



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉS
TÉZISFÜZETE

HERCZEG MÁRK

Bizonytalanságok az autóipari ellátási láncokban

Témavezető: Pató Gáborné Dr. habil. Szűcs Beáta

Budapest, 2023.03.06.

BIZTONSÁGTUDOMÁNYI
DOKTORI ISKOLA

Tartalomjegyzék

1 Summary.....	3
2 A kutatás előzményei.....	4
3 Célkitűzések.....	12
4 Vizsgálati módszerek.....	14
5 Új tudományos eredmények.....	18
6 Az eredmények hasznosítási lehetősége.....	20
7 Irodalmi hivatkozások listája / Irodalomjegyzék.....	23
8 Publikációk.....	30
8.1 A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények.....	30

1 Summary

Because of the COVID-19, there were many changes in the world starting from 2020, and various factors affected the global supply chains, including the automotive and electronics industries as well. I have done extensive research into different international literatures to identify and check the different supply chain, uncertainty and network related articles and studies, and various methods which are used in supply network analyses. I have also collected a database and used different approaches to study and interpret the changes and important factors of the supply networks in my dissertation.

In my thesis I analysed the supply networks of the Hungarian subsidiaries of the biggest European tier 1 automotive suppliers in the field of electronic control unit production in connection with the COVID-19 and related uncertainties of the global supply chains and networks. I examined the structural changes of the supply networks of three tier 1 suppliers between 2018 and 2021 to identify any structural differences in those four years. I also analysed the temporal changes of the importance and central role of the partners, their materials management activities, and also the variables related to uncertainties that affected the relationship and material flow between the partners in the analysed supply network from 2018 till 2021.

In my research area I proposed strategic approaches to mitigate different uncertainties and material shortages, and I highlighted the importance of the improvement and extension of the supplier base, the close cooperation, the proactive identification of the structural changes in order to efficiently react to different shocks in the global market.

2 A kutatás előzményei

A 21. század felgyorsult világa tele van új lehetőségekkel, mellette pedig kihívásokkal az élet minden területén. A világ a COVID-19 következtében megváltozott, a logisztika és az ellátási lánc menedzsment más értelmet nyert, az ellátási láncok és hálózatok talán sosem voltak még ennyire fontosak. Ez kiemelten igaz a kutatásomban kulcsfontosságú autóiipari és elektronikai területekre, ahol a kiélezett verseny meghatározó. A 2020-as évektől kezdődően az együttműködés, közös válaszok a kihívásokra, a bizonytalanság leküzdése kiemelt szerepet kapott azokban az időkben, amikor nemhogy évekre, hónapokra, hanem sok esetben hetekre előre sem lehetett érdemben tervezni a megváltozott piaci helyzet miatt.

Az elmúlt néhány évben olyan logisztikai és ellátási láncokkal kapcsolatos kihívásokkal kellett szembenéznie a világnak, és a különböző szervezeteknek, amelyek eddig precedens nélküliek voltak. A megszokott üzletmenet teljesen átférmálódott több dolog együttes eredményeként. Megváltoztak a prioritások, a tankönyvi példák, tanított módszerek, a folyamatok új értelmet nyertek, vagy akár idejétmúlttá váltak. Olyan óriási változások következtek be, amelyekre nem lehetett teljes mértékben felkészülni, gyorsan, proaktívan reagálni. Ellátási lánc és logisztikai szempontból az autóiiparnak és az elektronikai iparnak olyan ipar- és régióspecifikus megoldásokat kellett és jelenleg is kell találnia a különböző kihívások és bizonytalanságok leküzdésére, amelyekkel nem csak alkalmazkodni tudnak a változásokhoz, hanem a versenyképesség megtartása és a különböző fejlődési lehetőségek mellett a vevői kiszolgálási szint a lehető legmagasabb szinten történjen.

Az autóiipari mikroelektronika egy olyan robbanásszerűen növekedő és fejlődő, kihívásokkal teli terület, amely ötvözi a különböző iparágak diverzitását, komplex háttéréből adódóan egyedi megközelítést igényel. [1] Kutatásom során ezt az izgalmas és sokszínű területet vizsgáltam, ahol egy speciális termékcsalád, az autóiipari vezérlőegységek ellátási láncainak, hálózatainak elemzésével foglalkoztam a kapcsolódó bizonytalanságok tükrében. A bizonytalanság, az autóiipari ellátási láncok és hálózatok közötti kapcsolat vizsgálata több tudományterület segítségével történt, interdiszciplináris tekintetben kapcsolja össze a különböző gazdasági, műszaki és társadalmi eredményeket egy holisztikus, átfogó képet adva.

Az ellátási láncokkal kapcsolatos bizonytalanságokat több oldalról megközelítették már különböző szerzők, [2] [3] kiemelve egyes allokációs eseteket. [4] Más iparágakban is foglalkoztak az ezekkel kapcsolatos következményekkel, hatásokkal, több ellátási láncokkal

kapcsolatos tudományos eredmény is született, amely kiemeli, hogy nem elég a bizonytalanságot egy változóként kezelni a különböző döntéshozatalok során, illetve felhívják a figyelmet a megfelelő erőforrások allokációjára a bizonytalanságok tükrében. [5] A bizonytalanság azon események, változások összessége, amelyek kevésbé kiszámítható módon, időben, hatással, következménnyel vannak a vizsgált területre, ennek következtében a döntések meghozatala nehezebb lesz a kisebb átláthatóság és a döntés következményeinek kevésbé előre jelezhető hatásai miatt. [6] [7] A különböző szakcikkekben [8] [9] kitértek a nehézségekre, mint például az ellátási problémákra egy kiszámíthatatlan piaci környezetben, [10] potenciális megoldási lehetőségekre, mint például új források bevonása az ellátási láncokba¹, [11] illetve matematikai modellek segítségével kapott eredmények ismertetésére. Főleg nemzetközi szintű, fokozatosan bővülő szakirodalmi háttér állt rendelkezésre a komplex kutatáshoz, melyek foglalkoztak az egyes ellátási láncokhoz kapcsolódó bizonytalanságokhoz, [12] [13] kiemelték az együttműködés és közös döntéshozatal előnyeit [14] [15] és a vevőkkel való szoros kollaborációt, [16] illetve a beszállítói bázis kiválasztásának fontosságait a költségek tükrében. [17] Ezeken felül a COVID is fontos szerepet kapott a kutatások során, [18] [19] illetve az átláthatóság és fenntarthatóság, [20] valamint egyes készletgazdálkodási megoldások is. [21]

Az ellátási láncokban és hálózatokban lévő kiszámíthatatlanság és kockázat előrejelzése, megelőzése és a különböző negatív következmények proaktív és reaktív kezelése egyre fontosabb szerepet kap [22] a globalizáció hatásai és a gazdasági életben lévő kielezett verseny miatt. [23] A kevésbé rugalmas autóiipari elektronika területén, ahol a termékek komplexitásukból és technológiai specifikumaikból adódóan [24] rendkívül érzékenyek az ellátási láncban történő változásokra, [25] a logisztikai folyamatok zavartalan biztosítása érdekében elengedhetetlen a bizonytalanság és kockázatok minimalizálása. [26] A modern globális autóiipari ellátási láncok működését és folyamatait is nagymértékben befolyásolja a bizonytalanság, amely szerepet játszik a költségcsökkentésben, a környezettudatosságban és a profitnövelésben is, ezért is kiemelten lényeges foglalkozni ezzel a kérdéskörrel. [27] A pandémia újabb kihívások elé állította az autógyártó vállalatokat, beszállítóikat és partnereket is egyaránt.

A COVID enyhülése után a bizonytalanság kérdése aktuális maradt, hogy vállalati és ellátási lánc szempontból hogyan lehet felkészülni egy hasonló esetre, ha egyáltalán ez lehetséges,

¹

illetve hogyan lehetett volna jobban kezelni a 2020 elején kezdődött helyzetet, és a jövőre nézve milyen tanulságokat lehet levonni a közelmúlt eseményei alapján, és milyen módon lehet enyhíteni, elkerülni a különböző bizonytalansági tényezőkből származó negatív következményeket. [28] A téma Magyarországon is nagy jelentőséggel bír, magyarországi autóiipari leányvállalatokat vizsgáltam kutatásom során, amelyek a globális autóiipari hálózatok tagjaiként fontos részei a vezérlőegység termékcsaládok előállításában, mint együttműködő partnerek a kontinenseken átívelő ellátási láncokban.

A téma aktualitását igazolja a napjainkban is ismert chiphiány kérdésköre, [29] [30] az autóiiparban és elektronikai iparban lévő nehézségek és kihívások [31] [32], melyek befolyásolták az egyes vállalatok teljesítményét és növekedését, [33] az ezekkel kapcsolatos bizonytalanságok kezelése [34] kiemelten fontos ezen a területen. A COVID, a bizonytalanság [35] és az ellátási láncok, hálózatok kapcsolatát [36] [37] több szempontból vizsgálták már, viszont kutatásom során új és feltérképezetlen összefüggéseket vizsgálok az autóiipari vezérlőegység gyártás területén a COVID előtti és alatti években. Megállapítható, hogy kutatási területem több szempontból is aktuális és újszerű, egyrészt az ellátási láncok és hálózatok kapcsolatainak vizsgálata a COVID és az általam vizsgált bizonytalansági tényezők függvényében hiánypótló, valamint a hálózatok alakulását befolyásoló vizsgálati tényezők szintén újszerű megközelítésként azonosíthatók.

Munkám középpontjában a legnagyobb európai székhellyel rendelkező autóiipari, első szintű beszállítók² elektronikai gyártással is foglalkozó magyar leányvállalataival kapcsolatos vezérlőegység gyártás ellátási hálózata állt, amely egy rendkívül összetett és kihívásokkal teli speciális szegmense az elektronikai iparnak. Doktori dolgozatomban a COVID-19 fontos szerepet játszott, az általam vizsgált időszak a 2018-as és 2019-es évek, mint a pandémia előtti időszak, valamint a 2020-as és 2021-es évek, mint a koronavírus alatti időszak, és erre a négyéves periódusra nézve térképeztem fel és elemeztem a kutatásom középpontjában álló első szintű beszállítók ellátási hálózatait.

Kutatásom kiindulópontjának három autóiipari első szintű beszállítót választottam. Ezek az autóiipari első szintű beszállítók központjai Európában találhatóak, és a teljes globális autóiipari OEM³ eladásaik tekintetében 2020-as statisztika alapján a top 10 autóiipari beszállítók közé tartoztak. A vizsgálati fókusz meghatározását a Pareto 80/20-as szabály alapozta meg az

² Első szintű beszállító: tier 1 beszállító

³ OEM: Original Equipment Manufacturer: egy adott vállalat sajátként forgalmazza más eredeti gyártó vállalatoktól vett termékeket

eladásaik tekintetében. Mindhárom választott vállalat szigorú kérése volt az anonimitás, ennek tükrében osztották meg az adatbázisokat, és álltak rendelkezésre az interjúhoz.

Doktori dolgozatomban az irodalomkutatás során azt vizsgáltam, hogy a különböző, főleg nemzetközi, illetve hazai szakirodalmakban milyen ellátási láncsal, bizonytalansággal és hálózatokkal kapcsolatos, dolgozatom szempontjából releváns kutatásokat végeztek eddig, és mely aspektusok voltak kiemelve az egyes tanulmányokban. Ezután további részekre bontottam a három nagyobb kategóriát, specifikálva a kutatásom szempontjából fontosabb alterületeket, fogalmakat, módszereket. Több különböző megközelítés és szakirodalom alapján az 1. táblázatban lévő csoportosítást alakítottam ki. Az első oszlopban a vizsgált főbb területeket, és a második oszlopban az adott főbb területhez tartozó alterületeket szemléltetem.

