor, J.: *Complex analysis of the dynamic effects of car population along the trajectories*. in: *ASME/IEEE International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications (MESA)*, Boston, Massachusetts, USA, pp. 1-6, 2015.
- [134] Szegedi Z., Fodor Z.: *Az ostorcsapás effektus az ellátási láncban*. *CEO-Magazin*, Vol 3(3), 2002.

- [135] Szegedi Z., Prezenszki J.: *Logisztika-menedzsment*. Kossuth Kiadó, Budapest, 2003.
- [136] Terelius H., Johansson K. H.: *An efficiency measure for road transportation networks with application to two case studies*. 54th IEEE Conference on Decision and Control, pp. 1–7, 2015
- [137] Thomé A. M. T., Scavarda L. F., Pires S. R. I., Ceryno P., Klingebiel K.: *A multi-tier study on supply chain flexibility in the automotive industry*. International Journal of Production Economics, Vol. 158, pp. 91–105, 2014.
- [138] Tosun U., Dokeroglu T, Cosar A.: *A New Parallel Genetic Algorithm for Reducing the Bullwhip Effect in an Automotive Supply Chain*. Proceedings of 7th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Saint Petersburg, Russia, Vol. 46.(9), pp. 70-74, 2013.
- [139] Ullrich C. A.: *Issues in Supply Chain Scheduling and Contracting*. Springer Gabler, Wiesbaden, 2014.
- [140] Vadvári T., Várlaki P.: *Identification of Supply Chains Based on Input-Output Data*. Periodica Polytechnica Transportation Engineering. Vol. 43(3), pp. 162-167, 2015.
- [141] Ventura J., Radhakrishnan S.: *Sequencing mixed model assembly lines for a just-in-time production system*. Production Planning and Control, Vol. 13(2), pp. 199–210, 2002.
- [142] Vöröskői K., Böröcz P.: *Framework for the Packaging Supply Chain of an Automotive Engine Company*. Acta Technica Jaurinensis, Vol. 9(3), pp. 191-203, 2016.
- [143] Wallentowitz H., Freialdenhoven A., Olschewski I.: *Strategien in der Automobilindustrie*. Springer Vieweg+Teubner, Wiesbaden, 2009.
- [144] Waller M. A. , Fawcett S. E.: *Data science, predictive analytics, and big data: a revolution that will transform supply chain design and management*. Journal of Business Logistics, Vol. 34, pp. 77–84, 2013.
- [145] Wang C., Ng W. K., Chen H.: *From data to knowledge to action: A taxi business intelligence system*. 15th International Conference on Information Fusion, pp. 1623–1628. 2012.
- [146] Wang K., Zeng Z., Sun D.: *Structure Analysis of Supply Chain Networks Based on Complex Network Theory*, IEEE 4th International Conference on Semantics, Knowledge and Grid, Beijing, China, 2008.
- [147] Wedeniwski Sebastian: *Mobilitätsrevolution in der Automobilindustrie*. Springer Vieweg, Berlin, 2015
- [148] Wikner J., Rudberg M.: *Integrating Production and Engineering Perspectives on the Customer Order Decoupling Point*. International Journal of Operations & Production Management, Vol. 25(7), 2005.
- [149] Womack J. P., Jones D. T., Roos D.: *The Machine that changed the world*, Rawson Associates, New York, 1990.
- [150] Yang B., Burns N. D., Backhouse C. J.: *Postponement: A Review and an Integrated Framework*. International Journal of Operations & Production Management, Vol. 24(5), 2004.

- [151] Yuan N. J., Zheng Y., Zhang L., Xie X.: *TFinder: A Recommender System for Finding Passengers and Vacant Taxis*. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. Vol. 25(10), pp. 2390–2403, 2013.
- [152] Zhan X., Qian X., Ukkusuri S. V.: *Measuring the Efficiency of Urban Taxi Service System*. UrbComb '14, 2014.
- [153] Zhang X., Chen R.: *Forecast-driven or customer-order-driven? An empirical analysis of the Chinese automotive industry*. International Journal of Operations & Production Management, Vol. 26(6), pp.668-688, 2006.
- [154] Zhang Xinyu: *Analysis for Scale-Free Network Characteristics of Logistics Distribution Network*. Journal of Service Science and Management. Vol. 7(3), pp. 189-195, 2014.
- [155] Zhang Q., Segersted Tsao Y-C., Liu B.: *Returnable packaging management in automotive parts logistics: Dedicated mode and shared mode*. International Journal of Production Economics, Vol. 168, pp. 234-244, 2015.
- [156] Zheng Y., Capra L., Wolfson O., Yang H.: *Urban Computing: Concepts, Methodologies, and Applications*. Transactions on Intelligent Systems and Technology, Vol. 5.(3), 2014.
- [157] Zoryk-Schalla A. J.: *Modeling of decision making processes in supply chain planning software*, Technische Universiteit Eindhoven, 2001.
- [158] Zsidisin G. A., Hartley J. L.: *A strategy for managing commodity price risk*. Supply Chain Management Review, Vol. 16(2), pp. 46-53. 2012.

Internetes források:

Adóforum

<http://www.adoforum.hu/33/gongyoleg-uniqueidRCViWTptZHJ5a5tKG2e9VSI83lamrage/>
Letöltve 2015.08.03.

Autonews - Top 100 Global Suppliers (2016)

<https://www.autonews.com/assets/XLS/CA105777620.XLS>

Letöltve 2017.04.03.

Hungarian Electronic Journal of Sciences

<http://hej.szif.hu>

Letöltve 2014.04.22.

Jordan England-Nelson – Top 7 Supply Chain Trends 2016

<http://blog.cargomatic.com/top-7-supply-chain-trends-2016>

Letöltve: 2015.11.23.

PwC (2015). Automotive perspective 2015

<https://www.strategyand.pwc.com/media/file/Automotive-perspective-2015.pdf>

Letöltve: 2017.06.17.

The Official Board

www.theofficialboard.com

Letöltve: 2016.01. 14.