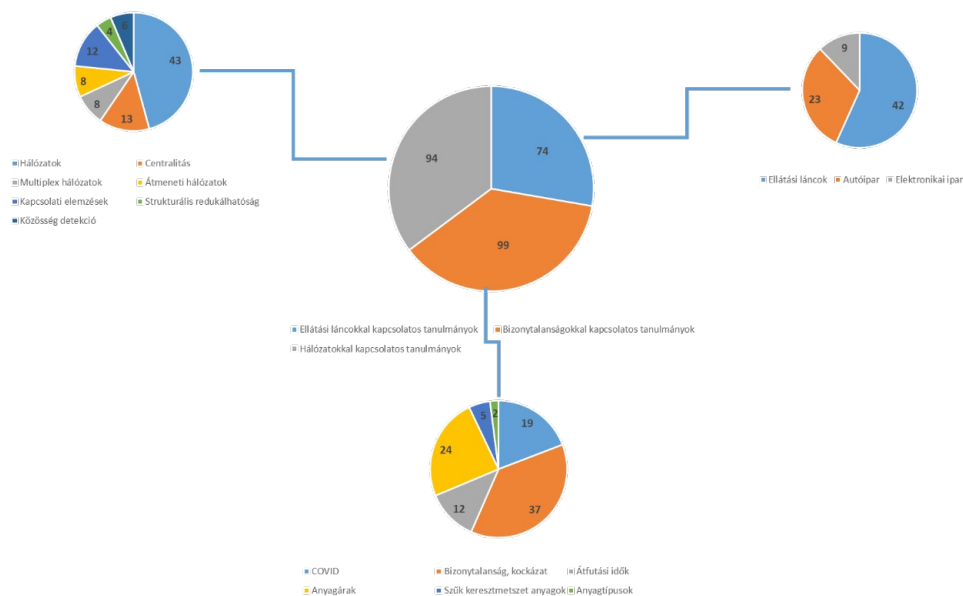
Vizsgált főbb területek	Vizsgált alterületek
Ellátási láncok	Ellátási láncsal kapcsolatos tanulmányok [38] [39] [40] [41] [42] [44] Autóiparral kapcsolatos tanulmányok [38] [39] [40] [41] [46] Elektronikai iparral kapcsolatos tanulmányok [38] [39] [40] [42]
Bizonytalanságok	COVID-19-el kapcsolatos tanulmányok [41] [42] [46] Bizonytalansággal, kockázattal kapcsolatos tanulmányok [38] [39] [40] [41] [42] [44] Átfutási idővel kapcsolatos tanulmányok [38] [41] [42] [44] Anyagárakkal, anyagköltségekkel kapcsolatos tanulmányok [38] [41] [42] [44] [45] Szűk keresztmetszet anyagokkal kapcsolatos tanulmányok [41] [43] Anyagtípusokkal kapcsolatos tanulmányok [41]
Hálózatok	Hálózatokkal kapcsolatos tanulmányok [38] [39] [40] [42] [43] [44] [45] [46] Centralitással kapcsolatos tanulmányok [43] [44] [45] [46] Multiplex hálózatokkal kapcsolatos tanulmányok [43] [44] [45] [46] Átmeneti hálózatokkal kapcsolatos tanulmányok [43] Kapcsolati elemzést tartalmazó tanulmányok [45] [46] Közösség detekcióval kapcsolatos tanulmányok [44] Strukturális redukálhatósággal kapcsolatos tanulmányok [44] [46]

1. táblázat: Az irodalomkutatás során vizsgált főbb és alterületek
Forrás: [38] [39] [40] [41] [42] [43] [44] [45] [46] alapján saját szerkesztés

A szisztematikus irodalomkutatás alapjául a bemutatott három főbb és további alterületek szolgálnak. A kutatásom során azokat a szakirodalmakat ítéltam meg relevánsnak, amelyek közül legalább egy főbb terület és egy alterület jelenik meg az adott cikkben nem csak az absztrakt részében, illetve összeségében legalább három területtel foglalkozik az irodalom a főbb és alterületek közül. Az irodalmak keresése során a főbb és alterületek címszóira kerestem, ezek alapján gyűjtöttem össze a kutatásomhoz releváns szakirodalmakat a témában.

Az elmúlt évek releváns szakirodalmainak áttekintése, elemzése során szembetűnő, hogy mennyire jelentős szerepe van a bizonytalanságok [47] [48] vizsgálatának az ellátási

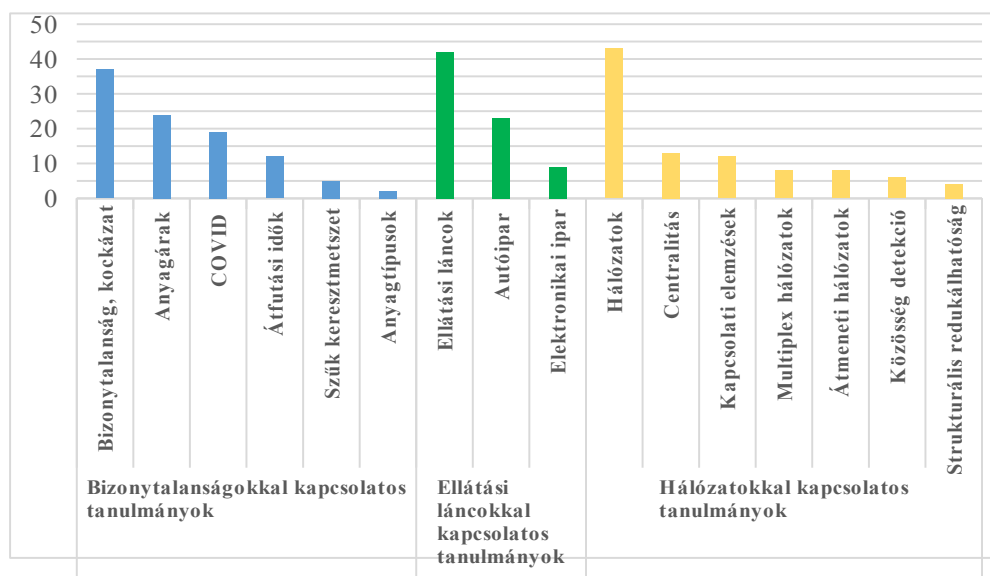
láncokban, ellátási hálózatokban. [49] [50] A szűk keresztmetszet anyagok, [51] [52] különböző anyagtipusok, [53] [54] a COVID-19, [55] [56], mely precedens nélküli nehézségeket okozott az ellátási láncok területén, [57] [58] az árváltozások, anyagárak [59] [60] [61] és átfutási idők változása [62] [63] mind fontos bizonytalansági tényezők, amik jelentős hatással lehetnek az ellátási láncokra, hálózatokra nézve. [64] [65] A releváns szakirodalmak gyűjtése és elemzése után az egyes tanulmányokban megjelenő vizsgált alterületek eloszlását szemléltetem az 1. ábrán. Az 1. ábra az egyes fejezeteket és alfejezeteket tartalmazza, a középső diagram a főbb területeket, a három külső diagram pedig az egyes főbb területek alterületeit, és azok gyakoriságát.



1. ábra: A releváns szakirodalmak megoszlása területek szerint
 Forrás: [66] [67] [68] [69] [70] [71] [72] [73] [74] alapján saját szerkesztés

Az autóiipari [75] [76] elektronikai területén, [77] [78] mely egy kiemelten fontos terület más iparágakhoz kapcsolódóan is [79] [80] a vezérlőegységek, mint komplex termékek [81] esetén az egyes hálózatelemzéssel kapcsolatos tanulmányok [82] [83] nem tértek ki a COVID következtében kialakult autóiipari strukturális változásokra, [84] [85] hanem más aspektusból, egy-egy részterületre fókuszálva [86] (például centralitás, átfutási idők) vizsgálták az egyes multiplex hálózatok dinamikáját, [87] [88] és az egyes rétegek közötti összefüggéseket. [89] [90] Ezen felül ugyancsak vizsgáltak temporális ellátási hálózatokat egyes ellátási lánc dinamikák feltárására, [91] [92] előrejelzések készítésére, [93] [94], illetve a COVID-al kapcsolatos hatások feltérképezésére is. [95]

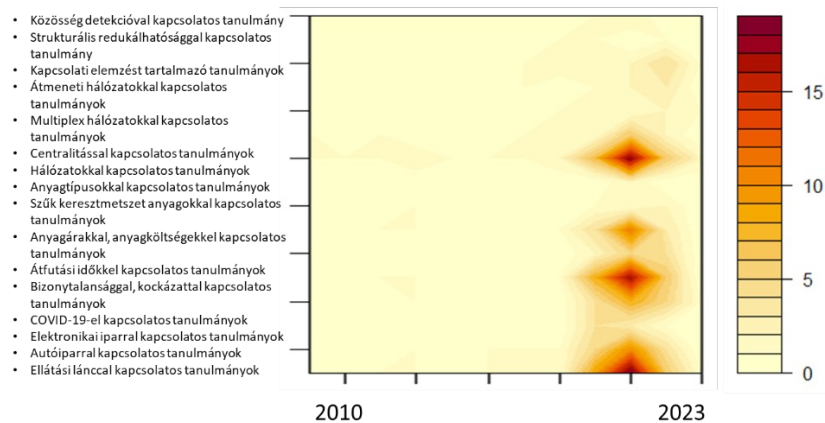
Azok a tanulmányok, ahol a centralitás metrikák, [96] [97] kapcsolati elemzést tartalmazó módszerek, mint például a regresszió elemzés [98] [99] alkalmazásra kerültek különböző iparágakban, [100] [101] és a különböző előrejelzési módszerek, [102] [103] illetve a közösség detekció [104] fontos szerepet kaptak, ott sem vizsgálták a COVID hatásait az ellátási hálózatok struktúrájával kapcsolatban, [105] [106] illetve a strukturális redukálhatóság módszerével. [107] [108] Ezeket a módszereket a kvantitatív módszerek fejezetben fejtettem ki részletesen is. Ezen alapján elmondható, hogy nem végeztek többretegű ellátási hálózatokkal és autóiipari ellátási láncokkal kapcsolatos kutatásokat a COVID-al összefüggésben az általam vizsgált változók tükrében. A 2. ábrán az irodalomkutatásban szereplő tanulmányok csoportosítása látható az egyes területek gyakorisága alapján.



2. ábra: A releváns szakirodalmak összesítése gyakoriság alapján
 Forrás: Saját szerkesztés

A 2. ábra jól szemlélteti, hogy a vizsgált tanulmányokban mely alterületekkel, fontosabb módszerekkel, fogalmakkal foglalkoztak eddig a szakirodalomban a legtöbbet, és melyekkel kevésbé. Az irodalomkutatás eredményeként elmondható, hogy a különböző ellátási láncokkal, hálózatokkal és bizonytalansággal kapcsolatos kutatások során vizsgálták már külön az egyes doktori dolgozatomban is fontos változók közötti kapcsolatokat bizonyos megközelítések alapján, főleg az általam vizsgált főbb területek mentén. Doktori dolgozatomban pedig ezek hatásait vizsgálom egy komplex, átfogó kutatás keretében. Az egyes vizsgált területek és alterületek lefedettségét a releváns szakirodalmak alapján a 3. ábrán vizualizálom. A kategóriákat az idő függvényében ábrázoltam, és az egyes területek alapján a pontok sűrűsége azt mutatja meg, hogy a szakirodalomban hányan foglalkoztak az

adott témával az adott évben, a Google Scholar adatbázist használva, amely különböző adatbázisokra irányított tovább, mint például Web of Science, Emerald, Scopus stb. Minél nagyobb a sűrűsége, annál sötétebben van ábrázolva egy kategória, tehát annál többen foglalkoztak a területtel.



3. ábra: A vizsgálati fókuszban lévő releváns szakirodalmi lefedettség
Forrás: Saját szerkesztés

A 3. ábrán jól látható, hogy főleg friss publikációk és szakcikkek foglalkoztak és foglalkoznak az általam vizsgált pontokkal, ez is jól szemlélteti a téma aktualitását. A 2. táblázatban pedig gyakoriság szerint rendezve mutatom be a releváns szakirodalmakat, hasonló felépítés szerint, mint a 3. ábrán.

Tanulmányok	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Összegzés
Hálózatokkal kapcsolatos tanulmány	1	1	1	2	1	1	1	2	7	18	6	2	43
Ellátási láncokkal kapcsolatos tanulmány	1	1	1	1	0	1	1	1	9	19	6	1	42
Bizonytalansággal, kockázattal kapcsolatos tanulmány	1	1	1	1	0	0	1	1	8	17	6	0	37
Anyagárrakkal, anyagköltségekkel kapcsolatos tanulmány	1	1	1	1	0	1	0	1	4	11	3	0	24
Autóiparral kapcsolatos tanulmány	0	0	0	1	0	1	1	1	5	10	4	0	23
COVID-19-el kapcsolatos tanulmány	0	0	0	1	0	0	0	0	4	8	5	1	19
Centralitással kapcsolatos tanulmány	1	0	1	0	0	0	1	1	1	6	2	0	13
Átfutási idővel kapcsolatos tanulmány	0	0	0	0	0	1	0	0	2	5	4	0	12
Kapcsolati elemzést tartalmazó tanulmány	0	0	1	0	0	0	1	2	1	2	4	1	12
Elektronikai iparral kapcsolatos tanulmány	0	1	0	0	0	0	0	0	4	3	1	0	9
Multiplex hálózatokkal kapcsolatos tanulmány	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	2	1	8
Átmeneti hálózatokkal kapcsolatos tanulmány	1	0	0	0	0	0	1	0	1	2	3	0	8
Közösség detekcióval kapcsolatos tanulmány	1	0	0	0	1	0	0	0	1	2	1	0	6
Szűk keresztmetszet anyagokkal kapcsolatos tanulmány	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	2	0	5
Strukturális redukálhatósággal kapcsolatos tanulmány	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	4
Anyagtípusokkal kapcsolatos tanulmány	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2

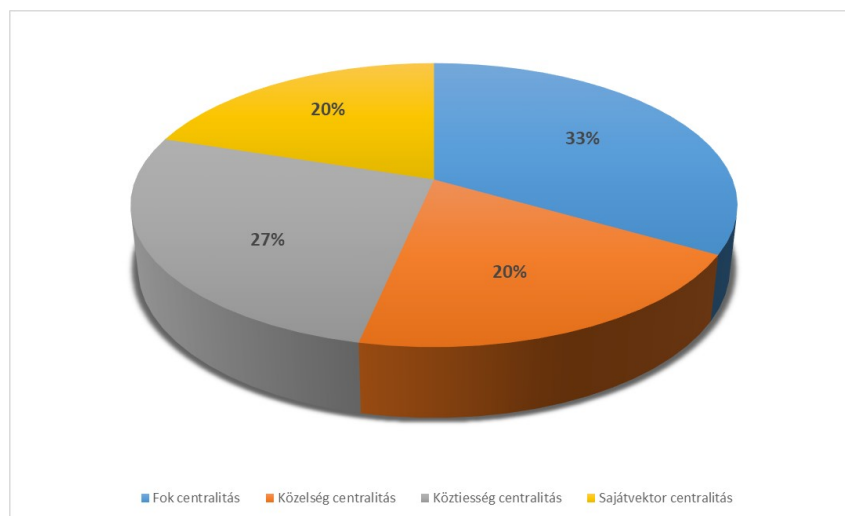
2. táblázat: A releváns szakirodalmi lefedettség gyakoriság szerinti elrendezésben

Forrás: Saját szerkesztés

A 2. táblázat is jól szemlélteti, hasonlóan, mint a 3. ábra, hogy a 2020-as években, a COVID megjelenése után kezdtek el egyre többen foglalkozni a szakirodalomban a kutatásomban

szereplő főbb és alterületekkel az egyes tanulmányok, ez is a téma aktualitását és relevanciáját erősíti.

Az irodalomkutatás során azt is vizsgáltam, hogy a releváns szakirodalmakban a különböző centralitási metrikák közül melyek kerültek fókuszba, melyekkel foglalkoztak a legnagyobb gyakorisággal. Ez azért volt fontos kutatásomban, mert az általam végzett hálózatelemzés során a kapcsolódó kutatási kérdés esetén hasonló metrikák mentén közelítettem meg a problémát. Fontos kiemelni, hogy a négy főbb metrika speciális, egyedi eseteit (pl. PageRank centralitás) is ebbe a négy főbb kategóriába sorolom be, ezeket a 4. ábrán szemléltetem.



4. ábra: Az egyes centralitás metrikák gyakorisága a releváns irodalmakban
Forrás: Saját szerkesztés

A 4. ábra azt is jól szemlélteti, hogy a négy főbb metrika közül mindegyikkel foglalkoztak az egyes szakirodalmakban, melyek a fok centralitás, [109] [110] [111] [112] közelség centralitás, [113] [114] [115] köztiesség centralitás [116] [117] [118] és sajátvektor centralitás, [119] [120] [121] mindegyik releváns, nem volt olyan, amit csak nagyon kis mértékben érintettek a szakirodalmak, ezért kutatásom során mindegyiket vizsgálom a kutatás releváns részében. Fontos megemlíteni, hogy komplex hálózatelemzéssel, kiemelve a strukturális redukálhatóság, közösség detekció módszerét, és korrelációelemzéssel egybekötött autóiipari elektronikai kutatás nem került még lefolytatásra a COVID tükrében, amely az általam vizsgált bizonytalansági tényezőket összekapcsolja, így elmondható, hogy kutatásom egy átfogó, újszerű, tudományos területet fed le.

3 Célkitűzések

Kutatási célom az volt, hogy áttekintsem és megvizsgáljam az autóiipari elektronikai iparhoz, bizonytalansághoz, ellátási lánchoz és hálózatelemzéshez releváns hazai és nemzetközi szakirodalmakat, és a különböző kapcsolódó kutatások eredményeit. Továbbá célom volt, hogy azonosítsam a legnagyobb európai székhelyű autóiipari első szintű beszállító vállalatokat, feltárjam és elemezzem a magyar leányvállalataiknak az elektronikai vezérlőegység gyártással, mint speciális területtel kapcsolatos beszállítói hálózatuk struktúrájának változását, illetve az egyes szereplők fontosságának és anyagellátásuk változását 2018 és 2021 között. Ezen felül további célom volt, hogy elemezzem a partnerkapcsolatokat leíró változók⁴ közötti összefüggéseket a rendelkezésre álló adatok alapján.

A vezérlőegység gyártás területe azért volt indokolt kutatásomban, mert bizonytalanság szempontjából ismeretes, hogy az autógyártók és releváns autóiipari beszállítók ezeket a terméktípusokat, termékcsaládokat szűk keresztmetszetként kezelik, továbbá a vezérlőegységek olyan stratégiai termékek, amelyek nélkül az autógyártás manapság már elképzelhetetlen lenne, ezek nélkül a modern járművek működtetése nem lenne lehetséges.

Az autóiipari elektronikai ellátási láncokban keletkezett alapanyaghiányok, kapacitási problémák és egyes kritikus anyagok átfutási idejének és árainak növekedése nagymértékben érintette a vezérlőegység gyártást is, mint komplex és speciális területet. A kutatott ellátási hálózatokban⁵ vizsgált bizonytalansági tényezők elemzése az autóiipari elektronika területén lehetőséget adott arra is, hogy a kutatás eredményeit más hasonló területen vagy iparágban is lehessen alkalmazni.

Ezek alapján kutatásomban a kutatási rést, a bizonytalanságok, ellátási láncok és hálózatok együttes integráló vizsgálata jelenti, az általam kutatott autóiipari első szintű beszállítók területén, a vezérlőegység gyártással kapcsolatos ellátási hálózatok és a kutatási bizonytalansági tényezők tükrében. Ezen aspektusok együttes vizsgálata hiánypótlónak tekinthető.

⁴ Anyagárak és átfutási idők változásai, illetve az anyagok státusza és kritikussága

⁵ ellátási hálózat: olyan több szintű gyártóegységek és egyéb szolgáltatói partnerek közötti kapcsolatrendszerként lehet definiálni, amelyben az együttműködő tagok bizonyos szinten együttesen felelősek a beszerzési, gyártási és disztribúciós tevékenységekért egy vagy több kapcsolódó termékcsalád kapcsán. [122]

Doktori dolgozatomban a célkitűzéseket figyelembe véve az alábbi kutatási kérdésekre kerestem a választ:

K-1: A vizsgált első szintű beszállítók ellátási hálózatának struktúrájában megfigyelhető-e különbség a COVID-ot megelőző két év és a COVID időszakában?

K-2: Megfigyelhető-e időbeli változás a szereplők fontosságát, illetve központi szerepét és anyagellátási viselkedésüket tekintve a 2018-2021 időszakon belül?

K-3: A kutatás középpontjában álló ellátási hálózatok beszállítói kapcsolatainak alakulásában, mely vizsgált bizonytalansági tényezők és milyen mértékben játszanak szerepet?

A kutatási kérdések alapján az alábbi hipotéziseket fogalmaztam meg az értekezésemben:

H-1: A vizsgált autóiipari első szintű beszállítók, elektronikai területén, a vezérlőegység gyártással kapcsolatos ellátási hálózatokban, strukturális különbség volt megfigyelhető a vizsgált négyéves periódus alatt.

H-2: A vizsgált első szintű beszállítók ellátási hálózatában, további anyagellátási források bevonása, mint például disztribútor, bróker cégek, illetve a beszállítói hálózat bővítése szükségessé vált, bár a további anyagellátási források hatalmi pozíciója nem erősödött; ugyanakkor a vizsgálat szerinti harmadik szintű partnerek, a kutatott ellátási hálózatban betöltött szerepének felértékelődése volt megfigyelhető a COVID alatti időszakban.

H-3: A kutatás során vizsgált, négy változó közül, az átfutási idők változása határozza meg szignifikánsan, a beszállítói kapcsolatok alakulását a COVID időszak alatt, 2020-ban és 2021-ben, a többi vizsgált változónak nincsen szignifikáns szerepe.

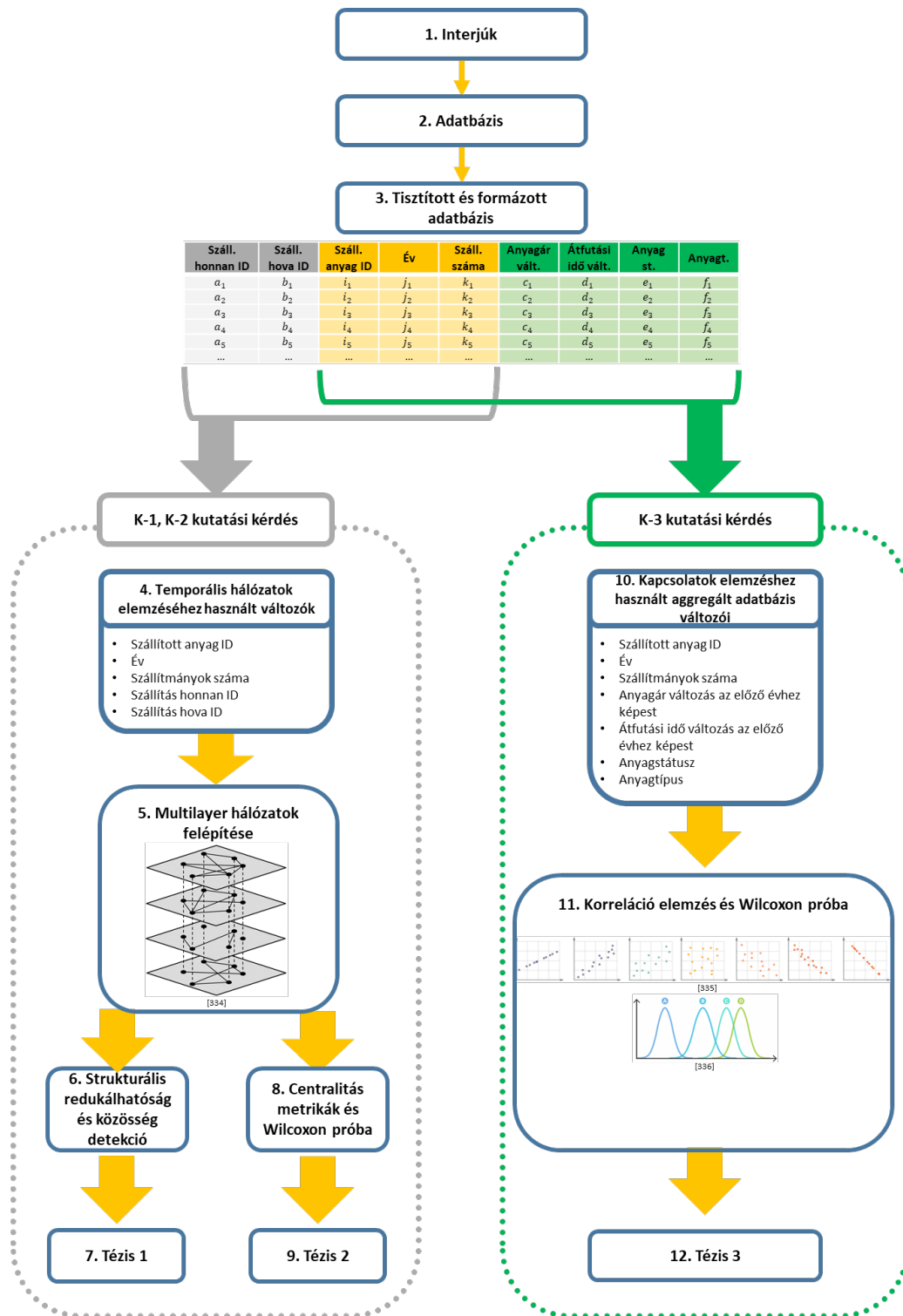
A szakirodalmi vizsgálat után azt a konklúziót vontam le, hogy az általam vizsgált változók közül az átfutási idők változása várható szignifikánsan befolyásoló tényezőnek a kutatásomban vizsgált, specifikus és komplex területen. Továbbá az előzetes szakmai és kapcsolódó szakirodalmi tapasztalatok alapján, a négy vizsgált változó közül ez volt a legmeghatározóbb. Hipotézisemben, ezért az átfutási időt emeltem ki, mint várhatóan egyetlen szignifikánsan befolyásoló vizsgálati tényezőt.