Az értekezéshez kapcsolódó saját tudományos közlemények

- [D1] Dömötörfi Ákos, Harmati István Árpád, Nagy Zoltán András: Probability Based Vendor Selection Model for the Hungarian Automotive Supply Network, Folyóiratcikk megjelenés alatt, Periodica Polytechnica: Transportation Engineering, 2019.
- [D2] Dömötörfi Ákos, Pató Gáborné Dr. Szűcs Beáta, Kopácsi Evelin: Globális Szervezeti modellek és HR az ellátási láncban, Folyóiratcikk pp. 21-31., Munkaügyi Szemle 61:(5), 2018
- [D3] Dömötörfi Ákos, Harmati István: Autóipari ellátási láncokon végbemenő preferenciális kapcsolódások vizsgálata, Konferenciakötetben megjelenő cikk, Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia 2018, Budapest, 2018. augusztus 29-31. (Paper 28) Online: ISBN 978-963-88875-3-5; CD: ISBN 978-963-8875-2-8
- [D4] Dömötörfi Ákos, Péter Tamás: Innovációs környezet a globális autóipari ellátási láncokban, Konferenciakötetben megjelenő cikk pp. 255-259, Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia 2017, Budapest, 2017. augusztus 30-szeptember 1. (Paper 32) Online: ISBN 978-963-88875-3-5; CD: ISBN 978-963-8875-2-8
- [D5] Dömötörfi Ákos, Péter Tamás: Autóipari ellátási láncok modern modellezésének lehetőségei, Konferenciakötetben megjelenő cikk pp. 159-164, Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia 2016, Budapest, 2016. augusztus 29-31. (Paper 31) Online: ISBN 978-963-88875-3-5; CD: ISBN 978-963-8875-2-8
- [D6] Dömötörfi Ákos, Péter Tamás, Szabó Krisztián: Mathematical Modeling of Automotive Supply Chain Networks, Folyóiratcikk pp. 181-186., Periodica Polytechnica: Transportation Engineering 44:(3), 2016, Budapest University of Technology and Economics, ISSN: 1587-3811
- [D7] Dömötörfi Ákos: Az autóipari ellátási láncok globális kihívásai, Folyóiratcikk pp. 8-10. Logisztikai trendek és legjobb gyakorlatok, 2016. 1. szám, ISSN 2416-0555
- [D8] Dömötörfi Ákos, Péter Tamás: Autóipari logisztikai hálózatok sztochasztikus modellezéséhez szükséges paraméterek elemzése, Konferenciakötetben megjelenő cikk pp. 120-124., Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia 2015 Budapest, 2015. október 15-16. (Paper 19) Online: ISBN 978-963-88875-3-5; CD: ISBN 978-963-8875-2-8

- [D9] Dömötörfi Ákos: A lean menedzsment rendszerszemléletű alkalmazása az autóiipari ellátási láncban, Könyv, könyvfejezet pp. 239-250. Szervezeti és Döntéshozói Kihívások a 21. Században (Szerk. Svéhlik Csaba), KHEOPS Automobil-Kutató Intézet, 2014, Bécs-Budapest ISBN 978-963-89779-3-9
- [D10] Péter Tamás, Dömötörfi Ákos: Véletlen gráfok és logisztikai alkalmazásai, Konferenciakötetben megjelenő cikk pp. 154-159. Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia 2014 Budapest, 2014. augusztus 25-27. (Paper 25) Online: ISBN 978-963-88875-3-5; CD: ISBN 978-963-8875-2-8
- [D11] Dömötörfi Ákos: Quo vadis CKD? – Tool of multi-objective management in sustainable automotive supply chains, Konferenciakötetben megjelenő cikk, Széchenyi Doctoral Students' Conference 2014, Győr, 2014. május 23. (Paper 17)
- [D12] Dömötörfi Ákos: Paradigmaváltás a logisztikában, Konferenciakötetben megjelenő cikk pp. 86-95. Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia 2013 Budapest, 2013. augusztus 28-30. (Paper 17) Online: ISBN 978-963-88875-3-5; CD: ISBN 978-963-88875-2-8
- [D13] Dömötörfi Ákos: Az AETR-szabályozás hatása az autóiipari készletek alakulására, Folyóiratcikk pp. 19-24. Közlekedéstudományi Szemle, 2013.4. szám, ISSN 0023 4362
- [D14] Dömötörfi Ákos: A lean menedzsment rendszerszemléletű alkalmazása az autóiipari ellátási láncban, Konferenciakötetben megjelenő cikk pp. 34-45 V. Kheops Tudományos Konferencia Mór, 2010. május 19. (Vállalati stratégiák szekció), ISBN 978-963-87553-6-0

Mellékletek

1. sz. melléklet – Top 100 globális autóiipari beszállító vállalat árbevétel alapján (2016) ABC-s sorrendben. Zárójelben a 100-as listán elfoglalt hely.

AB SKF, Automotive & Aerospace (89)	Key Safety Systems Inc. (96)
Aisin Seiki Co. (7)	Koito Manufacturing (44)
Akebono Brake Industry Co.(98)	KSPG AG (73)
Alpine Electronics Inc.(86)	Lear Corp. (10)
American Axle & Manufacturing Holdings Inc. (55)	Leoni AG (68)
Asahi Glass Co. (75)	Leopold Kostal GmbH und Co. (74)
Autoliv Inc. (25)	Linamar Corp. (56)
Autoneum (84)	Magna International Inc. (3)
BASF SE (19)	Magneti Marelli S.p.A (30)
BorgWarner Inc. (28)	Mahle GmbH (17)
Bridgewater Interiors (82)	Mando Corp. (45)
Brose Fahrzeugteile GmbH (34)	Martinrea International Inc. (58)
CalsonicKansei Corp. (20)	Metaldyne Performance Group Inc. (76)
CIE Automotive SA (78)	Michelin Group (94)
CITIC Dicastal Co. (77)	Mitsuba Corp (70)
Continental AG (4)	Mitsubishi Electric Corp (40)
Cooper-Standard Automotive (61)	Nemak (51)
Cummins Inc. (33)	Nexteer Automotive (60)
Dana Holding Corp. (39)	NHK Spring Co. (62)
Delphi Automotive (12)	Nissin Kogyo Co. (100)
Denso Corp. (2)	Novelis Inc. (90)
Dow Automotive/Related Businesses (71)	NSK (48)
DraexlmaierGroup (53)	NTN Corp. (52)
DuPont (67)	Panasonic Automotive Systems Co. (23)
Dura Automotive Systems (95)	Pioneer Corp. (92)
Eberspaecher Gruppe GmbH (49)	Plastic Omnium Co. (37)
Faurecia (8)	Robert Bosch GmbH (1)
Federal-Mogul Corp. (47)	Ryobi (81)
Flex (85)	Samvardhana Motherson Group (31)
Flex-N-Gate Corp. (38)	Schaeffler AG (22)
F-Tech Inc. (93)	Sensata Technologies Holding NV (86)
Gentex Corp. (97)	Showa Corp. (79)
Gestamp (27)	Sumitomo Electric Industries (14)
GKN plc. (35)	Sumitomo Riko Co. (63)
Goodyear Tire & Rubber Co. (40)	Takata Corp (46)
Grupo Antolin (57)	Tenneco Inc. (42)
HELLA KGaA Hueck & Co. (32)	Thyssenkrupp AG (16)
Hitachi Automotive Systems (26)	TI Automotive (59)
Hyundai Dymos Inc. (65)	Tower International (88)
Hyundai Mobis (6)	Toyoda Gosei Co.(24)
Hyundai Powertech Co. (50)	Toyota Boshoku Corp. (21)
Hyundai-WIA Corp. (29)	TS Tech Co. (54)
IAC Group (43)	U-Shin (99)
Infineon Technologies AG (69)	Valeo SA (11)
Inteva Products LLC (71)	Vibracoustic GmbH (80)
JATCO (36)	Visteon Corp. (64)
Johnson Controls Inc. (9)	Webasto SE (66)
JTEKT Corp. (15)	Yanfeng Automotive Trim Systems Co. (18)
Kautex Textron GmbH & Co. (83)	Yazaki Corp. (13)
Keihin Corp. (91)	ZF Friedrichshafen AG (5)

2. sz. melléklet – Magyarországi autóipari vállalatok listája a legutolsó ismert árbevétel és magyarországi OEM-ektől való távolsága szerint.

Ssz.	NÉV	Székhely	Utolsó ismert nettó árbevétel (e Ft)	Vevőtől való távolság				
				OEM2 Audi Győr	OEM3 Mercedes Kecskemét	OEM1 Suzuki Esztergom	OEM4 Opel Szentgotthárd	OEM5 BMW Debre- cen
BESZ1.	Adient Mezőlak Kft	8514 Mezőlak, Petőfi Sándor utca 92/A	32 569 081	56	260	158	118	425
BESZ2.	Adient Mezőlak Kft	6000 Kecskemét, Mercedes út 1.	32 569 081	210	1	154	369	185
BESZ3.	AGC Glass Hungary Kft.	2851 Környe, Üveggyár utca 1	35 015 794	58	163	62	217	329
BESZ4.	Ajkai Elektronikai Zrt.	8400 Ajka, Gyár utca 35	2 513 776	86	236	167	128	402
BESZ5.	Akzo Nobel Coatings Zrt.	Budapest, Váci út 45, 1134	5 719 329	125	100	43	284	230
BESZ6.	Albert Weber Hungária Kft.	2500 Esztergom, Táti út. 28	370 306	107	160	4	266	265
BESZ7.	Alcoa-Köfém Kft.	8000 Székesfehérvár, Verseci u. 1-15	159 372 500	106	148	98	197	314
BESZ8.	Alcoa-Köfém Kft.	8248 Nemesvámos, Dózsa György u. 2/A	68 302 500	89	206	156	142	372
BESZ9.	AMB Components Hungary Bt.	9241 Jánossomorja, Binder u.3	4 689 697	51	258	157	152	424
BESZ10.	Apollo Tyres Hungary Kft.	3212 Gyöngyös halász	100 000	224	134	112	383	156
BESZ11.	Arcelormittal Szentgotthárd Kft.	9970 Szentgotthárd, Haris u 3.	13 442 631	160	368	239	2	534
BESZ12.	AUNDE Kft.	5000 Szolnok, Álmos utca 2	4 944 359	224	59	152	383	129
BESZ13.	Autoliv Kft.	9483 Sopronköv	23 132 784	85	293	192	110	458

		esd, Iskola u. 38-50.							
BESZ14.	AVL Autókut Mémöki Kft.	1115 Budapest, Csóka u. 7-13	2 759 563	117	97	61	275	239	
BESZ15.	Benteler Autótechnika Kft.	8060 Mór, Akai út 5	25 704 023	58	178	89	213	343	
BESZ16.	BHG-ASZ Kft.	1138 Budapest, Váci út 186	1 509 743	127	102	46	286	231	
BESZ17.	BHG-ASZ Kft.	7100 Szekszárd, Keselyűsi út 4-8.	6 038 970	230	132	196	270	337	
BESZ18.	Borgwarner Turbo Systems Kft.	2840 Oroszlány, Táncsics Mihály út 111	168 606 000	71	169	66	229	334	
BESZ19.	BOS Automotive Products Magyarország Bt.	9245 Mosonszolnok, Szabadság u. 33	40 255 679	49	257	156	159	422	
BESZ20.	BOS Plastics Systems Hungary Bt.	9173 Györladamér, Wilhelm Baumeister utca 1.	21 377 306	14	223	121	165	388	
BESZ21.	Bourns Kft.	8400 Ajka, Hársfa u.9	17 403 870	84	237	187	112	402	
BESZ22.	BPW-Hungária Kft.	9700 Szombathely, Körmendi út 98.	77 343 466	107	315	214	52	480	
BESZ23.	Bridgestone Tatabánya Kft.	2851 Környe, Kőhíd út 1	36 538 674	56	162	60	215	327	
BESZ24.	Brose Hungary Automotive Kft.	6000 Kecskemét, Daimler út 1	16 899 541	209	1	157	341	184	
BESZ25.	Caroflex Fékbetétgyár Kft.	4600 Kisvárd, Árpád út 123.	3 774 785	425	296	313	557	97	
BESZ26.	Cascade Engineering Europe Kft.	2314 Halásztelek, Kisgyár u. 23	5 874 214	124	94	69	282	260	
BESZ27.	Clarion Hungary Kft.	2760 Nagykáta, Jászberényi út 116	14 372 501	188	72	106	346	191	