4 Vizsgálati módszerek

A kutatási kérdések megválaszolása és a hipotézisek igazolása vagy elvetése miatt először irodalomkutatást, és azok feldolgozását, majd az általam felépített adatbázis elemzését végeztem el, ahol hálózatelemzéssel (centralitás metrikák, közösség detekció, strukturális redukálhatóság) temporális hálózatok esetén és kapcsolatelemzéssel (korrelációelemzés és Wilcoxon próba) kapcsolatos módszereket alkalmaztam az átfogó eredmények elérése érdekében. A kutatás során használt módszerek segítségével a COVID-19 kapcsán az utóbbi néhány év során tapasztalt új és eddig precedens nélküli problémákat és kihívásokat elemeztem, amelyek tükrében elmondható, hogy az ellátási hálózatoknak ez a területe egy viszonylag feltérképezetlen terület.

Kutatásom során kiemelten fontos változókat vizsgálok az ellátási láncok és ellátási hálózatok szempontjából. Az átfutási idők és anyagáramok változása, a vizsgált ellátási hálózatban szereplő beszállítások alakulása, az anyagok kritikusságának és anyagtípusok alakulása 2018 és 2021 között szerepel dolgozatom középpontjában, hogy ezek változása milyen hatással volt a beszállítói hálózati struktúra és szereplők fontosságának alakulására, és mely változók játszottak fontos szerepet ebben.

Ebben a fejezetben a kutatásom keretrendszerét, mint a kutatás elméleti modelljét mutatom be, hogy az interjúk elkészítésétől kezdve az adatbázisom összeállításán, a kutatási kérdésekhez tartozó hipotézisek igazolása vagy elvetéséig milyen főbb részeket lehet azonosítani a doktori dolgozatomban, ezeket a 14. ábrán szemléltetem.



5. ábra: A kutatás keretrendszere
 Forrás: Saját szerkesztés

A kutatási kérdések alapján két főbb irány alapján haladtam dolgozatomban. A K-1 és K-2 kutatási kérdések megválaszolását hálózatelemzési módszerek, míg a K-3 kutatási kérdést kapcsolatvizsgálati módszerek segítségével közelítettem meg. Az egyes irányok elemzése

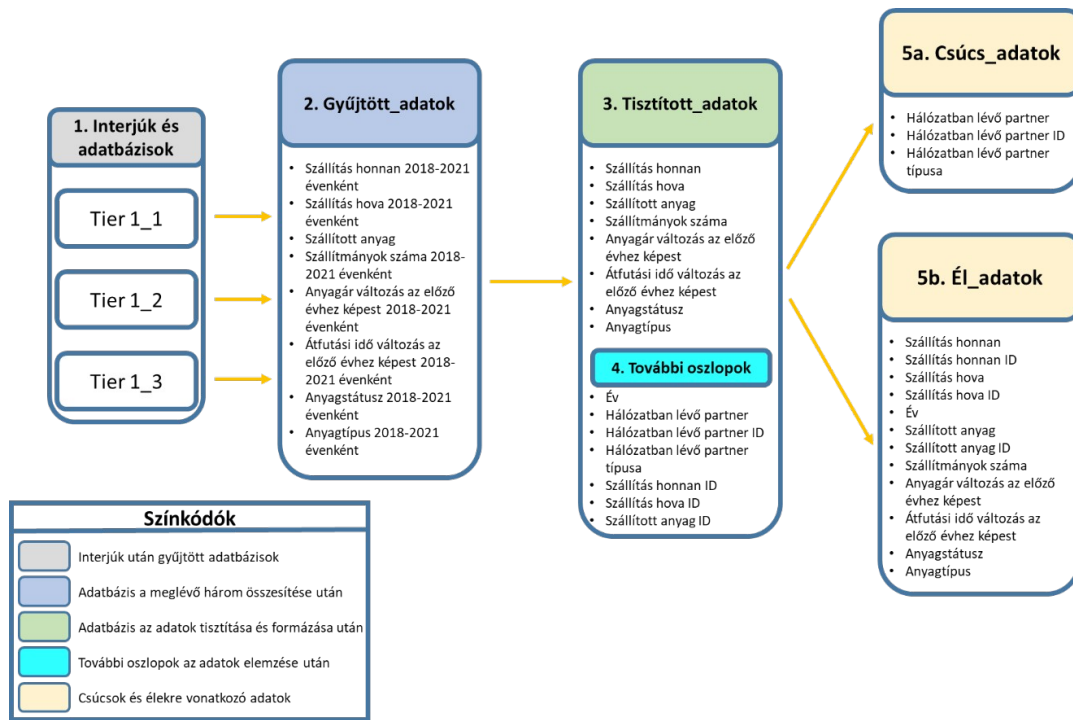
során a végleges adatbázisnak különböző szegmensét használtam fel, amelyeket a 14. ábrán vizualizáltam. A hálózatelemzés során a strukturális redukálhatóság és különböző centralitás metrikák alapján végeztem az elemzéseket, míg a kapcsolatvizsgálat esetében aggregált adatbázis alapján korreláció elemzéssel történtek a vizsgálatok. Az egyes alkalmazott módszertanokat külön fejezetben mutatom be részletesen is az alkalmazott módszertanok fejezetben.

Doktori dolgozatomban a kutatás magját a vállalati adatbázisok elemzése alkotják, dolgozatomban strukturált interjúkat is folytattam a vizsgált első szintű beszállítókkal, hogy kvalitatív módszerekkel is támogassam és alátámasszam a kvantitatív elemzésemet. A kutatási kérdéseket, illetve az azokhoz hozzátartozó hipotéziseket, kapcsolódó interjúkérdéseket és a használt módszertanokat a 9. táblázatban összegzem.

Kutatási kérdés	Hipotézisek	Alkalmazott módszertan
K-1: A vizsgált első szintű beszállítók ellátási hálózatának struktúrájában megfigyelhető-e különbség a COVID-ot megelőző két év és a COVID időszakában?	H-1: A vizsgált autóiipari első szintű beszállítók, elektronikai területén, a vezérlőegység gyártással kapcsolatos ellátási hálózatokban, strukturális különbség volt megfigyelhető a vizsgált négyéves periódus alatt.	<ul style="list-style-type: none"> • Strukturális redukálhatóság, mint többretegű hálózatelemzési módszer temporális hálózatok esetén vizsgálva • Közösség detekció • Strukturált interjúelemzés: I-1, I-2
K-2: Megfigyelhető-e időbeli változás a szereplők fontosságát, illetve központi szerepét és anyagellátási viselkedésüket tekintve a 2018-2021 időszakon belül?	H-2: A vizsgált első szintű beszállítók ellátási hálózatában, további anyagellátási források bevonása, mint például disztribútor, bróker cégek, illetve a beszállítói hálózat bővítése szükségessé vált, bár a további anyagellátási források hatalmi pozíciója nem erősödött; ugyanakkor a vizsgálat szerinti harmadik szintű partnerek, a kutatott ellátási hálózatban betöltött szerepének felértékelődése volt megfigyelhető a COVID alatti időszakban.	<ul style="list-style-type: none"> • Centralitás metrikák temporális hálózatok esetén vizsgálva • Kétmintás t-próba • ANOVA teszt • Wilcoxon teszt • Strukturált interjúelemzés: I-3, I-4
K-3: A kutatás középpontjában álló ellátási hálózatok beszállítói kapcsolatainak alakulásában, mely vizsgált bizonytalansági tényezők játszanak szerepet?	H-3: A kutatás során vizsgált, négy változó közül, az átfutási idők változása határozza meg szignifikánsan, a beszállítói kapcsolatok alakulását a COVID időszak alatt, 2020-ban és 2021-ben, a többi vizsgált változónak nincsen szignifikáns szerepe.	<ul style="list-style-type: none"> • Korrelációelemzés, mint kapcsolatalemzési módszer a vizsgált tényezők tükrében • ANOVA teszt • Wilcoxon teszt • Strukturált interjúelemzés: I-5, I-6

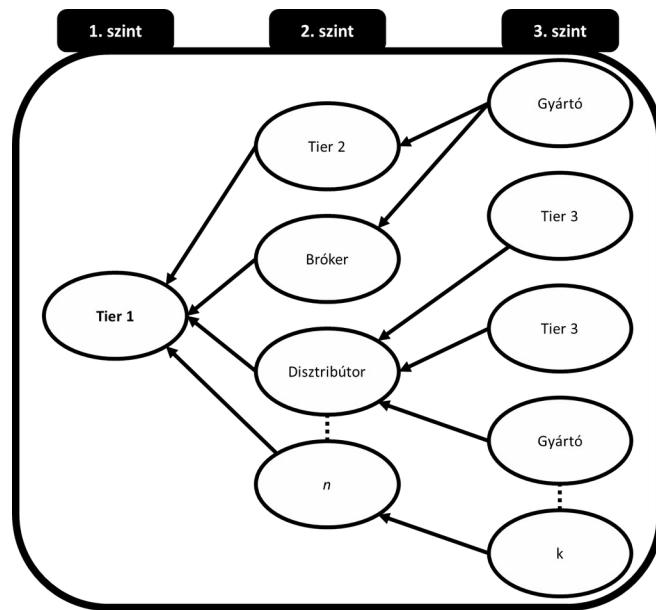
3. táblázat: Operacionalizálás összefoglaló táblázata
Forrás: Saját szerkesztés

Az első szintű beszállítóktól kapott három adatbázist egységes struktúrába szerkesztettem, egy adattáblába rendeztem. Az összeállított, egységes adatbázis fő jellemzője, hogy éves adatokat szerepelnek benne 2018 és 2021 között, tehát négyéves periódust tartalmaz szimmetrikusan, kettő év a COVID előtti, illetve kettő év a COVID alatti időszakot öleli fel, ezekre az évekre állnak rendelkezésre a különböző változók. Az adatok gyűjtésétől az adatbázis véglegesítéséig, az egyes változtatásokat és lépéseket a 15. ábrán vizualizálom.



6. ábra: Az adatbázis létrehozásának keretrendszere
Forrás: Saját szerkesztés

Az ellátási hálózatot tekintve háromszintű hálózatot vizsgálom, amelyet a 16. ábrán vizualizálok. Az első szintű, mint középpontban lévő vállalatok, azok beszállítóit, azaz második szintű vállalatokat, illetve harmadik szintű vállalatokat. Az anyagbeszerzés azonban nem minden esetben történt ezen a standard csatornákon keresztül, mert egyéb partnereken keresztül is történhetett az anyagáramlás, akik a második szintű vagy harmadik szintű beszállítókon kívül lehetnek más komponens gyártók, disztribútorok, brókerek, logisztikai szolgáltatók, központi logisztikai egységek, szállítmányozó partnerek szolgáltatói, és egyéb más partnerek is.



7. ábra: Háromszintű ellátási hálózat szemléltetése egy példán keresztül
 Forrás: Saját szerkesztés

Az elektronikai piac specifikussága miatt az elektronikai komponens gyártók és beszállítók a globális integráció következtében hatalmas piaci jelenléttel és hatalommal rendelkeznek, nagyon sok autógyártóhoz és nem autógyártóhoz köthető partnereik vannak, ezért nagyon sok esetben egy ilyen beszállító több autógyártó beszállítójának is értékesíti termékeit, ami jól látszik az általam vizsgált ellátási hálózatban is.

5 Új tudományos eredmények

Doktori dolgozatom célja az volt, hogy azonosítsam és elemezzem a legnagyobb európai székhellyel rendelkező autógyártó első szintű beszállítók ellátási hálózatát az elektronikai vezérlőegység gyártás területén egyes bizonytalansági tényezők tükrében.

Az általam végzett irodalomkutatás során elmondható, hogy komplex hálózatelemzéssel kiegészített autógyártó elektronikai kutatás nem került még lefolytatásra a COVID tükrében, amely az általam vizsgált fontos bizonytalansági tényezőket helyezi a középpontba.

A kutatásommal kapcsolatos elméleti rész bemutatása után kifejtettem a kutatás tervét, az adatgyűjtési és adattisztítási folyamatot, illetve az alkalmazott kvalitatív és kvantitatív módszereket. A módszerek bemutatása után a kutatás lefolytatása következett, aminek eredményeképpen a strukturális redukálhatóság, közösség detekció, centralitás metrikák és korrelációs módszerek által kapott következtetéseket részleteztem. A doktori disszertációm eredményeként az alábbi téziseket fogalmaztam meg:

- **T-1:** A vizsgált autóiipari első szintű beszállítók, elektronikai területén, a vezérlőegység gyártással kapcsolatos ellátási hálózatokban, strukturális különbség volt megfigyelhető a vizsgált négyéves periódus alatt. (Kapcsolódó tudományos közlemények sorszáma: 1, 5, 6, 8, 9, 10)

A kutatási eredményeim alapján igazoltam, hogy az autóiipari elektronikai vezérlőegység gyártás területén megváltozott a vizsgált első szintű beszállítók ellátási hálózatának struktúrája a 2018-as és 2019-es, illetve a 2020-as és 2021-es évek között. Ennek következtében fontosabbá vált a kapcsolatok elmélyítése, a közös problémamegoldás, illetve stratégiai szövetségek létrehozása a hatékonyabb közös együttműködés céljából. A strukturális változások időben történő felismerése és menedzselése előnyt adhat az egyes vállalatoknak a különböző stratégiai döntések támogatásában.

- **T-2:** A vizsgált első szintű beszállítók ellátási hálózatában, további anyagellátási források bevonása, mint például disztribútor, bróker cégek, illetve a beszállítói hálózat bővítése szükségessé vált, bár a további anyagellátási források hatalmi pozíciója nem erősödött; ugyanakkor a vizsgálat szerinti harmadik szintű partnerek, a kutatott ellátási hálózatban betöltött szerepének felértékelődése volt megfigyelhető a COVID alatti időszakban. (Kapcsolódó tudományos közlemények sorszáma: 2, 3, 11)

Az elemzéseim alapján bebizonyítottam, hogy azon felül, hogy hangsúlyos lett a beszállítói bázis fejlesztése és növelése, illetve újabb források bevonása az ellátási láncokba a megfelelő anyagellátás biztosítása érdekében a vizsgált területen, egyes vizsgált partnerekkel kapcsolatban olyan változások is történtek a vizsgált periódus alatt, melyek meglepő eredményt mutattak. Amellett, hogy átlagosan a vizsgált partnerek egyre kisebb hatékonysággal tudták kezelni a különböző anyaggazdálkodási kihívásokat és befolyásuk is fokozatosan csökkent az idő előrehaladtával, a 2. szintű partnerek kevésbé tudták kihasználni a lehetőségeket, míg annak ellenére is, hogy a 3. szintű partnerek opportunistákkal meg tudták erősíteni piaci pozíciójukat és jelentőségük felértékelődött, de még így sem sikerült a hatalmukat és befolyásukat növelni a vizsgált ellátási hálózatban. Ez a vizsgálati eredmény más aspektusba helyezi például a bróker és disztribútor vállalatokat, mert a jelentőségük felértékelődésével párhuzamosan ezeknek a partnereknek a hatalmi pozíciójuk erősödése volt várható, mely nem következett be az elemzések eredményei alapján. Ezen felül pedig elmondható, hogy a kulcsfontosságú partnerekkel való szoros együttműködés

fenntartása, még ha az potenciálisan költségesebb is, olyan stratégiai előnyöket biztosíthat, amelyek csökkenthetik a szűk keresztmetszet anyagok ellátásának kockázatait.

- **H-3:** A kutatás során vizsgált, négy változó közül, az átfutási idők változása határozza meg szignifikánsan, a beszállítói kapcsolatok alakulását a COVID időszak alatt, 2020-ban és 2021-ben, a többi vizsgált változónak nincsen szignifikáns szerepe. (Kapcsolódó tudományos közlemények sorszáma: 4, 7)

Kutatásom során a H-3 hipotézis nem került igazolásra, ezért nem lehet tézisként közölni. Doktori dolgozatomban igazoltam, hogy a beszállítói kapcsolatok alakulását az átfutási idők és anyagárak változásán kívül az anyagok státusza és típusa is befolyásolta a vizsgált autóiipari elektronikai vezérlőegység gyártás területén 2018 és 2021 között a teljes időtávra vetítve. Ezek a vizsgált változók különböző mértékben érzékenyek az egyes változásokra ezen a területen, ezért egy sokk hatására, mint a COVID, ezek a változók nagymértékben befolyásolhatják az anyagellátottságot, ezért ezek figyelembevételével és monitorozásával előnyös anyaggazdálkodási stratégiák alakíthatók ki.

6 Az eredmények hasznosítási lehetősége

A doktori disszertációm több módon járul hozzá a tudományos, szakmai és vállalati területen egyaránt, az ellátási láncok működésének megértéséhez, agilis működtetéséhez és az ellátási láncok sebezhetőségének mérsékléséhez, így támogatja és kiegészíti a meglévő korábbi kutatási eredményeket is. A doktori dolgozatom során végzett irodalomkutatás eredményeként szembeűnő volt, hogy az autóiipari ellátási hálózatok (többrétegű, temporális) elemzése komplex hálózatelemzési módszerekkel, mint a strukturális redukálhatóság hiánypótló, a disszertációm kiinduló alapja lehet kutatók számára további ellátási láncokkal, hálózatokkal kapcsolatos kutatásoknak, ahol a középpontban az ellátási hálózatok változásainak, dinamikáinak modellezése áll.

Doktori disszertációm azért értékes vállalati vezetők számára, mert felhívja a figyelmet nem csak arra, hogy kiemelten kell foglalkozni a meglévő beszállítói bázis fejlesztésével és növelésével, illetve a kapcsolatok elmélyítésével, stratégiai szövetségek létrehozásával, hanem arra is, hogy az egyes kritikus változókra is nagyobb hangsúlyt kell fektetni, mint az anyagárak és átfutási idők változására, illetve az anyagok státuszára és kritikusságára. Ennek az az oka, hogy egy sokk esetében ezek befolyásolhatják szignifikáns mértékben az anyagellátottságot, ezért az anyaggazdálkodási stratégiát ezek tükrében kell alakítani.

Az átfutási időkre és azok változásaira azért kell több hangsúlyt fektetni a vállalati vezetőknek, mert egy projekt kezdetét nagymértékben befolyásolhatják a magas átfutási idővel rendelkező alapanyagok, akár mintagyártás, akár szériagyártás tekintetében. Ezen felül pedig a megfelelő ellátás biztosítása érdekében a hosszú időtávra előre kihelyezett és visszaigazolt megrendelések elengedhetetlenek az operáció folyamatos, tervezhető és hatékony támogatásához anyagellátási szempontból.

Az anyagárak, és azok változásai jelentősen befolyásolhatják egy adott vevői projekt megnyerését, vagy egy már meglévő projekt sikerességét, ezért is kell nagyobb hangsúlyt fektetni rá, és a beszállítói és vevői ártárgyalások céljait ennek tükrében kell kialakítani. Ezen felül pedig a komponensek beszerzése során várható nyereséget, az árstruktúrába úgy érdemes beépíteni, és olyan ellátási forrásokat javasolt használni, hogy maximalizálni lehessen az ebből származó nyereséget.

A stratégiai, szűk keresztmetszetű anyagok azonosítására, és kiemelt menedzselésére is ráirányítja a dolgozat a figyelmet. Ezen anyagok ellátásának biztosítása és ezeknek a beszállítóival történő szoros együttműködése, valamint közös problémamegoldása kulcsfontosságú lehet a hosszútávú és költséghatékony anyaggazdálkodási stratégia kialakításához. Az anyagellátottságban az átláthatóság és kötelezettségvállalás kulcsfontosságú szerepet kap, így az ellátási lánc szerepe megkérdőjelezhetetlen.

A dolgozat ugyancsak felhívja a figyelmet a vállalati vezetők számára, szorosan kapcsolódva az előző pontokhoz, hogy az anyagok státusza, kiemelve a nem törölhető és nem visszaküldhető esetét, hogy milyen hosszútávú kihívásokat és nehézségeket okozhatnak, főleg az elfekvő, immobília, és az ezekből emberi döntés alapján keletkező felesleges készletekkel kapcsolatos felelősségek tekintetében. A felelősségvállalás akár beszállítói vagy vevői oldalról sok esetben egy kényes kérdés még, annak ellenére is, hogy ezek a pontok többségben rögzítésre kerülnek a partnerek közötti szerződésekben. A vállalati vezetők számára fontos üzenet lehet az ezekkel kapcsolatos felelősség egyértelmű, átlátható és világos kommunikációja a többi érintett partner felé.

Kutatásom során ennek a négy változónak a vizsgálata rávilágított arra, hogy egy olyan sok alatt, mint a COVID, nagymértékben tudnak módosulni ezek a tényezők, amikre időben fel kell készülni. A kutatásomban kapott eredmények megmutatták, hogy ezekben az esetekben vannak olyan tényezők, amelyek kevésbé vagy nagyobb mértékben érzékenyek a változásokra

az autóiipari elektronikai vezérlőgyártás területén. Azt is fontos kiemelni, hogy nem elég csak külön egy-egy tényezővel foglalkozni, hanem minden tényezőt figyelembe kell venni a versenyképesség megtartása, beszállítói bázis növelése és fejlesztése, ellátási lánc stratégiák kialakítása, illetve a költségek minimalizálása céljából. A változások időben történő felismerése, menedzselése, az ezzel kapcsolatos döntések támogatása kulcsfontosságú az ellátási láncok területén, a kutatásom eredményeként különböző időtávokat vizsgálva lehetőség nyílik a releváns ellátási hálózatok strukturális változásainak felismerésére, illetve a további stratégiai irányok kialakítására, és különböző stratégiai szintű döntéshozatal támogatására.

Jövőbeli lehetséges kutatási irányok

A doktori dolgozatomban vizsgált téma számos további kutatási iránynak ad lehetőséget. Az egyik irány, amivel tervezem folytatni a kutatásomat a jövőben, az az ellátási hálózatokhoz kapcsolódó él predikciós módszerek segítségével történő előrejelzések készítése, és azok elemzése, amely adott vizsgált hálózatban, vagy hálózatokban lévő partnerek közötti jövőbeli kapcsolatok alakulását, illetve összefüggések felismerését, megértését teszi lehetővé.

Ez az irány jól ki tudja egészíteni a jelenlegi kutatást, mert a historikus adatok elemzése mellett a vizsgált autóiipari elektronikai ellátási hálózatban lévő partnerek közötti jövőbeli kapcsolatok alakulása számos olyan információt hordozhat, melyek alapján potenciálisan értékes és a gyakorlati élet számára is hasznos eredményeket lehet megállapítani. A vizsgált területen a jelenlegi piaci környezetben rendkívül fontos az előrejelzések szimulációja, megérteni, elemezni és átláthatóan kommunikálni a lehetséges kimeneteket a különböző partnerekkel, illetve a döntések támogatása végett.

Ez kiemelten fontos lehet nem csak az autóiipari elektronika területén, hanem más iparág ellátási hálózataiban is egyaránt. Ennek a kutatási iránynak azonban egyik limitációja a minőségi és strukturált adatok hozzáférhetősége, amelyek elengedhetetlenek a kutatás kiterjesztéséhez.