BESZ28.	Continental Automotive Hungary Kft.	8200 Veszprém, Házgyári út 6-8	116 182 202	87	189	155	137	371
BESZ29.	Continental Automotive Hungary Kft.	1106 Budapest, Napmátka utca 6.	116 182 202	132	97	66	290	229
BESZ30.	Contitech Fluid Automotive Hungária Kft.	6900 Makó, Rákosi út 3	40 999 375	312	131	256	443	202
BESZ31.	Contitech Fluid Automotive Hungária Kft.	2600 Vác, Külső Rádi út	40 999 375	161	139	65	296	225
BESZ32.	ContiTech Magyarország Kft	4400 Nyíregyháza, Derkovits u. 137.	20 952 023	375	317	265	507	53
BESZ33.	Contitech Rubber Industrial Kft.	6728 Szeged, Budapesti út 10	33 921 073	277	80	225	405	233
BESZ34.	Cosma Alu-Structures Kft.	Székesfehérvár, Verseci u. 1-15, 8000	4 206 672	89	128	98	189	313
BESZ35.	Csaba-Metál Zrt.	1025 Budapest, Felhévizi út 31	5 018 196	123	92	43	282	233
BESZ36.	Csaba-Metál Zrt.	5520 Szeghalom, Kinizsi út 76	5 018 196	328	133	261	487	75
BESZ37.	Csaba-Metál Zrt.	5600 Békéscsaba, Kerek 637	5 170 263	322	126	266	481	128
BESZ38.	CSABACast Kft.	3032 Apc, Vasút utca 1	10 701 858	212	154	100	371	191
BESZ39.	Dana Hungary Gyártó Kft.	9027 Győr, Kardán utca 6.	73 037 730	c	210	110	160	375
BESZ40.	Delphi Connection Systems Hungary Kft.	2800 Tatabánya, Búzavirág u. 13	50 911 465	60	156	51	218	322
BESZ41.	Delphi Hungary Kft.	9700 Szombathely, Zanati út 29/A.	95 319 233	101	309	208	59	480
BESZ42.	Delphi Hungary Kft.	9700 Szombathely, Puskás Tivadar	95 319 233	102	310	209	60	481

		utca 10.						
BESZ43.	Delta-Tech Kft.	2660 Balassagyarmat, Ipari Park 5	1 525 332	161	186	74	319	310
BESZ44.	Delta-Tech Kft.	9027 Győr, Kőrísa utca 7	785 777	5	206	106	170	372
BESZ45.	Denso Kft.	8000 Székesfehérvár, Holland fasor 14	216 651 200	95	132	102	191	319
BESZ46.	Diamond Electric Kft.	2500 Esztergom, Rubik Ernő utca 1.	16 989 838	108	154	1	267	264
BESZ47.	Dräxlmaier	2030 Érd, Turul utca	3 025 764	121	105	58	235	271
BESZ48.	Eagle Ottawa Hungary Kft.	5000 Szolnok, Piroskai u. 12.	60 476 453	224	52	153	383	133
BESZ49.	Eckerle Kft.	6200 Kiskőrös, Dózsa György út 44.	7 693 624	144	298	264	58	479
BESZ50.	EDAG Hungary Kft.	9024 Győr, Zrínyi utca 11.	2 628 786	6	213	98	156	379
BESZ51.	Eissmann Automotive Hungaria Kft.	4400 Nyíregyháza, Bottyán János utca 8/A	24 001 611	376	317	264	508	54
BESZ52.	Emika Zrt.	6300 Kalocsa, Miskei út 21	2 078 980	229	83	180	298	263
BESZ53.	EMT Hungaria Kft.	2100 Gödöllő, Körösi Csoma út 21.	6 607 116	173	114	60	307	206
BESZ54.	Erbslöh Hungaria Kft.	9027 Győr Ipari Park, Nyírfa sor	5 904 654	5	208	107	168	373
BESZ55.	Euro EXEDY Tengelykapcsoló Gyártó Kft.	2800 Tatabánya, Szarkaláb út 6	2 311 045	60	156	51	213	322
BESZ56.	Excel Csepel Szerszámgyártó Kft.	1211 Budapest, Varrógépgyártó Kft.	199 933	126	93	70	285	240

		yár u. 1.						
BESZ57.	Excel Csepel Szerszámgépgyártó Kft.	3533 Miskolc, Kerpely Antal utca 35.	199 933	331	272	218	489	119
BESZ58.	F. Segura Hungaria Kft.	5000 Szolnok, Bánki Donát utca 1	19 206 712	226	54	154	384	135
BESZ59.	Faurecia Emissions Control Technologies Hungary Kft.	5123 Jászárokszállás, Ipari út 2	18 402 599	232	98	120	391	169
BESZ60.	Federal Mogul Hungary Kft.	9184 Kunsziget, Fő út 51.	9 826 256	20	231	130	160	397
BESZ61.	FESTO Automatika Kereskedelmi és Szolgáltató Kft	1037 Budapest, Csillaghegyi út 32-34	8 516 824	129	105	39	288	235
BESZ62.	Firth Rixson Hungária Kft.	3300 Eger, Bánki Donát u. 1	10 887 489	278	151	165	436	126
BESZ63.	Flextronics International Kft.	8660 Tab, Munkás u.28.	206 662 232	178	158	169	189	384
BESZ64.	Flextronics International Kft.	8900 Zalaegerszeg, Zrinyi Miklós u. 38.	295 231 760	146	312	263	64	478
BESZ65.	Flextronics International Kft.	9600 Sárovar, Ikervári u. 42.	88 569 528	92	280	198	68	470
BESZ66.	Freudenberg Simmerringe Kft.	6000 Kecskemét, Kadafalva, Heliport repülőtér 11751/11. hrsz	23 816 660	202	11	146	333	191
BESZ67.	GE Hungary Kft	1044 Budapest, Váci út 77.	600 432 000	130	122	43	289	228
BESZ68.	Gedia Hungary Kft.	2890 Tata, belterület 460/109. hrsz	17 981 141	54	160	49	213	302
BESZ69.	Gentherm Hungary Kft.	2084 Pilisszentiván, Bányatelep 14.	58 246 141	120	116	26	279	245