7 Irodalmi hivatkozások listája / Irodalomjegyzék

- [1] DELIC M., EYERS D. (2020): The effect of additive manufacturing adoption on supply chain flexibility and performance: An empirical analysis from the automotive industry, *International Journal of Production Economics*, Volume 228, p.107689., pp 1-7
- [2] GRIDA M., MOHAMED R., ZAIED A. (2020): Evaluate the impact of COVID-19 prevention policies on supply chain aspects under uncertainty, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Volume 8, p.100240., pp 1-7, <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100240>
- [3] MASLARIC M., BACKALIC T., NIKOLICIC S., MIRCETIC D. (2013): Assessing the trade-off between lean and resilience through supply chain risk management, *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 4(4), pp 229-236
- [4] ASL-NAJAFI J., YAGHOUBI S., ZAND F. (2021): Dual-channel supply chain coordination considering targeted capacity allocation under uncertainty, *Mathematics and Computers in Simulation*, Vol. 187, pp 566-572, <https://doi.org/10.1016/j.matcom.2021.03.019>
- [5] FLYNN, B., KOUFTEROS, X., LU, G. (2016): On Theory in Supply Chain Uncertainty and its Implications for Supply Chain Integration, *Journal of Supply Chain Management*, Vol. 52, No. 3, pp 1-34, DOI:10.1111/jscm.12106
- [6] FLYNN, B., KOUFTEROS, X., LU, G. (2016): On Theory in Supply Chain Uncertainty and its Implications for Supply Chain Integration, *Journal of Supply Chain Management*, Vol. 52, No. 3, pp 1-34, DOI:10.1111/jscm.12106
- [7] TOLOO M., ERTAY T. (2014): The most cost efficient automotive vendor with price uncertainty: A new DEA approach, *Measurement*, Volume 52, pp 135-142
- [8] BIRKEL H., MÜLLER J. M. (2021): Potentials of industry 4.0 for supply chain management within the triple bottom line of sustainability - A systematic literature review, *Journal of Cleaner Production*, Volume 289, pp 1-11, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125612>
- [9] BURGGRAF P., DANNAPFEL M., ADLON T., KAHMANN H., SCHUKAT E., KEENS, J. (2020): Capability-based assembly design: An approach for planning an agile assembly system in automotive industry, *Procedia CIRP*, Volume 93, pp 1206-1211
- [10] FLYNN, B., KOUFTEROS, X., LU, G. (2016): On Theory in Supply Chain Uncertainty and its Implications for Supply Chain Integration, *Journal of Supply Chain Management*, Vol. 52, No. 3, pp 1-34, DOI:10.1111/jscm.12106
- [11] LÈBRE, É, KUNG, A., SAVINOVA, E., VALENTA, R. K. (2023): Mining on land or in the deep sea? Overlooked considerations of a reshuffling in the supply source mix, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 191, 106898, pp 1-11, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.106898>
- [12] ESMAEILI-NAJAFABADI E., AZAD N., SABER FALLAH NEZHAD M. (2021): Risk-averse supplier selection and order allocation in the centralized supply chains under disruption risks, *Expert Systems with Applications*, Volume 175, p.114691., pp 1-10
- [13] CHEN, Z., LIU F. (2021): Multi-outsourcing supply chain coordination under yield and demand uncertainties, *Expert Systems with Applications*, pp 1-10 doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115177>
- [14] AL-DOORI, J. A. (2019): The Impact of Supply Chain Collaboration on Performance in Automotive Industry: Empirical Evidence, *Journal of Industrial Engineering and Management*, Vol. 12, No. 2, pp 241-253, <https://doi.org/10.3926/jiem.2835>
- [15] BELHADI, A., KAMBLE, S., JABBOUR, C. J. C., GUNASEKARAN, A., NDUBISI, N. O., VENKATESH, M. (2021): Manufacturing and service supply chain resilience to the COVID-19 outbreak: Lessons learned from the automobile and airline industries, *Technological Forecasting and Social Change*, Volume 163, 120447, pp 1-19, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120447>
- [16] HOFMAN, P. S., BLOME, C., SCHLEPER, M. C., SUBRAMANIAN, N. (2020): Supply chain collaboration and eco-innovations: An institutional perspective from China, *Business Strategy and the Environment*, Vol. 29, Issue 6, pp 2734-2754, <https://doi.org/10.1002/bse.2532>
- [17] GOVINDAN, K., MINA, H., ESMAEILI, A., GHOLAMI-ZANJANI, S. M. (2020): An Integrated Hybrid Approach for Circular supplier selection and Closed loop Supply Chain Network Design under Uncertainty, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 242, 118317, pp 1-16, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118317>
- [18] IVANOV, D., DOLGUI, A. (2020): Viability of intertwined supply networks: extending the supply chain resilience angles towards survivability. A position paper motivated by COVID-19 outbreak, *International Journal of Production Research*, Vol. 58, Issue 10, pp 2904-2915, <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1750727>

- [19] RAJ, A., MUKHERJEE, A. A., JABBOUR, A. B. L. DE S., SRIVASTAVA, S. K. (2022): Supply chain management during and post-COVID-19 pandemic: Mitigation strategies and practical lessons learned, *Journal of Business Research*, Vol. 142, pp 1125-1139, <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.01.037>
- [20] SANTHARM, B. A., RAMANATHAN, U. (2022): Supply chain transparency for sustainability - an intervention-based research approach, *International Journal of Operations & Production Management*, ISSN: 0144-3577, Vol. 42, No. 7, pp. 995-1021, <https://doi.org/10.1108/IJOPM-11-2021-0684>
- [21] YUSOOF, MYM, MOHAMED, NMZN, MUSTAPAH, MM, NELFIYANTI (2022): The effect of the supply chain in the quick response manufacturing (QRM) environment in the automotive industry, *Procedia Computer Science*, Volume 207, pp 2116-2124, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.09.271>
- [22] SEYEDAN, M., MAFAKHERI, F. (2020): Predictive big data analytics for supply chain demand forecasting: methods, applications, and research opportunities, *J Big Data* 7, 53, pp 1-17, <https://doi.org/10.1186/s40537-020-00329-2>
- [23] ALZOUBI, H. M., AHMED, G. (2019): Do TQM practices improve organisational success? A case study of electronics industry in the UAE, *International Journal of Economics and Business Research*, 17(4), pp 459-471, DOI:10.1504/IJEER.2019.099975
- [24] KARNAUSHENKO, D., KANG, T., BANDARI, V. K., ZHU, F., SCHMIDT, O. G. (2020): 3D self-assembled microelectronic devices: concepts, materials, applications, *Advanced Materials* 32(15), pp 1-25, DOI:10.1002/adma.201902994
- [25] CLARK, B., PATT, D. (2021): Regaining the Digital Advantage: A Demand-Focused Strategy for US Microelectronics Competitiveness, Center for Defense Concepts and Technology, Hudson Institute, pp 7-40
- [26] MONDSCHHEIN, J., WELBURN J. W., GONZALES, D. (2022): Securing the Microelectronics Supply Chain: Four Policy Issues for the U.S. Department of Defense to Consider, Santa Monica, CA: RAND Corporation, pp 1-12
- [27] GOHOUNGODJI P., N'DRI A., LATULIPPE J., MATOS A. (2020): What is stopping the automotive industry from going green? A systematic review of barriers to green innovation in the automotive industry, *Journal of Cleaner Production*, Volume 277, p.123524., pp 1-10
- [28] GRIDA M., MOHAMED R., ZAIED A. N. H. (2020): Evaluate the impact of COVID-19 prevention policies on supply chain aspects under uncertainty, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Volume 8, p.100240., pp 1-7, <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100240>
- [29] WU, X., ZHANG, C., DU, W. (2021): An Analysis on the Crisis of “Chips shortage” in Automobile Industry —Based on the Double Influence of COVID-19 and Trade Friction, *Journal of Physics Conference Series* 1971(1):012100, pp 1-6, DOI:10.1088/1742-6596/1971/1/012100
- [30] RAMANI, V., GHOSH, D., SODHI, M. S. (2022): Understanding systemic disruption from the Covid-19-induced semiconductor shortage for the auto industry, *Omega*, Volume 113, 102720, pp 1-13, <https://doi.org/10.1016/j.omega.2022.102720>
- [31] MARINOVA, G. I., BITRI, A. K. (2021): Challenges and opportunities for semiconductor and electronic design automation industry in post-Covid-19 years, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 1208, 13th International Conference on Development and Modernization of the Manufacturing (RIM 2021), Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 012036, pp. 1-6, DOI 10.1088/1757-899X/1208/1/012036
- [32] ISHAK, S., SALIM, N. A. M., LAZIM, N. L., SHAHARUDIN, M. R., WAHAB, S. (2022): A Conceptual Paper of Supply Chain Adaptive Strategies During Covid-19 Pandemic and the Impact on Performance to Semiconductor Industries, *Asian Journal of Research in Business and Management*, Vol. 4 No. 1, pp. 1-14
- [33] SUMAN, S., JAISWAL, V., VEERARAGHAVAN, R. (2022): AN ANALYSIS OF FINANCIAL PERFORMANCE OF SELECT INDIAN INDUSTRY SECTORS BEFORE AND AFTER COVID 19, *EPRA International Journal of Multidisciplinary Research (IJMR)*, Vol 8, Issue 12, pp. 247-252, DOI: <https://doi.org/10.36713/epra12111>
- [34] RAMANI, V., GHOSH, D., SODHI, M. S. (2022): Understanding systemic disruption from the Covid-19-induced semiconductor shortage for the auto industry, *Omega*, Volume 113, 102720, pp 1-13, <https://doi.org/10.1016/j.omega.2022.102720>
- [35] CHOWDHURY, P., PAUL, S. K., KAISAR, S., MOKTADIR, MD. A. (2021): COVID-19 pandemic related supply chain studies: A systematic review, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Volume 148, 102271, pp 1-22, <https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102271>
- [36] GOHOUNGODJI P., N'DRI A., LATULIPPE J., MATOS A. (2020): What is stopping the automotive industry from going green? A systematic review of barriers to green innovation in the automotive industry, *Journal of Cleaner Production*, Volume 277, p.123524., pp 1-10
- [37] GRIDA M., MOHAMED R., ZAIED A. N. H. (2020): Evaluate the impact of COVID-19 prevention policies on supply chain aspects under uncertainty, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Volume 8, p.100240., pp 1-7, <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100240>

- [38] GONÇALVES, J. N. C., CORTEZ, P., CARVALHO, M. S., FRAZÃO, N. M. (2021): A multivariate approach for multi-step demand forecasting in assembly industries: Empirical evidence from an automotive supply chain, *Decision Support Systems*, Volume 142, 113452, pp 1-14, <https://doi.org/10.1016/j.dss.2020.113452>
- [39] HOFMAN, P. S., BLOME, C., SCHLEPER, M. C., SUBRAMANIAN, N. (2020): Supply chain collaboration and eco-innovations: An institutional perspective from China, *Business Strategy and the Environment*, Vol. 29, Issue 6, pp 2734-2754, <https://doi.org/10.1002/bse.2532>
- [40] IVANOV, D., DOLGUI, A. (2020): Viability of intertwined supply networks: extending the supply chain resilience angles towards survivability. A position paper motivated by COVID-19 outbreak, *International Journal of Production Research*, Vol. 58, Issue 10, pp 2904-2915, <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1750727>
- [41] RAJ, A., MUKHERJEE, A. A., JABBOUR, A. B. L. DE S., SRIVASTAVA, S. K. (2022): Supply chain management during and post-COVID-19 pandemic: Mitigation strategies and practical lessons learned, *Journal of Business Research*, Vol. 142, pp 1125-1139, <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.01.037>
- [42] CAI, M., LUO, J. (2020): Influence of COVID-19 on Manufacturing Industry and Corresponding Countermeasures from Supply Chain Perspective, *Journal of Shanghai Jiaotong University (Science)*, 25 (4), 409-416, <https://doi.org/10.1007/s12204-020-2206-z>
- [43] TORNYEVIADZI, H. M., OWUSU-ANSAH, E., MOHAMMED, H., SEIDU, R. (2022): A systematic framework for dynamic nodal vulnerability assessment of water distribution networks based on multilayer networks, *Reliability Engineering & System Safety*, Vol. 219, 108217, pp 1-13, <https://doi.org/10.1016/j.res.2021.108217>
- [44] ANZOOM, R., NAGI, R., VOGIATZIS, C. (2021): A review of research in illicit supply-chain networks and new directions to thwart them, *IISE Transactions*, Vol. 54, Issue 2, pp 1-25, <https://doi.org/10.1080/24725854.2021.1939466>
- [45] DE JEUDE, J A VAN L., ASTE, T., CALDARELLI, G. (2019): The multilayer structure of corporate networks, *New Journal of Physics*, Vol. 21, 025002, pp 1-10, DOI 10.1088/1367-2630/ab022d
- [46] GONG, X.-L., LIU, J.-M., XIONG, X., ZHANG, W. (2022): Research on stock volatility risk and investor sentiment contagion from the perspective of multi-layer dynamic network, *International Review of Financial Analysis*, Vol. 84, 102359, pp 1-16, <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2022.102359>
- [47] LIU, M., LIU, Z., CHU, F., ZHENG, F., CHU, C. (2021): A new robust dynamic Bayesian network approach for disruption risk assessment under the supply chain ripple effect, *International Journal of Production Research*, Vol. 59, Issue 1, pp 265-285, <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1841318>
- [48] MOOSAVI, J., NAENI, L. M., FATHOLLAHI-FARD, A. M., FIORE, U. (2021): Blockchain in supply chain management: a review, bibliometric, and network analysis, *Environmental Science and Pollution Research*, pp 1-15, <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13094-3>
- [49] POURNADER, M., KACH, A., TALLURI, S. (2020): A Review of the Existing and Emerging Topics in the Supply Chain Risk Management Literature, *Decision Sciences* 51.4, pp 867-901, DOI:10.1111/deci.12470
- [50] SENNA, P., REIS, A., SANTOS, I. L., DIAS, A. C., COELHO, O. (2021): A systematic literature review on supply chain risk management: is healthcare management a forsaken research field?, *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 28 No. 3, pp 926-950, <https://doi.org/10.1108/BIJ-05-2020-0266>
- [51] KRALJIC, P. (1983): Purchasing must become supply management, *Harvard Business Review*, 61 (5), pp 109-117
- [52] KÄKI, A., SALO, A., TALLURI, S. (2015): Disruptions in supply networks: A probabilistic risk assessment approach, *Journal of Business Logistics*, 2015, 36(3), pp 273-287, <https://doi.org/10.1111/jbl.12086>
- [53] THOO, A. C., HUAM, H. T., YUSOFF, R. M., RASLI, A. M., HAMID, A. B. A. (2011): Supply chain management: success factors from the Malaysian manufacturer's perspective, *African Journal of Business Management*, Vol. 5 (17), pp 7240-7247, DOI: 10.5897/AJBM10.746
- [54] CHEN, J., WANG, H., ZHONG, R. Y. (2021): A supply chain disruption recovery strategy considering product change under COVID-19, *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 60, pp 920-927, <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.04.004>
- [55] NUZULITA, N., DJOHAN, R. S. A., ROIQOH, S. (2020): Supply Chain Management Analysis Using the Business Process Model and Notation in the Midst of Covid-19 Pandemic, *Journal of Accounting and Strategic Finance*, Volume 3, No. 2, pp 185-195, DOI: <https://doi.org/10.33005/jasf.v3i2.144>
- [56] MOOSAVI, J., FATHOLLAHI-FARD, A. M., DULEBENETS, M. A. (2022): Supply chain disruption during the COVID-19 pandemic: Recognizing potential disruption management strategies, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Volume 75, 102983, pp 1-19, <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.102983>