BESZ70.	Gestamp-Hungária Kft.	8060 Mór, Akai u. 3	20 639 527	59	163	84	208	344
BESZ71.	Gibbs-Hungary Die Casting Kft.	2651 Rétság, Ipari Park 4	3 593 016	153	161	66	342	251
BESZ72.	Gurit Kft.	Székesfeh érvár, Kukorica u., 8000	3 847 497	89	127	99	189	314
BESZ73.	Győri Plast Műanyagipari Kft.	9024 Győr, Pásztor u. 26.	3 072 082	6	218	116	155	383
BESZ74.	HAJDU Autotechnika Zrt.	4243 Téglás, 0135/32	4 971 005	389	206	277	548	24
BESZ75.	HalDEX Hungary Kft.	2255 Szentlőrinc káta, Dózsa György út 93.	13 383 788	187	87	114	346	196
BESZ76.	Hanon Systems Hungary Kft.	8000 Székesfeh érvár, Aszalvölgy i út 9-11	6 311 320	85	136	101	186	317
BESZ77.	Hankook Tire Magyarország Kft.	2459 Rácalmás, Hankook tér 1	221 713 000	169	88	113	241	269
BESZ78.	Harman Becker Kft.	8000 Székesfeh érvár, Holland fasor 19	451 437 445	110	132	103	191	319
BESZ79.	Harman Professional Kft.	7632 Pécs, Szilva utca 1-3.	9 982 968	330	205	274	251	385
BESZ80.	HBPO Automotive Hungária Kft.	8000 Székesfeh érvár, Holland fasor 4.	8 553 368	110	132	103	191	319
BESZ81.	HBPO Automotive Hungária Kft.	9027 Győr, Íves utca 6.	12 830 052	1	209	108	159	374
BESZ82.	HBPO Manufacturing Hungary Kft. (Plastic Omnium)	6000 Kecskemét , Mercedes út 1	42 146 575	213	1	158	341	184
BESZ83.	Hella Hungária Kft.	1139 Budapest, Forgách u. 17	2 094 258	125	99,6	44	284	230
BESZ84.	Hi-Lex Hungary Kft.	2651 Rétság, Ipari park	12 437 777	180	161	66	339	247

		3						
BESZ85.	Hirschler-Glas Kft.	9400 Sopron, Ágfalvi út 14.	659 887	98	306	205	131	471
BESZ86.	Hirschmann Car Communication Kft.	5600 Békéscsaba, Csorvási út 35	17 370 638	316	120	260	448	131
BESZ87.	Hübner-H Gumi és Műanyagipari Kft.	4400 Nyíregyháza, Tünde u. 11	13 397 003	377	271	265	536	49
BESZ88.	Ibiden Hungary Kft.	2336 Dunavarsány, Neumann János utca 1.	95 394 430	139	93	83	297	258
BESZ89.	INTERPLUS KFT	7130 Tolna, 970/118.	5 523 840	235	115	180	267	295
BESZ90.	Johnson Controls International Kft.	1097 Budapest, Gubacsi út 6. b/1 (Office Campus)	10 454 945	122	92	53	280	235
BESZ91.	Jopp Interior Hungary Kft.	5000 Szolnok, Rékasi út 94	4 816 823	222	59	150	354	133
BESZ92.	Jász-Plasztik Kft.	5100 Jászberény, Neicsőtelep 1	73 428 311	208	86	122	366	169
BESZ93.	KACO Hungary Kft.	9143 Enese, Győri út 13.	6 428 152	33	229	128	143	395
BESZ94.	Kaloplasztik Kft.	6300 Kalocsa, Gombolyagi út 1	1 382 470	295	86	171	295	266
BESZ95.	Karsai Plast Kft.	8000 Székesfehérvár, Albalipari Zóna, Zsurló u. 12.	1 077 512	105	131	97	196	313
BESZ96.	KIRCHHOFF Hungaria Kft.	2500 Esztergom, Ipari Park	34 030 447 692	267	154	1	267	264
BESZ97.	Kiswire Szentgotthárd Kft.	Szentgotthárd, Haris út 3, 9970	11 720 978	160	368	239	2	534
BESZ98.	Knaus Tabbert Kft.	2600 Vác, Dr. Csányi	4 778 748	161	142	60	319	227

		László körút 29/B. földszint 1.							
BESZ99.	Knaus Tabbert Kft.	2645 Nagyoroszi, Fő út 112.	4 778 748	147	171	60	306	257	
BESZ 100.	Knorr Bremse Fékrendszerek Kft.	6000 Kecskemét, Georg Knorr utca 8.	24 232 221	209	2	153	367	182	
BESZ 101.	Knorr Bremse Fékrendszerek Kft.	1113 Budapest, Major u. 69	24 232 221	134	90	78	293	252	
BESZ 102.	Kromberg-Schubert Kft.	9730 Kőszeg, Cáki u. 92.	19 991 678	145	326	225	75	492	
BESZ 103.	Kunplast-Karsai Zrt.	6100 Kiskunfélegyháza, Szegedi út 66	2 508 634	230	28	174	375	199	
BESZ 104.	Le Belier Magyarország Formaöntöde Zrt	8401 Ajka, Ajka-Gyártelep	48 920 778	87	237	168	112	403	
BESZ 105.	Lear Corporation Hungary Kft.	2100 Gödöllő, Haraszi út 4	62 548 018	148	117	60	331	206	
BESZ 106.	Lear Corporation Hungary Kft.	8060 Mór, Mester u. 2	62 548 018	75	177	93	207	343	
BESZ 107.	Lear Corporation Hungary Kft.	3200 Gyöngyös, Pipis hegy	31 274 009	229	171	118	388	167	
BESZ 108.	Lear Corporation Hungary Kft.	9027 Győr, Körtefa utca 6.	52 123 349	8	206	105	170	372	
BESZ 109.	Linamar Hungary Nyrt.	5900 Orosháza, Csorvási ut 27.sz	17 663 673	308	101	257	440	163	
BESZ 110.	Linamar Hungary Nyrt.	5600 Békéscsaba, Szarvasi út 86-88	41 215 238	318	122	266	450	131	
BESZ 111.	LKH Leoni Kábelgyár Hungária Kft.	3000 Hatvan, Kölcsey Ferenc u. 53	52 680 221	178	144	91	336	181	
BESZ 112.	Luk Savaria Kft.	9700 Szombathely, Zanati út 31	250 348 629	101	309	208	59	472	

BESZ 113.	MAG Hungary Kft	6000 Kecskemét , István király krt. 23/A	7 580 757	204	7	148	362	180
BESZ 114.	Magna Automotive Hungary Kft.	6034 Helvécia, Gazdasági dűlő 45/A	34 366 777	208	11	152	340	191
BESZ 115.	MAGYARMET Kft.	2060 Bicske, Kanizsai út 12	3 449 579	86	126	49	244	269
BESZ 116.	Mahle Compressors Hungary Kft (Delphi- Calsonic)	2660 Balassagy armat, Déli Iparterület, Szügyi út	46 834 104	164	190	77	323	243
BESZ 117.	Michelin Hungária Kft.	1138 Budapest, Váci út 140.	238 878 000	125	101	43	284	230
BESZ 118.	Mitsuba Automotive Systems of Europe Kft.	3104 Salgótarjá n, Patak utca 3-4	27 816 598	247	189	126	406	226
BESZ 119.	Modine Hungária Kft.	3401 Mezőköve sd, Lövői út 3	21 177 307	274	215	162	432	106
BESZ 120.	Modine Hungária Kft.	3200 Gyöngyös, Gábor Dénes u. 2	21 177 307	200	166	113	357	157
BESZ 121.	Mono- Ipolyfabric Kft.	2633 Ipolytölgye s, Homokpus zta	9 560 949	110	176	23	269	274
BESZ 122.	MSSL Manufacturing Kft.	Túrkeve, Kisújszállá si u. 46, 5420	259 439	273	107	201	431	94
BESZ 123.	Musashi Hungary Ipari Kft.	2451 Ercsi, Ercsény út 1	12 106 577	140	119	84	240	285
BESZ 124.	Nemak Győr Kft.	9027 Győr, Ipari park, Nyírfa sor 5387/112 ,	66 200 970	5	208	107	168	373
BESZ 125.	NHK Spring Hungary Kft.	2890 Tata, Halász utca 1	27 813	54	160	49	213	325
BESZ 126.	Nief Plastic Hungária Kft	5440 Kunszent márton, Ipari park	7 764 027	250	53	194	382	154
BESZ	Otto Fuchs Hungary Kft.	2800 Tatabánya	30 172 677	60	156	51	219	322

127.		, Búzavirág u. 12							
BESZ 128.	Pata József Gépipari Kft.	6352 Fajsz, Paprika u. 3	2 507 168	271	98	215	299	279	
BESZ 129.	PEMÜ Műanyagipari Zrt.	2083 Solymár, Terstyánsz ky út 89	5 668 749	122	114	28	281	243	
BESZ 130.	Phoenix Mecano Kecskemét Kft.	Kecskemét , Szent István krt. 24, 6000	37 010 431	205	10	150	364	182	
BESZ 131.	Plasticor Műanyagfeldolgozó Kft.	8200 Veszprém, Veszprém völgyi utca 22.	882 216	88	181	133	138	368	
BESZ 132.	Plastimat Magyarország Kft.	2500 Esztergom , Rubik Erő utca 5	4 713 230	109	154	2	267	264	
BESZ 133.	POLYTEC Komló Kft.	7300 Komló, Patak utca 2	2 525 300	244	198	234	234	463	
BESZ 134.	Poppe + Potthoff Hungária Kft.	8400 Ajka, Új Atlantisz Ipari Park hrsz 5701/2.	27 136 624	84	221	167	112	402	
BESZ 135.	Prec-Cast Kft.	3980 Sátoraljaúj hely, Ipar u. 2.	26 090 873	401	342	289	559	128	
BESZ 136.	Rehau- Automotive Kft.	9027 Győr, Tibormajor i út 2-12.	26 240 834	5	207	105	170	372	
BESZ 137.	Remy Automotive Hungary Kft.	3527 Miskolc, Zsigmondy utca 42	13 350 746	328	249	217	487	116	
BESZ 138.	Robert Bosch Elektronika Kft.	3000 Hatvan, Robert Bosch út 1	559 297 449	203	109	90	336	180	
BESZ 139.	Robust Plastics Hungary Kft.	9027 Győr, Csókás utca 5.	4 162 553	1	210	109	160	374	
BESZ 140.	Rudolph Autóipari Logisztikai Kft.	9027 Győr, Kardán utca 10.	3 580 574	1	206	105	169	371	
BESZ 141.	RÁBA Járműipari Holding Nyrt.	Győr, Martin út 1, 9027	1 369 589	1	209	109	160	375	

BESZ 142.	Salgglas Üvegipari Zrt.	3104 Salgótarján, Budapesti út 29	10 615 092	250	191	139	409	229
BESZ 143.	Sanmina-SCI Magyarország Kft	2800 Tatabánya , Kóta József utca 2.	12 251 728	64	147	45	223	313
BESZ 144.	Sapa Profiles Kft	8000 Székesfehérvár, Verseci utca 1-15	95 049 448	103	134	97	189	313
BESZ 145.	Schwarz Müller Kft.	2330 Dunaharaszti, Jedlik Ányos u. 43	44 824 403	129	83	73	287	249
BESZ 146.	SCS Magyarország Kft.	2800 Tatabánya , Táncsics M. út 2/C	3 813 575	65	148	45	224	313
BESZ 147.	Semcon	1117 Budapest, Gábor Dénes utca 2	2 082 149	119	95	50	278	237
BESZ 148.	Semperform Kft.	9400 Sopron, Somfalvi út 29.	3 437 823	99	306	205	132	472
BESZ 149.	Sertec Auto Structures (Hungary) Bt.	2881 Ászár, Köztársasági út 15/a	7 682 388	36	199	97	168	364
BESZ 150.	Seton Hungary Kft.	Jánosháza , Jókai u. 4, 9545	32 684 086	89	264	220	79	429
BESZ 151.	SEWS Magyarország Kft.	8060 Mór, Akai utca 12	23 142 972	58	178	81	213	343
BESZ 152.	SFS Group Hungary Kft.	9241 Jánossomorja, Vásár tér 18.	6 053 806	54	262	161	151	427
BESZ 153.	Shinwa Magyarország Precíziós Kft.	3534 Miskolc, Muhi u. 2/a	8 539 584	331	252	220	490	119
BESZ 154.	Siemens Healthcare Kft.	1143 Budapest, Gizella út 51-57	3 622 539	123	96	46	282	228
BESZ 155.	Samwardhana Motherson Peguform	6000 Kecskemét , Barényi Béla út.	37 341 619	206	1	150	338	185
BESZ	SMR Automotive	5420 Túrkeve,	16 181 368	273	107	201	431	94