- [57] SZMELTER-JAROSZ, A., GHAREMANI-NAHR, J., NOZARI, H. (2021): A Neutrosophic Fuzzy Optimisation Model for Optimal Sustainable Closed-Loop Supply Chain Network during COVID-19, *Journal of Risk and Financial Management*, 14(11), 519, pp 1-22, <https://doi.org/10.3390/jrfm14110519>
- [58] XU, Z., ELOMRI, A., KERBACHE, L., OMRI, A. E. (2020): Impacts of COVID-19 on Global Supply Chains: Facts and Perspectives, *IEEE Engineering Management Review*, Volume 48, Issue 3, pp 153-157, DOI: 10.1109/EMR.2020.3018420
- [59] HUA, G., WANG, S., CHENG, T. C. E. (2010): Price and lead time decisions in dual-channel supply chains, *European Journal of Operational Research*, Vol. 205, Issue 1, pp 113-126, <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.12.012>
- [60] GEORGIADIS, G. P., GEORGIADIS, M. C. (2021): Optimal planning of the COVID-19 vaccine supply chain, *Vaccine*, Vol. 39, Issue 37, pp 5302-5312, <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2021.07.068>
- [61] HOSSEINI, S., IVANOV, D. (2021): A multi-layer Bayesian network method for supply chain disruption modelling in the wake of the COVID-19 pandemic, *International Journal of Production Research*, Vol. 60, No. 17, pp 5258-5276, <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1953180>
- [62] JAENICHEN, F.-M., LIEPOLD, C. J., ISMAIL, A., MARTENS, C. J., DÖRRSAM, V., EHM, H., (2021): Simulating and Evaluating Supply Chain Disruptions Along an End-to-end Semiconductor Automotive Supply Chain, *Proceedings of the 2021 Winter Simulation Conference*, pp 1-12
- [63] YUSOOF, MYM, MOHAMED, NMZN, MUSTAPAH, MM, NELFIYANTI (2022): The effect of the supply chain in the quick response manufacturing (QRM) environment in the automotive industry, *Procedia Computer Science*, Volume 207, pp 2116-2124, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.09.271>
- [64] SARKAR, B., DEY, B.K., SARKAR, M., ALARJANI, A. (2021): A Sustainable Online-to-Offline (O2O) Retailing Strategy for a Supply Chain Management under Controllable Lead Time and Variable Demand, *Sustainability*, 13, 1756., pp 1-25, <https://doi.org/10.3390/su13041756>
- [65] THARANI, S., UTHAYAKUMAR, R. (2020): A novel approach to safety stock management in an integrated supply chain with controllable lead time and ordering cost reduction using present value, *RAIRO-Operations Research* 54.5, pp 1327-1337, DOI:10.1051/ro/2019051
- [66] GONÇALVES, J. N. C., CORTEZ, P., CARVALHO, M. S., FRAZÃO, N. M. (2021): A multivariate approach for multi-step demand forecasting in assembly industries: Empirical evidence from an automotive supply chain, *Decision Support Systems*, Volume 142, 113452, pp 1-14, <https://doi.org/10.1016/j.dss.2020.113452>
- [67] HOFMAN, P. S., BLOME, C., SCHLEPER, M. C., SUBRAMANIAN, N. (2020): Supply chain collaboration and eco-innovations: An institutional perspective from China, *Business Strategy and the Environment*, Vol. 29, Issue 6, pp 2734-2754, <https://doi.org/10.1002/bse.2532>
- [68] IVANOV, D., DOLGUI, A. (2020): Viability of intertwined supply networks: extending the supply chain resilience angles towards survivability. A position paper motivated by COVID-19 outbreak, *International Journal of Production Research*, Vol. 58, Issue 10, pp 2904-2915, <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1750727>
- [69] RAJ, A., MUKHERJEE, A. A., JABBOUR, A. B. L. DE S., SRIVASTAVA, S. K. (2022): Supply chain management during and post-COVID-19 pandemic: Mitigation strategies and practical lessons learned, *Journal of Business Research*, Vol. 142, pp 1125-1139, <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.01.037>
- [70] CAI, M., LUO, J. (2020): Influence of COVID-19 on Manufacturing Industry and Corresponding Countermeasures from Supply Chain Perspective, *Journal of Shanghai Jiaotong University (Science)*, 25(4), 409-416, <https://doi.org/10.1007/s12204-020-2206-z>
- [71] TORNYEVIADZI, H. M., OWUSU-ANSAH, E., MOHAMMED, H., SEIDU, R. (2022): A systematic framework for dynamic nodal vulnerability assessment of water distribution networks based on multilayer networks, *Reliability Engineering & System Safety*, Vol. 219, 108217, pp 1-13, <https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.108217>
- [72] ANZOOM, R., NAGI, R., VOGIATZIS, C. (2021): A review of research in illicit supply-chain networks and new directions to thwart them, *IISE Transactions*, Vol. 54, Issue 2, pp 1-25, <https://doi.org/10.1080/24725854.2021.1939466>
- [73] DE JEUDE, J A VAN L., ASTE, T., CALDARELLI, G. (2019): The multilayer structure of corporate networks, *New Journal of Physics*, Vol. 21, 025002, pp 1-10, DOI 10.1088/1367-2630/ab022d
- [74] GONG, X.-L., LIU, J.-M., XIONG, X., ZHANG, W. (2022): Research on stock volatility risk and investor sentiment contagion from the perspective of multi-layer dynamic network, *International Review of Financial Analysis*, Vol. 84, 102359, pp 1-16, <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2022.102359>
- [75] DUNN, J. (2021): COVID-19 and Supply Chains: A Year of Evolving Disruption, *Federal Reserve Bank of Cleveland, Cleveland Fed District Data Brief*, ISSN 2691-9710, pp 1-9, <https://doi.org/10.26509/frbc-ddb-20210226>

- [76] ÖZCEYLAN, E., DEMIREL, N., ÇETINKAYAA, C., DEMIREL, E. (2017): A closed-loop supply chain network design for automotive industry in Turkey, *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 113, pp 727-745, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.12.022>
- [77] IVANOV, D., DOLGUI, A. (2020): Viability of intertwined supply networks: extending the supply chain resilience angles towards survivability. A position paper motivated by COVID-19 outbreak, *International Journal of Production Research*, Vol. 58, Issue 10, pp 2904-2915, <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1750727>
- [78] SANTHARM, B. A., RAMANATHAN, U. (2022): Supply chain transparency for sustainability - an intervention-based research approach, *International Journal of Operations & Production Management*, ISSN: 0144-3577, Vol. 42, No. 7, pp. 995-1021, <https://doi.org/10.1108/IJOPM-11-2021-0684>
- [79] AZIZ, A., KOSASIH, E. E., GRIFFITHS, R.-R., BRINTRUP A. (2021): Data Considerations in Graph Representation Learning for Supply Chain Networks, arXiv:2107.10609, *ICML 2021 Workshop on Machine Learning for Data*, pp 1-8, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2107.10609>
- [80] LIU, S., LEAT, M., MOIZER, J., MEGICKS, P., KASTURIRATNE, D. (2013): A decision-focused knowledge management framework to support collaborative decision making for lean supply chain management, *International Journal of Production Research*, Vol. 51, No. 7, pp 2123-2137, <https://doi.org/10.1080/00207543.2012.709646>
- [81] DENNYSON W, B., JOTHIKUMAR, C. (2022): A REVIEW ON CONTROLLER AREA NETWORK AND ELECTRONIC CONTROL UNIT IN AUTOMOTIVE ENVIRONMENT, *Journal of Positive School Psychology*, Vol. 6 No. 4, pp 269-275
- [82] AZADEGAN, A., DOOLEY, K. (2021): A Typology of Supply Network Resilience Strategies: Complex Collaborations in a Complex World, *Journal of Supply Chain Management*, Vol. 57, Issue 1, pp 17-26, <https://doi.org/10.1111/jscm.12256>
- [83] GONÇALVES, J. N. C., CORTEZ, P., CARVALHO, M. S., FRAZÃO, N. M. (2021): A multivariate approach for multi-step demand forecasting in assembly industries: Empirical evidence from an automotive supply chain, *Decision Support Systems*, Volume 142, 113452, pp 1-14, <https://doi.org/10.1016/j.dss.2020.113452>
- [84] HU, X., WANG, C., ZHU, X., YAO, C., GHADIMI, P. (2021): Trade structure and risk transmission in the international automotive Li-ion batteries trade, *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 170, 105591, pp 1-14, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105591>
- [85] CAI, M., LUO, J. (2020): Influence of COVID-19 on Manufacturing Industry and Corresponding Countermeasures from Supply Chain Perspective, *Journal of Shanghai Jiaotong University (Science)*, 25(4), 409-416, <https://doi.org/10.1007/s12204-020-2206-z>
- [86] REDDY, K. R. K., GUNASEKARAN, A., KALPANA, P., SREEDHARAN, V. R. (2021): Developing a blockchain framework for the automotive supply chain: A systematic review, *Computers & Industrial Engineering*, Volume 157, 107334, pp 1-14, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107334>
- [87] ANZOOM, R., NAGI, R., VOGIATZIS, C. (2021): A review of research in illicit supply-chain networks and new directions to thwart them, *IIEE Transactions*, Vol. 54, Issue 2, pp 1-25, <https://doi.org/10.1080/24725854.2021.1939466>
- [88] GONG, X.-L., LIU, J.-M., XIONG, X., ZHANG, W. (2022): Research on stock volatility risk and investor sentiment contagion from the perspective of multi-layer dynamic network, *International Review of Financial Analysis*, Vol. 84, 102359, pp 1-16, <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2022.102359>
- [89] STANLEY, N., SHAI, S., TAYLOR, D., MUCHA, P. J. (2016): Clustering network layers with the strata multilayer stochastic block model, *IEEE Trans Netw Sci Eng*, 3(2), pp 95-105, doi: 10.1109/TNSE.2016.2537545
- [90] YÜ, J.-Z., WU, M., BICHLER, G., AROS-VERA, F., GAO, J. (2023): Reconstructing Sparse Multiplex Networks with Application to Covert Networks, *Entropy* 2023, 25(1), 142, pp 1-18, <https://doi.org/10.3390/e25010142>
- [91] CAMILLERI, E., MIAH, S. J. (2021): Evaluating latent content within unstructured text: an analytical methodology based on a temporal network of associated topics, *Journal of Big Data*, 8, pp 1-37, <https://doi.org/10.1186/s40537-021-00511-0>
- [92] CUI, L., KUMARA, S., ALBERT, R. (2010): Complex Networks: An Engineering View, *IEEE Circuits and Systems Magazine*, Vol. 10, Issue 3, pp 10-25, DOI: 10.1109/MCAS.2010.937883
- [93] FUNKE, T., BECKER, T. (2020): Complex networks of material flow in manufacturing and logistics: Modeling, analysis, and prediction using stochastic block models, *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 56, pp 296-311, <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.06.015>
- [94] LEIJTEN, F., REIS, T. N. P. DOS, SIM, S., VERBURG, P. H., MEYFROIDT, P. (2022): The influence of company sourcing patterns on the adoption and effectiveness of zero-deforestation commitments in Brazil's