BESZ 156.	Mirror Technology Hungary Bt.	Kisújszállási utca 52/B.							
BESZ 157.	SMR Automotive Mirror Technology Hungary Bt.	9245 Mosonszolnok, Szabadság utca 35.	37 341 619	49	257	156	159	422	
BESZ 158.	SMR Automotive Mirror Technology Hungary Bt.	9200 Mosonmagyaróvár	33 607 457	47	254	153	165	420	
BESZ 159.	Stanley Electric Hungary Kft.	3200 Gyöngyös, Gábor Dénes út 1	14 088 391	200	116	113	358	157	
BESZ 160.	Syncreon Hungary Kft.	9027 Győr, Kardán u. 1.	14 335 769	1	210	108	160	375	
BESZ 161.	Takata Safety Systems Hungary Kft.	3516 Miskolc, Takata út 1.	36 447 627	320	241	208	478	108	
BESZ 162.	Tauril Gumigyártó és Kereskedelmi Kft	1108 Budapest, Ujhegyi út 25-31	8 489 540	128	93	55	287	232	
BESZ 163.	Tenneco Hungary Kft.	6000 Kecskemét , Daimler út 1	22 995 353	209	1	157	341	184	
BESZ 164.	Thyssenkrupp Components Technology Hungary Kft.	4002 Debrecen, Rugó u. 2.	4 666 017	371	185	259	530	1	
BESZ 165.	Thyssenkrupp Components Technology Hungary Kft.	1113 Budapest, Daróczi út 1-3.	4 666 017	116	97	60	275	237	
BESZ 166.	Thyssenkrupp Components Technology Hungary Kft.	9027 Győr, Íves utca 6	23 330 084	1	209	108	159	374	
BESZ 167.	Thyssenkrupp Components Technology Hungary Kft.	5126 Jászfényszaru Thyssenkrupp utca 1.	13 998 050	192	101	105	351	184	
BESZ 168.	TI Automotive Hungary Bt.	Győr, Körtefa 6., 9027	357 156	8	206	105	170	372	
BESZ 169.	WOCO Kft.	1108 Budapest, Ujhegyi ut 25-31.	18 104 067	128	93	55	287	232	
BESZ 170.	Tisza Automotive Kft.	3580 Tiszaújváros, TVK Ipartelep	7 877 903	319	241	208	478	73	

		2117/12 hrsz.						
BESZ 171.	Toyo Seat Europe Kft. (TS-Tech)	2440 Százhalom batta, Iparos u. 2.	9 034 665	129	108	73	287	273
BESZ 172.	U-Shin Europe Kft.	2870 Kisbér, Batthyány puszta iparterület 2. ép.	8 201 736	53	195	93	195	360
BESZ 173.	Valeo Auto- Electric Hungary Kft.	8200 Veszprém, Piramis utca 1.	163 083 287	88	189	155	137	371
BESZ 174.	Veritas Dunakiliti Kft.	9225 Dunakiliti, Veritas utca 1.	10 766 815	59	266	165	177	432
BESZ 175.	Videoton Holding Zrt.	8000 Székesfeh érvár, Berényi u. 72-100.	13 700 117	101	150	100	187	316
BESZ 176.	WEBASTO Thermo & Comfort Hungária Kft.	1135 Budapest, Szent László út 73.	1 000 905	127	100	45	286	230
BESZ 177.	Wecast Hungary Zrt	2840 Oroszlány, Szent Borbála u. 16.	33 170 084	67	170	65	226	335
BESZ 178.	ZF Hungária Kft.	3300 Eger, Kistályai u. 2.	54 017 088	276	217	163	434	127
BESZ 179.	Zollner Elektronik Kft.	2600 Vác, Deákvári fasor 16- 18.	95 839 377	226	140	66	295	226

3. sz. melléklet – A szimulációs futtatási eredmények összehasonlítása

Futtatás 1		Futtatás 2		Futtatás 3	
Autógyár	Beszállító	Autógyár	Beszállító	Autógyár	Beszállító
OEM1	BESZ145	OEM1	BESZ044	OEM1	BESZ044
OEM1	BESZ122	OEM1	BESZ048	OEM1	BESZ048
OEM1	BESZ013	OEM1	BESZ013	OEM1	BESZ013
OEM1	BESZ077	OEM1	BESZ145	OEM1	BESZ145
OEM1	BESZ031	OEM1	BESZ019	OEM1	BESZ019
OEM1	BESZ059	OEM1	BESZ005	OEM1	BESZ005
OEM1	BESZ153	OEM1	BESZ093	OEM1	BESZ093
OEM1	BESZ034	OEM1	BESZ066	OEM1	BESZ066
OEM1	BESZ004	OEM1	BESZ129	OEM1	BESZ129
OEM1	BESZ139	OEM1	BESZ130	OEM1	BESZ130
OEM1	BESZ019	OEM1	BESZ176	OEM1	BESZ176
OEM1	BESZ156	OEM1	BESZ171	OEM1	BESZ171
OEM1	BESZ167	OEM1	BESZ039	OEM1	BESZ039
OEM1	BESZ060	OEM1	BESZ101	OEM1	BESZ101
OEM1	BESZ064	OEM1	BESZ077	OEM1	BESZ077
OEM1	BESZ178	OEM1	BESZ139	OEM1	BESZ139
OEM1	BESZ092	OEM1	BESZ038	OEM1	BESZ038
OEM1	BESZ075	OEM1	BESZ086	OEM1	BESZ086
OEM1	BESZ150	OEM1	BESZ021	OEM1	BESZ021
OEM1	BESZ053	OEM1	BESZ076	OEM1	BESZ076
OEM1	BESZ151	OEM1	BESZ067	OEM1	BESZ067
OEM1	BESZ160	OEM1	BESZ058	OEM1	BESZ058
OEM1	BESZ009	OEM1	BESZ018	OEM1	BESZ018
OEM1	BESZ135	OEM1	BESZ071	OEM1	BESZ071
OEM1	BESZ096	OEM1	BESZ123	OEM1	BESZ123
OEM1	BESZ027	OEM1	BESZ091	OEM1	BESZ091
OEM1	BESZ136	OEM1	BESZ122	OEM1	BESZ122
OEM1	BESZ037	OEM1	BESZ151	OEM1	BESZ151
OEM2	BESZ163	OEM2	BESZ058	OEM2	BESZ058
OEM2	BESZ161	OEM2	BESZ085	OEM2	BESZ085
OEM2	BESZ132	OEM2	BESZ165	OEM2	BESZ165
OEM2	BESZ151	OEM2	BESZ084	OEM2	BESZ084
OEM2	BESZ073	OEM2	BESZ146	OEM2	BESZ146
OEM2	BESZ048	OEM2	BESZ148	OEM2	BESZ148
OEM2	BESZ064	OEM2	BESZ013	OEM2	BESZ013
OEM2	BESZ156	OEM2	BESZ136	OEM2	BESZ136
OEM2	BESZ171	OEM2	BESZ080	OEM2	BESZ080
OEM2	BESZ100	OEM2	BESZ129	OEM2	BESZ129
OEM2	BESZ011	OEM2	BESZ177	OEM2	BESZ177
OEM2	BESZ099	OEM2	BESZ171	OEM2	BESZ171
OEM2	BESZ029	OEM2	BESZ062	OEM2	BESZ062

OEM2	BESZ143
OEM2	BESZ089
OEM2	BESZ166
OEM2	BESZ139
OEM2	BESZ069
OEM2	BESZ157
OEM2	BESZ004
OEM2	BESZ077
OEM2	BESZ054
OEM2	BESZ096
OEM2	BESZ160
OEM2	BESZ144
OEM2	BESZ084
OEM2	BESZ036
OEM2	BESZ071
OEM3	BESZ116
OEM3	BESZ071
OEM3	BESZ077
OEM3	BESZ104
OEM3	BESZ161
OEM3	BESZ081
OEM3	BESZ008
OEM3	BESZ096
OEM3	BESZ060
OEM3	BESZ074
OEM3	BESZ005
OEM3	BESZ101
OEM3	BESZ094
OEM3	BESZ140
OEM3	BESZ164
OEM3	BESZ174
OEM3	BESZ171
OEM3	BESZ175
OEM3	BESZ048
OEM3	BESZ121
OEM3	BESZ156
OEM3	BESZ147
OEM3	BESZ064
OEM3	BESZ097
OEM3	BESZ142
OEM3	BESZ065
OEM3	BESZ159
OEM3	BESZ111
OEM4	BESZ003
OEM4	BESZ062

OEM2	BESZ028
OEM2	BESZ070
OEM2	BESZ003
OEM2	BESZ033
OEM2	BESZ140
OEM2	BESZ150
OEM2	BESZ043
OEM2	BESZ130
OEM2	BESZ116
OEM2	BESZ153
OEM2	BESZ109
OEM2	BESZ018
OEM2	BESZ021
OEM2	BESZ118
OEM2	BESZ079
OEM3	BESZ136
OEM3	BESZ010
OEM3	BESZ108
OEM3	BESZ056
OEM3	BESZ015
OEM3	BESZ116
OEM3	BESZ084
OEM3	BESZ152
OEM3	BESZ130
OEM3	BESZ157
OEM3	BESZ095
OEM3	BESZ078
OEM3	BESZ050
OEM3	BESZ172
OEM3	BESZ075
OEM3	BESZ013
OEM3	BESZ096
OEM3	BESZ171
OEM3	BESZ097
OEM3	BESZ003
OEM3	BESZ046
OEM3	BESZ024
OEM3	BESZ006
OEM3	BESZ177
OEM3	BESZ008
OEM3	BESZ004
OEM3	BESZ144
OEM3	BESZ149
OEM4	BESZ141
OEM4	BESZ104

OEM2	BESZ028
OEM2	BESZ070
OEM2	BESZ003
OEM2	BESZ033
OEM2	BESZ140
OEM2	BESZ150
OEM2	BESZ043
OEM2	BESZ130
OEM2	BESZ116
OEM2	BESZ153
OEM2	BESZ109
OEM2	BESZ018
OEM2	BESZ021
OEM2	BESZ118
OEM2	BESZ079
OEM3	BESZ136
OEM3	BESZ010
OEM3	BESZ108
OEM3	BESZ056
OEM3	BESZ015
OEM3	BESZ116
OEM3	BESZ084
OEM3	BESZ152
OEM3	BESZ130
OEM3	BESZ157
OEM3	BESZ095
OEM3	BESZ078
OEM3	BESZ050
OEM3	BESZ172
OEM3	BESZ075
OEM3	BESZ013
OEM3	BESZ096
OEM3	BESZ171
OEM3	BESZ097
OEM3	BESZ003
OEM3	BESZ046
OEM3	BESZ024
OEM3	BESZ006
OEM3	BESZ177
OEM3	BESZ008
OEM3	BESZ004
OEM3	BESZ144
OEM3	BESZ149
OEM4	BESZ141
OEM4	BESZ104

OEM4	BESZ131	OEM4	BESZ011	OEM4	BESZ011
OEM4	BESZ121	OEM4	BESZ117	OEM4	BESZ117
OEM4	BESZ050	OEM4	BESZ019	OEM4	BESZ019
OEM4	BESZ136	OEM4	BESZ138	OEM4	BESZ138
OEM4	BESZ106	OEM4	BESZ152	OEM4	BESZ152
OEM4	BESZ018	OEM4	BESZ158	OEM4	BESZ158
OEM4	BESZ148	OEM4	BESZ128	OEM4	BESZ128
OEM4	BESZ078	OEM4	BESZ026	OEM4	BESZ026
OEM4	BESZ100	OEM4	BESZ080	OEM4	BESZ080
OEM4	BESZ034	OEM4	BESZ017	OEM4	BESZ017
OEM4	BESZ105	OEM4	BESZ100	OEM4	BESZ100
OEM4	BESZ045	OEM4	BESZ161	OEM4	BESZ161
OEM4	BESZ179	OEM4	BESZ108	OEM4	BESZ108
OEM4	BESZ151	OEM4	BESZ088	OEM4	BESZ088
OEM4	BESZ133	OEM4	BESZ073	OEM4	BESZ073
OEM4	BESZ161	OEM4	BESZ177	OEM4	BESZ177
OEM4	BESZ083	OEM4	BESZ054	OEM4	BESZ054
OEM4	BESZ107	OEM4	BESZ102	OEM4	BESZ102
OEM4	BESZ089	OEM4	BESZ016	OEM4	BESZ016
OEM4	BESZ093	OEM4	BESZ097	OEM4	BESZ097
OEM4	BESZ115	OEM4	BESZ048	OEM4	BESZ048
OEM4	BESZ177	OEM4	BESZ060	OEM4	BESZ060
OEM4	BESZ081	OEM4	BESZ055	OEM4	BESZ055
OEM4	BESZ021	OEM4	BESZ118	OEM4	BESZ118
OEM4	BESZ104	OEM4	BESZ173	OEM4	BESZ173
OEM4	BESZ063	OEM4	BESZ065	OEM4	BESZ065