- soy supply chain, *Environmental Science & Policy*, Vol. 128, pp 208-215, <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.10.032>
- [95] MURATA, T. (2021): COVID-19 and Networks, *New Generation Computing*, 39, pp 469-481, <https://doi.org/10.1007/s00354-021-00134-2>
- [96] TAGHIZADEH, E., VENKATACHALAM, S., CHINNAM, R. B. (2021): Impact of deep-tier visibility on effective resilience assessment of supply networks, *International Journal of Production Economics*, Volume 241, 108254, pp 1-12, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108254>
- [97] LAVASSANI, K. M., MOVAHEDI, B. (2021): Firm-Level Analysis of Global Supply Chain Network: Role of Centrality on Firm's Performance, *International Journal of Global Business and Competitiveness*, 16, pp 86-103, <https://doi.org/10.1007/s42943-021-00026-8>
- [98] POTTER, A., WILHELM, M. (2020): Exploring supplier-supplier innovations within the Toyota supply network: A supply network perspective, *Journal of Operations Management*, Vol. 66, Issue 7-8, pp 797-819, <https://doi.org/10.1002/joom.1124>
- [99] WU, J., BIRGE, J. R. (2014): Supply Chain Network Structure and Firm Returns, SSRN, pp 1-48, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2385217>
- [100] GONG, X.-L., LIU, J.-M., XIONG, X., ZHANG, W. (2022): Research on stock volatility risk and investor sentiment contagion from the perspective of multi-layer dynamic network, *International Review of Financial Analysis*, Vol. 84, 102359, pp 1-16, <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2022.102359>
- [101] PARK, H., BELLAMY, M. A., BASOLE, R. C. (2018): Structural anatomy and evolution of supply chain alliance networks: A multi-method approach, *Journal of Operations Management*, Vol. 63, pp 79-96, <https://doi.org/10.1016/j.jom.2018.09.001>
- [102] ZOU, L., ZHAN, X.-X., SUN, J., HANJALIC, A., WANG, H. (2022): Temporal Network Prediction and Interpretation, *IEEE TRANSACTIONS ON NETWORK SCIENCE AND ENGINEERING*, VOL. 9, NO. 3, pp 1215-1224, DOI: 10.1109/TNSE.2021.3138643
- [103] SUBRAMANI, N., EASWARAMOORTHY, S. V., MOHAN, P., SUBRAMANIAN, M., SAMBATH, V. (2023): A Gradient Boosted Decision Tree-Based Influencer Prediction in Social Network Analysis, *Big Data Cogn. Comput.*, 7(1), 6, pp 1-18, <https://doi.org/10.3390/bdcc7010006>
- [104] CAMILLERI, E., MIAH, S. J. (2021): Evaluating latent content within unstructured text: an analytical methodology based on a temporal network of associated topics, *Journal of Big Data*, 8, pp 1-37, <https://doi.org/10.1186/s40537-021-00511-0>
- [105] DE DOMENICO, M., NICOSIA, V., ARENAS, A., LATORA, V. (2015): Structural reducibility of multilayer networks, *Nat Commun* 6, 6864, pp 1-9, <https://doi.org/10.1038/ncomms7864>
- [106] DE JEUDE, J A VAN L., ASTE, T., CALDARELLI, G. (2019): The multilayer structure of corporate networks, *New Journal of Physics*, Vol. 21, 025002, pp 1-10, DOI 10.1088/1367-2630/ab022d
- [107] TORNYEVIADZI, H. M., OWUSU-ANSAH, E., MOHAMMED, H., SEIDU, R. (2022): A systematic framework for dynamic nodal vulnerability assessment of water distribution networks based on multilayer networks, *Reliability Engineering & System Safety*, Vol. 219, 108217, pp 1-13, <https://doi.org/10.1016/j.res.2021.108217>
- [108] GHAVASIEH, A., DE DOMENICO, M. (2020): Enhancing transport properties in interconnected systems without altering their structure, *PHYSICAL REVIEW RESEARCH* 2, 013155, pp 1-18, <https://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.2.013155>
- [109] GONG, X.-L., LIU, J.-M., XIONG, X., ZHANG, W. (2022): Research on stock volatility risk and investor sentiment contagion from the perspective of multi-layer dynamic network, *International Review of Financial Analysis*, Vol. 84, 102359, pp 1-16, <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2022.102359>
- [110] TORNYEVIADZI, H. M., OWUSU-ANSAH, E., MOHAMMED, H., SEIDU, R. (2022): A systematic framework for dynamic nodal vulnerability assessment of water distribution networks based on multilayer networks, *Reliability Engineering & System Safety*, Vol. 219, 108217, pp 1-13, <https://doi.org/10.1016/j.res.2021.108217>
- [111] CUI, L., KUMARA, S., ALBERT, R. (2010): Complex Networks: An Engineering View, *IEEE Circuits and Systems Magazine*, Vol. 10, Issue 3, pp 10-25, DOI: 10.1109/MCAS.2010.937883
- [112] DE JEUDE, J A VAN L., ASTE, T., CALDARELLI, G. (2019): The multilayer structure of corporate networks, *New Journal of Physics*, Vol. 21, 025002, pp 1-10, DOI 10.1088/1367-2630/ab022d
- [113] HU, X., WANG, C., ZHU, X., YAO, C., GHADIMI, P. (2021): Trade structure and risk transmission in the international automotive Li-ion batteries trade, *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 170, 105591, pp 1-14, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105591>
- [114] CAMILLERI, E., MIAH, S. J. (2021): Evaluating latent content within unstructured text: an analytical methodology based on a temporal network of associated topics, *Journal of Big Data*, 8, pp 1-37, <https://doi.org/10.1186/s40537-021-00511-0>

- [115] WU, J., BIRGE, J. R. (2014): Supply Chain Network Structure and Firm Returns, SSRN, pp 1-48, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2385217>
- [116] PARK, H., BELLAMY, M. A., BASOLE, R. C. (2018): Structural anatomy and evolution of supply chain alliance networks: A multi-method approach, *Journal of Operations Management*, Vol. 63, pp 79-96, <https://doi.org/10.1016/j.jom.2018.09.001>
- [117] TAGHIZADEH, E., VENKATACHALAM, S., CHINNAM, R. B. (2021): Impact of deep-tier visibility on effective resilience assessment of supply networks, *International Journal of Production Economics*, Volume 241, 108254, pp 1-12, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108254>
- [118] POTTER, A., WILHELM, M. (2020): Exploring supplier–supplier innovations within the Toyota supply network: A supply network perspective, *Journal of Operations Management*, Vol. 66, Issue 7-8, pp 797-819, <https://doi.org/10.1002/joom.1124>
- [119] ANZOOM, R., NAGI, R., VOGIATZIS, C. (2021): A review of research in illicit supply-chain networks and new directions to thwart them, *IIEE Transactions*, Vol. 54, Issue 2, pp 1-25, <https://doi.org/10.1080/24725854.2021.1939466>
- [120] MURATA, T. (2021): COVID-19 and Networks, *New Generation Computing*, 39, pp 469-481, <https://doi.org/10.1007/s00354-021-00134-2>
- [121] LAVASSANI, K. M., MOVAHEDI, B. (2021): Firm-Level Analysis of Global Supply Chain Network: Role of Centrality on Firm’s Performance, *International Journal of Global Business and Competitiveness*, 16, pp 86-103, <https://doi.org/10.1007/s42943-021-00026-8>
- [122] GERMAIN, B. S., VALCKENAERS, P., VERSTRAETE, P., BRUSSEL, H. V. (2004): Resource Coordination in Supply Networks, *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, Volume 2, pp 1972-1976, DOI:10.1109/ICSMC.2004.1399982

8 Publikációk

8.1 A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények

1. Pató, Beáta, Sz. G., Heizler, G., **Herczeg, M.**, Pató, GB, Rahmat, AF, Dávid, LD, Varga, I., Csiszárík-Kocsir, Á. (2023): The Importance of the New Silk Road in the Hungarian Automotive Supply Chain, SUSTAINABILITY, 15(23) Paper: 16439, <https://doi.org/10.3390/su152316439> - *1. tézispontozhoz kapcsolódó közlemény*
2. Pató, Beáta, Sz. G., **Herczeg, M.**, Csiszárík-Kocsir, Á. (2022): The COVID-19 Impact on Supply Chains, Focusing on the Automotive Segment during the Second and Third Wave of the Pandemic, Risks, 10(10), 189, 17 p. <https://doi.org/10.3390/risks10100189> - *2. tézispontozhoz kapcsolódó közlemény*
3. Pató, Beáta, Sz. G., Csiszárík-Kocsir, Á. Varga, I., **Herczeg, M.**, Dominek, Á., Pató, B., Kiss, F. (2020): Short Supply Chains From An Intermediary's Point of View, On-Line Journal Modelling The New Europe 11 : 34 pp. 168-183, 16 p., DOI: 10.24193/OJMNE.2020.34.09 - *2. tézispontozhoz kapcsolódó közlemény*
4. Pató, Beáta, Sz. G., **Herczeg, M.** (2020): The Effect of the COVID-19 on the Automotive Supply Chains, Studia Universitatis Babes-Bolyai Oeconomica, 65(2), pp. 1-11., 11 p, DOI: 10.2478/subboec-2020-0006 - *3. tézispontozhoz kapcsolódó közlemény*
5. Pató, Beáta, Sz. G., **Herczeg, M.** (2022): Ellátási lánc újragondolása a COVID után, egy multinacionális vállalat jó gyakorlata In: Kőműves, Zsolt Sándor; Dajnoki, Krisztina; Pató Gáborné dr. Szűcs, Beáta; Poór, József; Szabó, Katalin; Szabó-Szentgróti, Gábor; Szabó, Szilvia (szerk.) Kilábalás – Újranyitás – Növekedés: Poszt-Covid-szindróma és bizonytalan helyzet menedzsment szempontjai Budapest, Magyarország: Wolters Kluwer Hungary (2022) Paper: 9. fejezet 1. esettanulmány - *1. tézispontozhoz kapcsolódó közlemény*
6. **Herczeg, M.**, Kapuvari, B., Pató, Beáta, Sz. G. (2020): Az autóiipari ellátási láncok sajátosságai a mikroelektronika területén, Logisztikai Évkönyv, 26 pp. 49-56. , 8 p. DOI 10.23717/LOGEVK.2021.4 - *1. tézispontozhoz kapcsolódó közlemény*
7. Pató, Beáta, Sz. G., **Herczeg, M.** (2020): A beszállítói kapcsolatok hatása a vállalatok működésére In: Garaczi, Imre (szerk.) Az életminőség-fejlesztés új paradigmái a 21. században Veszprém, Magyarország : Veszprémi Humán Tudományokért Alapítvány 720 p. pp. 389-410. , 22 p - *3. tézispontozhoz kapcsolódó közlemény*
8. Pató, Beáta, Sz. G., **Herczeg, M.** (2020): A beszerzői feladatkör lehetőségei és kihívásai, avagy határokon innen és túl In: Kovács, László (szerk.) Határterületek 2019 Szombathely, Magyarország : Savaria University Press (2020) 203 p. pp. 133-140. , 8 p - *1. tézispontozhoz kapcsolódó közlemény*
9. Pató, Beáta, Sz. G., **Herczeg, M.**, Maczkó, D. N. (2018): Az ellátási lánc integrátor és a bizalom szerepe a helyi termékek ellátási láncában Logisztikai Évkönyv 24 pp. 173-189. , 16 p. - *1. tézispontozhoz kapcsolódó közlemény*
10. Pató, Beáta, Sz. G., **Herczeg, M.** (2024): Structural changes in the Hungarian automotive supply networks in the field of electronics manufacturing, International Journal of Operations and Production Management - publikálás folyamatban - *1. tézispontozhoz kapcsolódó közlemény*
11. Pató, Beáta, Sz. G., **Herczeg, M.** (2024): Importance of the second and third level supplier partners in the examined automotive supply network, Supply Chain Management: An International Journal - publikálás folyamatban - *2. tézispontozhoz kapcsolódó közlemény*